



РОССИЙСКАЯ  
АКАДЕМИЯ  
НАУК



ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ  
ПО КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
«РОСКОСМОС»



КОМИССИЯ РАН  
ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНОГО  
НАСЛЕДИЯ ПИОНЕРОВ ОСВОЕНИЯ  
КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ Н. Э. БАУМАНА (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»



## XLVI АКАДЕМИЧЕСКИЕ ЧТЕНИЯ ПО КОСМОНАВТИКЕ

посвященные памяти академика С. П. Королёва  
и других выдающихся отечественных ученых —  
пионеров освоения космического пространства

# Сборник тезисов

25–28 января 2022 года

**Том 2**

## XLVI ACADEMIC SPACE CONFERENCE

dedicated to the memory of academician S.P. Korolev  
and other outstanding national scientists —  
pioneers of space exploration

# Abstracts

25–28 January 2022

**Volume 2**



Москва

ИЗДАТЕЛЬСТВО

МГТУ им. Н. Э. Баумана

2022

УДК 629.78(063)

ББК 39.6

А38

Издание доступно в электронном виде по адресу  
<https://bmstu.press/catalog/item/7555/>

XLVI Академические чтения по космонавтике, посвященные памяти академика С.П. Королёва и других выдающихся отечественных ученых — пионеров освоения космического пространства (Москва, 25–28 января 2022 г.) : сборник тезисов : в 4 т. / Российская академия наук, Государственная корпорация по космической деятельности «Роскосмос», Комиссия РАН по разработке научного наследия пионеров освоения космического пространства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)». — Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2022.

ISBN 978-5-7038-5889-9

Т. 2. — 589, [1] с. : ил.

ISBN 978-5-7038-5891-2

В сборнике размещены материалы исследований актуальных проблем, относящихся к таким тематическим направлениям современной отечественной космонавтики, как научное наследие пионеров освоения космического пространства и конструкторские школы ракетно-космической техники; фундаментальные проблемы космонавтики и состояние развития отдельных ее направлений; место космонавтики в решении вопросов социально-экономического и стратегического развития современного общества; гуманитарные аспекты космонавтики; исследования по истории космической науки и техники. Перечисленные направления являются основой для формирования тематики секций по отдельным проблемам современной космонавтики.

Материалы представлены в форме тезисов докладов по тематике, являющейся предметом обсуждений в работе двадцати двух секций по соответствующим направлениям. Во второй том вошли материалы секций 8–12.

УДК 629.78(063)

ББК 39.6

*Издается в авторской редакции.*

ISBN 978-5-7038-5891-2 (т. 2)  
ISBN 978-5-7038-5889-9

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2022

© Оформление. Издательство  
МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2022

## УЧАСТНИКИ

- Отделение энергетики, машиностроения, механики и процессов управления РАН
- ПАО «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королёва»
- НПО «Энергомаш» имени академика В.П. Глушко
- АО «ВПК «НПО машиностроения»
- Государственный космический научно-производственный центр имени М.В. Хруничева
- АО «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения»
- Исследовательский центр имени М.В. Келдыша
- Институт прикладной математики имени М.В. Келдыша РАН
- Институт истории естествознания и техники имени С.И. Вавилова РАН
- АО «Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина»
- Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского
- Институт медико-биологических проблем РАН
- АО «Научно-исследовательский и конструкторский институт химического машиностроения»
- Российская академия космонавтики имени К.Э. Циолковского
- Ассоциация музеев космонавтики
- Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина
- АО «Научно-производственное предприятие «Квант»
- АО «Государственный ракетный центр имени академика В.П. Макеева»
- АО «Ракетно-космический центр «Прогресс»
- АО «Российские космические системы»
- Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова
- Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва
- Объединенный институт высоких температур РАН
- Военная академия Ракетных войск стратегического назначения имени Петра Великого
- Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов
- АО «Газпром космические системы»
- Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)
- Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
- Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)
- Томский государственный университет
- Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова
- Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)
- Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
- Санкт-Петербургский государственный университет
- Северо-Кавказский федеральный университет
- ГЕОХИ РАН им. В.И. Вернадского
- Московский инженерно-физический институт (МИФИ)

- Российский университет транспорта (МИИТ)
  - Московский институт радиотехники, электроники и автоматики (МИРЭА)
  - Российский университет дружбы народов (РУДН)
  - Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского
  - АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва
  - КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева
  - ОКБ «Новатор»
  - ФГУП «НПО «Техномаш»
  - ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
  - НПО «Тайфун», г. Обнинск
  - ФГУП «ВИАМ»
  - «Общественная академия изучения проблем» Информациологической и прикладной аномалогии» (АИПАН)
  - Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева
  - АО «НИИ турбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа»
  - АО «Конструкторское бюро химавтоматики» (АО КБХА)
  - ООО «УСТех»
  - ООО «Эдвансд Пропалшн Системс»
  - ООО «Звезда»
  - ООО «ДиКонт»
  - Национальный Исследовательский Технологический Университет (НИТУ) «МИСиС»
  - Научно-исследовательский институт космических систем (НИИ КС) имени А.А. Максимова
  - АО «Конструкторское бюро «Арсенал» имени М.В. Фрунзе» («КБ «Арсенал»)
  - Научно-исследовательский институт механики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (НИИ механики МГУ)
  - Московский физико-технический институт (МФТИ)
  - Акционерное общество «Научно-производственная корпорация «Космические системы мониторинга, информационно-управляющие и электромеханические комплексы» имени А.Г. Иосифьяна (АО «Корпорация «ВНИИЭМ»)
  - Санкт-Петербургский государственный университет
  - Научно-исследовательский институт прикладной математики и механики ТГУ
  - Сколковский институт науки и технологий
  - Военный университет Министерства обороны Российской Федерации
  - Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук (ФИЦ ИУ РАН)
  - Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ)
  - ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»
  - Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН
  - Институт автоматизации проектирования РАН
  - Институт космических исследований РАН
- и другие*

---

## Руководители оргкомитета

**В.А. Соловьев** — генеральный конструктор РКК «Энергия» им. С. П. Королёва, член-корреспондент РАН, председатель

**Д.О. Рогозин** — генеральный директор Государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос», сопредседатель

**А.А. Александров** — президент Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), д-р техн. наук, сопредседатель

**В.И. Майорова** — д-р техн. наук, профессор, ученый секретарь Чтений

## Программный комитет

**В.А. Соловьев** — генеральный конструктор РКК «Энергия» им. С. П. Королёва, член-корреспондент РАН, председатель

**Д.О. Рогозин** — генеральный директор Государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос»

**А.А. Александров** — президент Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), д-р техн. наук

**В.А. Садовничий** — ректор Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова, академик РАН

**А.Г. Леонов** — генеральный директор, генеральный конструктор АО «ВПК «НПО машиностроения», д-р техн. наук

**И.В. Бармин** — член-корреспондент РАН, профессор, д-р техн. наук

**Г.А. Попов** — академик РАН

**О.М. Алифанов** — академик РАН

**В.И. Майорова** — д-р техн. наук, профессор

**В.Н. Зимин** — д-р техн. наук, профессор

**В.Т. Калугин** — д-р техн. наук, профессор

**Г.А. Щеглов** — д-р техн. наук, профессор

**Д.А. Ягодников** — д-р техн. наук, профессор

**И.Н. Омельченко** — д-р техн. наук, д-р экон. наук, профессор

**М.Ю. Овчинников** — д-р физ.-мат. наук, профессор

**В.В. Чугунков** — д-р техн. наук, профессор

**В.В. Зеленцов** — канд. техн. наук

**В.В. Корянов** — канд. техн. наук, доцент

**А.В. Фомичев** — канд. техн. наук, доцент

**П.В. Круглов** — д-р техн. наук, профессор

**Л.С. Точилов** — канд. физ.-мат. наук

**С. А. Тузиков** — канд. техн. наук, доцент



## Секция 8. ЭКОНОМИКА КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

---

УДК 331.101

### Повышение экономической эффективности при проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ

**Белоусов Николай Алексеевич**

[nikolabelousov@bmstu.ru](mailto:nikolabelousov@bmstu.ru)

МГТУ им. Н.Э. Баумана

**Сухорукова Надежда Алексеевна**

[sukhorukova@bmstu.ru](mailto:sukhorukova@bmstu.ru)

МГТУ им. Н.Э. Баумана

**Сухоруков Алексей Васильевич**

[ya.su68@yandex.ru](mailto:ya.su68@yandex.ru)

МГТУ им. Н.Э. Баумана

*Современная деятельность предприятий, направленная на проведение научно-исследовательских (НИР) и опытно-конструкторских работ (ОКР) в ракетно-космической отрасли при создании научно-технической продукции нового поколения требует оптимизации затрат труда. Действующие в настоящее время методы определения трудоемкости при заключении договоров на проведение НИР и ОКР не позволяют в достаточной степени точно спрогнозировать планируемую трудоемкость и стоимость работ. Автоматами разработан новый метод, позволяющий в достаточной степени соблюдать напряженность трудовых затрат на предприятиях ракетно-космической отрасли и прогнозировать оценочную стоимость предстоящих работ.*

**Ключевые слова:** экономическая эффективность, нормирование трудоемкости, нормы времени, затраты труда

Современное производство ракетно-космической техники (РКТ) представляет собой научкоемкий, дорогостоящий и длительный процесс в котором задействованы десятки инженеров и конструкторов, и при этом в разработке участвует не одно предприятие отрасли. Ключевой фактор, влияющий на экономическую эффективность процесса разработки РКТ — затраты труда и один из способов повышения эффективности — совершенствование методов определения трудоемкости и установления обоснованных и, в достаточной степени, напряженных норм трудоемкости для инженерно-технических работников предприятий отрасли [1].

Успешное планирование предстоящих работ, достоверная оценка вклада сотрудника и его последующее стимулирование возможно достичь благодаря нормированию труда, которое в свою очередь оказывает непосредственное влияние на возможное сокращение сроков разработки, производства и внедрения в эксплуатацию ракетно-космической техники [2]. Таким образом, нормирование трудоемкости не только способствует снижению стоимости разработки научно-технической продукции космической отрасли, но и позволяет с наименьшим затратами времени вводить в эксплуатацию космические аппараты (ракетоносители, спутниковые системы и др.), что обусловлено необходимостью сохранения лидирующих позиций в «космической гонке» [3].

Анализ межотраслевых нормативов трудоемкости показал нецелесообразность их применения для ракетно-космической отрасли, поскольку они не отражают специфики производства РКТ, являются чрезмерно напряженными и требуют постоянной актуализации. Кроме этого, даже тесное взаимодействие предприятий с разработчиками межотраслевых нормативов не позволит обеспечить достоверный результат ввиду того, что предприятия работают в разных направлениях и в своей номенклатуре имеют разнообразную научно-техническую продукцию [4].

Авторы предлагают формирование отраслевых нормативов трудоемкости, для планирования и обоснования трудоемкости при проведении научно-исследовательских (НИР) и опытно-конструкторских работ (ОКР) для каждой отрасли в отдельности, кроме этого, предполагая разделение предприятий на производственные блоки с разделенной степенью участия в НИР и ОКР. При этом необходимо провести работу по внедрению стандартизованных форм учета трудоемкости на предприятиях, а за тем, с помощью методов математической статистики обработать полученные результаты на предмет недостоверности и статистических выбросов.

Данный подход позволит сформировать обоснованно напряженные отраслевые нормативы трудоемкости, с помощью которых предприятия ракетно-космической отрасли смогут достаточно точно прогнозировать затраты труда и стоимость разработки новых видов РКТ.

Предварительный анализ и сформированная номенклатура типовых работ предприятий показывает, что на данном этапе разработки уже возможно достичь экономическую эффективность на уровне не менее 15 %, а среднее время проведения НИР и ОКР сокращается на 20 %.

## Литература

- [1] Ершова И.В. и др. Управление разработкой наукоемкого продукта. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018. 120 с.
- [2] Демин С.Е., Демина Е.Л. Математическая статистика. Нижний Тагил: НТИ (филиал) УрФУ, 2016. 284 с.
- [3] Власов Ю.В., Чурсин А.А., Панов Д.В. Основы устойчивого инновационного развития наукоемкого сектора экономики. М.: Экономика, 2017. 351 с.
- [4] Постановление об утверждении Положения об организации нормирования труда в народном хозяйстве от 19 июня 1986 г. № 226/П-6. URL: <https://base.garant.ru/14116318/> (дата обращения 12.12.2021).

## Improving Economic Efficiency During Research and Development Work

**Belousov Nikolay Alekseevich**  
BMSTU

nikolabelousov@bmstu.ru

**Sukhorukova Nadezhda Alekseevna**  
BMSTU

sukhorukova@bmstu.ru

**Sukhorukov Alexey Vasilyevich**  
BMSTU

ya.su68@yandex.ru

*The modern activity of enterprises aimed at carrying out research and development work (R+D) in the rocket and space industry when creating scientific and technical products of a new generation requires optimization of labor costs. The current methods of determining the labor intensity when*

*concluding contracts for R+D do not allow to predict the planned labor intensity and cost of work accurately enough. The authors have developed a new method that allows to sufficiently observe the intensity of labor costs at the enterprises of the rocket and space industry and predict the estimated cost of upcoming work.*

**Keywords:** economic efficiency, rationing of labor intensity, the norm of time, labor costs

## References

- [1] Ershova I.V. et al. Upravlenie razrabotkoi naukoemkogo produkta. Ekaterinburg [Management of the development of a high-tech product]. Yekaterinburg, Ural un-t Publ., 2018, 120 p. (In Russ.).
- [2] Demin S.E., Demina E.L. Matematicheskaya statistika [Mathematical statistics]. Nizhnii Tagil, NTI (filial) UrFU Publ., 2016, 284 p. (In Russ.).
- [3] Vlasov Yu.V., Chursin A.A., Panov D.V. Osnovy ustoichivogo innovatsionnogo razvitiya naukoemkogo sektora ekonomiki [Fundamentals of sustainable innovative development of the knowledge-intensive sector of the economy]. Moscow: Ekonomika Publ., 2017, 351 p. (In Russ.).
- [4] Postanovlenie ob utverzhdenii Polozheniya ob organizatsii normirovaniya truda v narodnom khozyaistve ot 19 iyunya 1986 g. № 226/P-6 [Resolution on approval of the Regulations on the organization of labor rationing in the national economy of June 19, 1986 No. 226/P-6]. Available at: <https://base.garant.ru/14116318/> (accessed December 12, 2021). (Russ.).

УДК 330.143

## Комплексная оценка интеллектуального потенциала предприятий авиационной промышленности

**Бондаренко Анна Викторовна**

annachem@mail.ru

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

**Бурдина Анна Анатольевна**

annaburdina555@mail.ru

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

**Москвичева Наталья Валерьевна**

moskvichevanatalia@mail.ru

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

**Мелик-Асланова Нармина Октай**

melik-aslanova@yandex.ru

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

Гипотезой исследования является предположение о том, что интеллектуальный потенциал предприятий авиационной промышленности, наряду с кадровым потенциалом включает PLM, ERP, прочие цифровые системы, нейросетевые модели проектирования и прогнозирования и, в перспективе, механизмы искусственного интеллекта. Для оценки эффективности функционирования и развития интеллектуального капитала необходима разработка аддитивно-мультипликативной модели, основанной на оценке эффективности двух видов поступлений предприятия: поступления, получаемые за счет интеллектуального капитала и прогнозных поступлений с учётом стратегического риска развития предприятия.

**Ключевые слова:** интеллектуальный капитал, цифровизация, авиационная промышленность, стратегический риск

Необходимость исследования комплексной оценки интеллектуального потенциала предприятий авиационной промышленности обусловлена необходимостью интегра-

ции российской промышленности в цифровую индустрию искусственного интеллекта и необходимостью создания авиационной продукции нового поколения, функционирующей на новых принципах.

Целью исследования является разработка механизма комплексной оценки интеллектуального потенциала предприятий авиационной промышленности.

Сущностными характеристиками интеллектуального капитала являются навыки, опыт, знания и возможности людей генерировать идеи, их продвигать и реализовывать, способности ставить и решать поставленные задачи, добиваться намеченного результата. Данные характеристики реализуются в нематериальных активах (патенты, базы данных, программы, бренд, гудвил), увеличении прибыли, снижении издержек, снижении стратегического риска продукции. Снижение стратегического риска продукции вследствие воздействия интеллектуального капитала предприятия авиационной промышленности состоит в создании более конкурентоспособной продукции, улучшении ее характеристик в соответствии с требованиями индустрии 5.0 за счет внедрения новых технологий, технических решений, использования инновационных материалов, комплектующих [1–3].

Гипотезой исследования является предположение о том, что интеллектуальный потенциал предприятий авиационной промышленности, включает, наряду с кадровым потенциалом, PLM, ERP и прочие цифровые системы, нейросетевые модели проектирования и прогнозирования и, в перспективе, механизмы искусственного интеллекта. Уровень эффективности развития авиационного предприятия зависит от уровня эффективности интеллектуального потенциала именно в такой комплексной трактовке.

Для оценки эффективности функционирования интеллектуального капитала можно использовать систему индексов и показателей. Однако в действующих системах не учитывается уровень стратегического развития и стратегического риска интеллектуального капитала [4]. Это необходимо учитывать в оценке, так как если интеллектуальный капитал предприятия авиационной промышленности не развивается в соответствии с требованиями Индустрии 4.0 и 5.0, то он обладает высоким стратегическим риском и в ближайшем будущем не сможет генерировать прибыль и повышать стоимость предприятия [5]. Это обстоятельство особо важно для высокотехнологичных отраслей, к которым относится и авиационная промышленность [6–8]. Предлагается использовать комплексный системный подход.

Интеллектуальный капитал образуется за счет средств фонда заработной платы, затраты на профессиональное повышение квалификации, командировочные и представительские затраты. Интеллектуальный капитал целесообразно разделять на три составляющие — человеческий, структурный, цифровой — и проводить оценку каждой составляющей и их совокупности. Для оценки эффективности функционирования и развития интеллектуального капитала необходима разработка аддитивно-мультипликативной модели, основанной на оценке эффективности двух видов поступлений предприятия: поступления, получаемые за счет интеллектуального капитала и прогнозных поступлений (дохода) с учетом стратегического риска развития предприятия.

Таким образом, формирование, эффективное использование, развитие интеллектуального капитала предприятия авиационной промышленности при снижении его стратегического риска приводит к образованию новых видов стоимости на предприятии, инновационных результатов, увеличение интеллектуальной компоненты прибыли, рост потенциала конкурентоспособности, приращение стоимости предприятия. Авторами исследования определена структура методического инструментария комплексной оценки интеллектуального капитала предприятия авиационной отрасли

с учётом стратегического риска, учитывающего процессы цифровизации отрасли, меняющиеся технические, технологические факторы внешней среды.

## **Литература**

- [1] Eremin M.Y., Moskvicheva N.V., Melik-Aslanova N.O. Servicing of Imported Airplanes by Means of Performance-Based Logistics // Russian Engineering Research. 2020. No. 40. Pp. 146–148. DOI: 10.3103/S1068798X20020112
- [2] Zaripov R.N., Murakaev I.M., Ryapukhin A.V. Development of the Organization's Key Performance Indicators System in Order to Improve the Effectiveness of Its Human Capital and Risk Management // TEM Journal. 2021. No. 10. Pp. 298–302. DOI: 10.18421/TEM101-37
- [3] Tsybulevsky S.E., Murakaev I.M., Studnikov P.E. and Ryapukhin A.V. Approaches to the clustering methodology in the rocket and space industry as a factor in the formation of a universal production model for the economic development in the space industry // INCAS Bulletin. 2019. No. 11 (S). P. 213. DOI: 10.13111/2066-8201.2019.11.S.21
- [4] Николенко Т.Ю., Сёмина Л.В. Учет фактора риска при оценке эффективности реализации инновационного проекта // Финансовый бизнес. 2021. № 9. С. 54–57.
- [5] Просвирина М.Е., Червенкова С.Г., Малина Т.В., Андреев В.Н., Кисель Т.Н. Выбор ключевых факторов стоимости компании на основе бизнес-модели А. Остервальдера // Вестник МГТУ «Станкин». 2021. № 2. С. 98–102.
- [6] Kraev V.M., Tikhonov A.I. Risk management in human resource management // TEM Journal. 2019. No. 8. Pp. 1185–1190. DOI: 10.18421/TEM84-11
- [7] Ermolina L.V., Zinovyev A.M., Melnikova D.A. Digital twins as a method of risk management transformation // Lecture Notes in Networks and Systems. 2022. Vol. 304. Pp. 451–457. DOI: 10.1007/978-3-030-83175-2\_56
- [8] Горелов Б.А., Давыдов А.Д., Тихонов А.В., Тужиков Е.З. Методы и модели оценки эффективности распределенных систем авиационной техники по критерию «стоимость — эффективность — время» // Стратегическая стабильность. 2019. Т. 86. № 1. С. 20–25.

## **Comprehensive Assessment of the Intellectual Potential of Aviation Industry Enterprises**

**Bondarenko Anna Viktorovna** annachem@mail.ru

*Moscow Aviation Institute (National Research University)*

**Burdina Anna Anatolevna** annaburdina555@mail.ru

*Moscow Aviation Institute (National Research University)*

**Moskvicheva Nataliya Valeriyevna** moskvichevanatalia@mail.ru

*Moscow Aviation Institute (National Research University)*

**Melik-Aslanova Narmina Oktay** melik-aslanova@yandex.ru

*Moscow Aviation Institute (National Research University)*

*The hypothesis of the study is the assumption that the intellectual potential of enterprises in the aviation industry includes, along with human resources, PLM, ERP, other digital systems, neural network design and forecasting models and, in the future, artificial intelligence mechanisms. To assess the efficiency of the functioning and development of intellectual capital, it is necessary to develop an additive-multiplicative model based on assessing the effectiveness of two types of enterprise receipts: receipts obtained from intellectual capital and predicted receipts, taking into account the strategic risk of the enterprise's development.*

**Keywords:** intellectual capital, digitalization, aviation industry, strategic risk

## References

- [1] Eremin M.Y., Moskvicheva N.V., Melik-Aslanova N.O. Servicing of Imported Airplanes by Means of Performance-Based Logistics. Russian Engineering Research, 2020, no. 40, pp. 146–148. DOI: 10.3103/S1068798X20020112
- [2] Zaripov R.N., Murakaev I.M., Ryapukhin A.V. Development of the Organization's Key Performance Indicators System in Order to Improve the Effectiveness of Its Human Capital and Risk Management. TEM Journal, 2021, no. 10, pp. 298–302. DOI: 10.18421/TEM101-37
- [3] Tsybulevsky S.E., Murakaev I.M., Studnikov P.E. and Ryapukhin A.V. Approaches to the clustering methodology in the rocket and space industry as a factor in the formation of a universal production model for the economic development in the space industry. INCAS Bulletin, 2019, no. 11 (S), p. 213. DOI: 10.13111/2066-8201.2019.11.S.21
- [4] Nikolenko T.Yu., Semina L.V. Uchet faktora riska pri otsenke effektivnosti realizatsii innovatsionnogo proekta [Taking into account the risk factor in assessing the effectiveness of the implementation of an innovative project]. Finansovyи biznes [Financial business], 2021, no. 9, pp. 54–57. (In Russ.).
- [5] Prosvirina M.Ye., Chervenkova S.G., Malina T.V., Andreyev V.N., Kisel' T.N. Vybor klyuchevykh faktorov stoimosti kompanii na osnove biznes-modeli A. Osterval'dera [The choice of key factors of the company's value based on the business model A. Osterwalder]. Vestnik MGTU "Stankin" [Bulletin of MSTU "Stankin"], 2021, no. 2, pp. 98–102. (In Russ.).
- [6] Kraev V.M., Tikhonov A.I. Risk management in human resource management. TEM Journal, 2019, no. 8, pp. 1185–1190. DOI: 10.18421/TEM84-11
- [7] Ermolina L.V., Zinovyev A.M., Melnikova D.A. Digital twins as a method of risk management transformation. Lecture Notes in Networks and Systems, 2022, vol. 304, pp. 451–457. DOI: 10.1007/978-3-030-83175-2\_56
- [8] Gorelov B.A., Davydov A.D., Tikhonov A.V., Tuzhikov Ye.Z. Metody i modeli otsenki effektivnosti raspredelennykh sistem aviationsionnoy tekhniki po kriteriyu "stoimost' — effektivnost' — vremya" [Methods and models for evaluating the effectiveness of distributed systems of aviation equipment according to the criterion "cost — effectiveness — time"]. Strategicheskaya stabil'nost' [Strategic stability], 2019, vol. 86, no. 1, pp. 20–25. (In Russ.)

УДК 338.28

## Метод статистического оценивания и управления при реализации высокотехнологичных проектов аэрокосмической промышленности

**Василевский Валерий Владимирович**

echinops777@rambler.ru

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)

**Недбайло Николай Юрьевич**

kaf509@mail.ru

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)

Исследована проблема повышения эффективности управления проектами создания изделий аэрокосмической техники на основе использования технологических инноваций и разработок. Предложен поход к решению задачи синтеза системы управления на основе сбора, статистической обработки и оценивания проектной и эксплуатационной информации. Разработан алгоритм статистического адаптивного оценивания показателей качества и эффективности изделий аэрокосмической техники при использовании новых технологий с учетом уровня априорной информированности и имеющихся ресурсных ограничений.

**Ключевые слова:** аэрокосмическая техника, технологические инновации, статистическое оценивание, алгоритм адаптивного оценивания

Особенность современного этапа развития перспективных образцов аэрокосмической техники (АКТ) состоит в том, что технические характеристики большинства выпускаемых изделий достигли своих предельных значений в рамках используемых схемных и технологических решений. Новые виды АКТ в настоящее время находятся на начальных этапах создания и требуют существенного технологического совершенствования, применения специфических стратегических материалов и информационных технологий.

В этих условиях на предприятиях аэрокосмической промышленности осуществляется создание научно-технологического задела и непрерывное внедрение технологических инноваций, являющихся базой для новых разработок и производств, получения соответствующего технического и социально-экономического эффекта в процессе практической реализации проектов АКТ.

Программы разработки и внедрения технологических инноваций при создании перспективных образцов АКТ могут рассматриваться как сложные системы иерархического характера, предусматривающие решение проблем совершенствования механизмов программно-целевого планирования и контроля, создания адекватных систем управления проектами на основе методов статистического анализа и оценивания [1, 2].

В настоящей работе исследуются возможности создания систем управления качеством продукции аэрокосмической промышленности в процессе внедрения технологических инноваций и разработок на основе методов статистического адаптивного оценивания и управления [3, 4].

Основными факторами, определяющими статистический характер показателей качества высокотехнологичных изделий АКТ, создаваемых на предприятиях аэрокосмической промышленности, являются:

- не в полном объеме сформирован научно-технологический задел предприятий;
- недостаточно отработан необходимый комплекс базовых технологий;
- отсутствует или недостаточно развита отечественная сырьевая база, необходимая для производства соответствующим материалам и электронных компонентов с заданными свойствами;
- наличие ресурсных ограничений для производства соответствующих материалов и электронных компонентов в заданные сроки.

Для учета влияния перечисленных факторов, повышения состоятельности и достоверности получаемых оценок качества изделий АКТ исследуется построение модели системы управления качеством продукции стохастического типа на основе использования методов статистического непараметрического оценивания данных на прогнозные периоды времени реализации проектов и вероятностного критерия оптимальности полученных оценок качества.

Использование метода статистического непараметрического оценивания и восстановление апостериорной плотности вероятности распределения оценок означает оценивание функции многих переменных, определяющих вектор параметров качества (вектор состояния) АКТ при внедрении технологических инноваций и разработок.

Основная идея используемого подхода для получения состоятельных и достоверных оценок состояния проекта АКТ – разработка и использование моделей прогнозного оценивания статистического типа на основе накопления и совместной обработки данных по типовым проектам АКТ, реализуемых на основе базовых и новых

технологий в текущем периоде времени с учетом программно-целевых плановых параметров технических заданий.

Модель системы оценивания и управления качеством продукции можно представить двумя подсистемами: объект АКТ, создаваемый на основе процесса технологических инноваций, и информационно-измерительную систему предприятия, обеспечивающей сбор, обработку и оценивание показателей качества – вектора состояния изделий АКТ [2, 3].

Объект АКТ, в соответствии с техническим заданием на его разработку, рассматривается как стохастическая динамическая система, которая в фиксированные плановые моменты времени работ характеризуется расширенным вектором состояния, компонентами которого являются плановые значения затрат ресурсов, функциональных и эксплуатационных характеристик изделия.

С учетом возможностей оперативного изменения значений функциональных и эксплуатационных показателей качества проекта АКТ, связанных с наличием научно-технологического задела при использовании технологических инноваций и разработок, а также степени отработки базовых технологий, представляется его описание в виде некоторого дискретного процесса изменения вектора состояния объекта АКТ при реализации соответствующих этапов проекта. В настоящей работе рассматривается следующая последовательность выполнения высокотехнологичного проекта: научно-исследовательские работы; опытно-конструкторские работы; летно-конструкторские испытания опытного образца; подготовка и серийное производство изделий АКТ; штатная эксплуатация изделий АКТ.

Вектор состояния объекта АКТ в процессе реализации проекта измеряется косвенно, со случайными ошибками с учетом используемых средств измерений и контроля. По данным контроля и измерений показателей качества продукции необходимо получить оценку вектора состояния объекта АКТ в соответствии с некоторым критерием оптимальности.

Модель информационно-измерительной системы оценки качества изделий АКТ при реализации проекта представляется уравнением, в котором первое слагаемое описывает точные измерения, а второе характеризует погрешности измерений состояния объекта [2, 3].

Задача оценивания вектора состояния изделий АКТ в процессе реализации проекта на текущие и прогнозные моменты времени состоит в нахождении оценок функциональных и эксплуатационных характеристик изделий по результатам контроля и измерений, накопленных к текущему моменту времени.

Проблемой применения оптимальных алгоритмов обработки и оценивания, помимо их сложности, является отсутствие полной априорной информации о параметрах моделей и вероятностных характеристиках возмущений. Кроме того, оптимальные методы фильтрации и оценивания являются весьма чувствительными даже к незначительным отклонениям от принятых допущений и ограничений, в условиях которых они были получены. Данные обстоятельства явились причиной исследования возможностей адаптивного статистического метода оценивания информации, которые основаны на восстановлении неизвестных стохастических параметров модели АКТ [3, 4].

Для решения данной задачи используется подход, предусматривающий приближенно-оптимальное оценивание состояния изделий АКТ на основе алгоритма адаптивной обработки информации, полученной в процессе измерений и контроля качества продукции и технологических процессов [1].

Синтез алгоритма адаптивного оценивания основан на представлении его в виде стохастической системы, которую можно решить с помощью методов статистических испытаний [4].

Наиболее полной вероятностной характеристикой расширенного вектора состояния объекта АКТ является упорядоченная совокупность взвешенных (ненормированных) плотностей распределения вектора показателей качества. В обеспечение состоятельности и достоверности оценок прогноза вектора состояния АКТ с учетом последовательности реализации проекта при внедрении технологических инноваций и разработок используются также вероятностные показатели оценивания.

Для апробации предлагаемого подхода, оценки адекватности и точности используемой модели системы управления качеством изделий АКТ разработан программный модуль, реализующий алгоритм получения адаптивных статистических оценок на тестовой задаче анализа и прогнозирования показателей качества аэрокосмической системы мониторинга, реализующей технологию многоканальной обработки получаемой видеоинформации. Построение в процессе статистического моделирования функции апостериорной плотности вероятности оценок распознавания объектов наблюдения определяет искомое оценивание вектора состояния объекта АКТ с учетом данных измерений, полученных к текущему моменту времени [3].

Уровень готовности научно-технологического задела для внедрения технологических инноваций и разработок при создании перспективных образцов АКТ является мерой, которая может быть использована для формирования и ведения банка данных информационной системы предприятий.

Вместе с тем, необходимо учесть то обстоятельство, что технологические разработки для их внедрения в создаваемые образцы АКТ требуют экспериментальной отработки, испытаний и контроля с нарастающими требованиями. По этой причине необходима разработка их виртуальных моделей в виде динамических стохастических систем, обеспечивающих внесение оперативных дополнений и изменений, а также получение искомых оценок показателей качества изделий АКТ на каждый текущий и прогнозный моменты времени на основе статистических методов оценивания и фильтрации данных.

## Литература

- [1] Василевский В.В. Научно-методическое обеспечение управления проектами аэрокосмических систем мониторинга с учетом оценок технико-экономических рисков // XLVI Академические чтения по космонавтике (Королёвские чтения – 2019): сб. тез. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019. Т. 1. С. 166–167.
- [2] Василевский В.В. Модель аэрокосмической системы дистанционного зондирования Земли с учетом рисков импортозамещения // Матер. 52-х Науч. чтений памяти К.Э. Циолковского. URL: <https://readings.gmil.ru/lecture/2017-MODEL-AEROKOSMICHESKOY-SISTEMI-DISTANTSIONNOGO-ZONDIROVANIYA-ZEMLI-S-UCHETOM-RISKOV-IMPORTOZAMESHENIYA> (дата обращения 11.12.2021).
- [3] Василевский В.В. Адаптивное минимаксное оценивание видеоинформации в задачах аэрокосмического мониторинга // Электронная техника. Сер. 2. Полупроводниковые приборы. 2020. № 1. С. 27–32.
- [4] Пугачев В.С., Синицын И.Н. Теория стохастических систем. М.: Логос, 2004. 999 с.

## The Method of Statistical Evaluation and Management in the Implementation of High-Tech Projects of the Aerospace Industry

**Vasilevsky Valery Vladimirovich**

echinops777@rambler.ru

*Moscow Aviation Institute (National Research University)*

**Nedbaylo Nikolay Yurievich**

kaf509@mai.ru

*Moscow Aviation Institute (National Research University)*

*The problem of increasing the efficiency of project management for the creation of aerospace products based on the use of technological innovations and developments is investigated. The approach to solving the problem of synthesis of a control system based on the collection, statistical processing and evaluation of design and operational information is proposed. An algorithm has been developed for statistical adaptive evaluation of the quality and efficiency of aerospace products using new technologies, taking into account the level of a priori awareness and existing resource constraints.*

**Keywords:** aerospace engineering, technological innovations, statistical estimation, adaptive estimation algorithm

### References

- [1] Vasilevskii V.V. Nauchno-metodicheskoe obespechenie upravleniya proektami aerokosmicheskikh sistem monitoringa s uchetom otsenok tekhniko-ekonomicheskikh riskov [Scientific and methodological support for project management of aerospace monitoring systems taking into account the assessments of technical and economic risks]. XXLII Akademicheskie chteniya po kosmonavtike (Korolevskie chteniya – 2019) [XXLII Academic readings on cosmonautics (Korolev Readings – 2019): collection of tez. In 2 vols. Vol. 1. Moscow, BMSTU Press, 2019, pp. 166–167. (In Russ.).
- [2] Vasilevskii V.V. Model' aerokosmicheskoi sistemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli s uchetom riskov importozameshcheniya [Model of the aerospace system of remote sensing of the Earth taking into account the risks of import substitution]. Mater. 52-kh Nauch. chtenii pamyati K.E. Tsiolkovskogo [Mater. 52 Scientific readings in memory of K.E. Tsiolkovsky]. Available at: <https://readings.gmik.ru/lecture/2017-MODEL-AEROKOSMICHESKOY-SISTEMI-DISTANTSIONNOGO-ZONDIROVANIYA-ZEMLI-S-UCHETOM-RISKOV-IMPORTOZAMESHENIYA> (accessed December 11, 2021). (In Russ.).
- [3] Vasilevskii V.V. Adaptivnoe minimaksnoe otsenivanie videoinformatsii v zadachakh aerokosmicheskogo monitoringa [Adaptive minimax estimation of video information in the tasks of aerospace monitoring]. Elektronnaya tekhnika. Ser. 2. Poluprovodnikovye pribory [Electronic engineering. Ser. 2. Semiconductor devices], 2020, iss. 1, pp. 27–32. (In Russ.).
- [4] Pugachev V.S., Sinitsin I.N. Teoriya stokhasticheskikh sistem [Theory of stochastic systems]. Moscow, Logos Publ., 2004, 999 p. (In Russ.).

УДК 331.108

## Анализ дефицита кадров в российской ракетно-космической отрасли: проблемы и пути их решения

**Вашлаев Андрей Дмитриевич**

a.d.vashlaev@bmstu.ru

*МГТУ им. Н.Э. Баумана*

*Способность государства к производству конкурентоспособной авиационной и ракетно-космической продукции, наравне с другими направлениями машиностроения военно-*

промышленного комплекса, имеет первостепенное значение для обеспечения военной и экономической безопасности страны. Авиационная и ракетно-космическая промышленность России является одной из наиболее развитых отраслей машиностроения, от результатов деятельности которой в том числе зависит международный престиж государства. Для повышения уровня конкурентоспособности продукции этой сферы экономики необходимо не только динамичное развитие высоких технологий, но и наличие главного драйвера прогресса — инженерных кадров, обладающих необходимыми компетенциями. В статье рассмотрена одна из ключевых проблем ракетно-космической отрасли России — дефицит высококвалифицированного персонала. Кадровый состав отраслевых предприятий предлагается рассматривать в качестве стратегического актива компании, от качества которого зависит эффективность использования материальных и финансовых ресурсов организации.

**Ключевые слова:** кадровый потенциал, персонал предприятия, конкурентоспособность, дефицит кадров, стратегический актив предприятия

Сфера производства инновационных технологий для космической отрасли является одним из макроэкономических направлений экономики Российской Федерации. На сегодняшний день Россия всё еще занимает лидирующие позиции в вопросах производства ракетоносителей, однако на 2021 г. ее монополия на пилотируемые космические полеты была практически разрушена с введением в эксплуатацию коммерческих космических кораблей Crew Dragon американской компании SpaceX. Для России реальная ситуация оказалась значительно хуже, чем прогнозировалось в отчетах ракетно-космической корпорации РКК «Энергия» за 2017 г. — уровень конкуренции на мировом рынке космических услуг в 2021 г. заметно вырос за счет включения в гонку не только США, но и таких стран, как Индия и Китай [1].

Одним из столпов современной Российской космической технологии по праву можно считать наследие космической науки, оставленное СССР своему последователю в лице Российской Федерации. И если до недавнего времени наличие разработок советской школы было достаточным условием для удержания конкуренции на мировом рынке, то сегодня без создания новых перспективных космических технологий уже не обойтись. Однако низкой эффективности и слабой динамике развития данного направления способствует острый дефицит специалистов инженерных школ как в промышленности в целом, так и в космической отрасли в частности. Необходимо отметить, что подобная ситуация в России сложилась даже несмотря на то, что наша страна занимает третье место в мире по количеству ежегодно выпускаемых специалистов инженерного профиля после Китая и Индии соответственно [2].

Согласно анализу аналитического агентства Tadviser, в России стремительно сокращается численность населения трудоспособного возраста [3]. Прогноз в отношении дальнейшего снижения этого показателя, опубликованный международной финансовой организацией World Bank, в действительности оказался лишь в незначительной степени более благоприятным за счет законодательного повышения порога пенсионного возраста. Еще больше ситуацию усугубляет значительный возрастной разрыв между специалистами космической инженерной школы, вызванный деградацией данного направления промышленности в 90-х годах XX века. Данную проблему предприятия отрасли пытаются решить за счет программ целевого набора студентов высших технических учебных заведений. Однако анализ контрольных цифр целевого приема абитуриентов ведущих технических вузов страны на профильные направления в некоторых случаях показывает ежегодное снижение проходных баллов при одновременном сокращении числа бюджетных мест, что, вероятно, свидетельствует о низкой конкуренции и падении спроса на данные направления среди молодежи.

Таким образом, для компаний космической отрасли одной из важнейших актуальных задач становится поиск и развитие человеческих ресурсов для повышения эффективности деятельности и удержания лидирующих позиций на мировом рынке. Согласно мировой практике наибольшую ценность для компании представляет именно эффективность ее кадровый состав. Так, без грамотных специалистов, неспособных эффективно работать с имеющимися высокий потенциал технологиями советской школы, дальнейшее развитие нашей ракетно-космической отрасли невозможно.

Решение данной проблемы предусматривается в ряде задач, прописанных в перечне инициатив социально-экономического развития России до 2030 года, в частности в инициативе по созданию передовых инженерных школ, реализующих новые программы опережающей подготовки инженерных кадров [4]. Однако параллельно необходимо расширять и совершенствовать методы и подходы, применяемые отраслевыми организациями в отношении развития инженерных кадров. В частности, необходимо развивать такие направления деятельности по управлению человеческим капиталом компаний, как профилирование компетенций сотрудников, планирование развития персонала (в том числе стратегическое планирование), а также управление эффективностью и адаптацией на рабочем месте.

В мировой практике человеческий капитал принято относить к виду нематериальных активов и называть человеческими активами, хотя данный подход не приветствуется в российской практике. Тем не менее каждый сотрудник наряду с материальными и нематериальными активами, участвует в процессе формирования стоимости организации, следовательно представляет определенную ценность для компании. Создание механизма максимизации полезности сотрудников позволит существенно снизить риски невыполнения стратегических задач компании и позволит сосредоточиться на создании новых, высокоеффективных технологий для укрепления положения России на мировом рынке.

## Литература

- [1] Ежеквартальный отчет ПАО «РКК «Энергия» за 4 квартал 2017 г. // Официальный сайт ПАО «РКК «Энергия». URL: [https://www.energia.ru/ru/disclose/qdocs/qrpt\\_2017-4.pdf](https://www.energia.ru/ru/disclose/qdocs/qrpt_2017-4.pdf) (дата обращения 17.12.2021).
- [2] Власенко А.В., Пацук О.В., Клешнина И.А., Торгашин А.С., Козловская Е.Б. Проблемы дефицита квалифицированных кадров инженерно-технических специальностей в отечественной ракетно-космической отрасли // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 2-2 (104). С. 23 – 27. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-defitsita-kvalifitsirovannyh-kadrov-inzhenerno-tehnicheskikh-spetsialnostey-v-otchestvennoy-raketno-kosmicheskoy-otrasli> (дата обращения 18.12.2021).
- [3] Анализ рынка труда России 2021 // Сайт аналитического агентства Tadviser. URL: <https://www.tadviser.ru/a/162197> (дата обращения 18.12.2021).
- [4] Перечень инициатив социально-экономического развития до 2030 г. // Сайт Правительства Российской Федерации. URL: <http://static.government.ru/media/files/zysfY960208YoOGVHbs7fscvLyNwU5tT.pdf> (дата обращения 18.12.2021).

## Analysis of the Human Resources Deficit in the Russian Aerospace Industry: Problems and their Solutions

Vashlaev Andrey Dmitrievich

a.d.vashlaev@bmstu.ru

BMSTU

*The ability to produce competitive aerospace products, along with other machinery sectors of the military-industrial complex, plays a key role in national military and economic stability. The aerospace industry in Russia is one of the most advanced mechanical engineering industries, which performance determines the international prestige of the country. In order to increase the products' competitiveness level in this sphere of economy, it is necessary both to develop high technologies intensively, and to find the main driver of progress – qualified personnel with the necessary competences. Thus, this article reviews one of the key problems of the Russian aerospace industry - the deficit of qualified personnel. It is proposed to consider the workforce of industry enterprises as a strategic asset of the company, whose performance determines the effectiveness of material and financial resources of the organization.*

**Keywords:** human capacity, company personnel, competitiveness, personnel deficit, strategic assets of the company

### References

- [1] Ezhekvartal'nyi otchet PAO "RKK "Energiya" za 4 kvartal 2017 g. [Quarterly report of PJSC RSC Energia for the 4th quarter of 2017]. Ofitsial'nyi sait PAO "RKK "Energiya" [Official website of PJSC RSC Energia]. Available T: [https://www.energia.ru/ru/disclose/qdocs/qrpt\\_2017-4.pdf](https://www.energia.ru/ru/disclose/qdocs/qrpt_2017-4.pdf) (accessed December 17, 2021). (In Russ.).
- [2] Vlasenko A.V., Patsuk O.V., Kleshnina I.A., Torgashin A.S., Kozlovskaya E.B. Problemy defitsita kvalifikovannykh kadrov inzhenerno-tehnicheskikh spetsial'nostei v otechestvennoi raketno-kosmicheskoi otrassli [Problems of shortage of qualified personnel of engineering and technical specialties in the domestic rocket and space industry]. Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal [International Research Journal], 2021, no. 2-2 (104), pp. 23–27. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-defitsita-kvalifikovannyh-kadrov-inzhenerno-tehnicheskikh-spetsialnostey-v-otechestvennoy-raketno-kosmicheskoy-otrasli> (accessed December 18? 2021)/ (In Russ.).
- [3] Analiz rynka truda Rossii 2021 [Analysis of the Russian labor market 2021]. Sait analiticheskogo agentstva Tadviser [Website of the analytical agency Tadviser]. Available at: <https://www.tadviser.ru/a/162197> (accessed December 18, 2021). (In Russ.).
- [4] Perechen' initiativ sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya do 2030 g. [List of initiatives of socio-economic development until 2030]. Sait Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii [Website of the Government of the Russian Federation]. Available at: <http://static.government.ru/media/files/zsysfY960208YoOGVHbs7fscvLyNwU5tT.pdf> (accessed December 18, 2021). (In Russ.).

УДК 338.5

## **Формирование подхода к оценке соотношения трудозатрат на выполнение сопоставимых задач между различными категориями сотрудников предприятия**

**Володин Сергей Владленович**

s\_volodin@bk.ru

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

**Володина Светлана Алексеевна**

volodinas153@inbox.ru

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

*Рассмотрены вопросы, связанные с оценкой соотношения трудозатрат между различными категориями сотрудников предприятия при условии выполнения ими сопоставимых и соответствующих уровням их квалификации задач. Представлен подход, основанный на построении матрицы соответствия уровней сложности работ и относительной производительности труда различных категорий сотрудников. Определены области недостаточной и избыточной квалификации персонала, а также базовый и смежные уровни сложности работ, соответствующих конкретным должностям работников.*

**Ключевые слова:** категория персонала, производительность труда, трудоемкость, трудозатраты, уровень квалификации, уровень сложности работ

Одной из актуальных задач авиационной и ракетно-космической промышленности, решение которой позволит увеличить конкурентоспособность выпускаемой продукции, является повышение производительности труда персонала аэрокосмических корпораций.

В качестве обязательных мероприятий в этом направлении можно отметить:

- оценку трудоемкости создания отраслевой научно-технической продукции на разных стадиях жизненного цикла, объема работ структурных подразделений и проектных групп предприятий;

- технико-экономическое обоснование принимаемых решений на основе достоверных исходных данных;

- прогнозирование реальных финансовых потоков ( себестоимость производства выручка от реализации) с учетом фактора времени, сложности и новизны изделий.

Ряд методических принципов нормирования труда специалистов научных организаций, которыми следует руководствоваться при создании системы нормирования труда в научно-производственных организациях, представлен в работе [1].

Представляется, что актуальным способом поддержки перечисленных выше мероприятий является экспертная оценка соотношения трудозатрат между различными категориями сотрудников предприятия при условии выполнения ими сопоставимых и соответствующих уровням их квалификации задач.

Заполняется анонимная анкета, в которой предлагается, если этого пожелает респондент, указать свой возраст и должность. Целью данной анкеты является экспертная оценка соотношения производительности труда между различными категориями сотрудников предприятия (коэффициенты уровня квалификации). В случае затруднений данную оценку, как предлагается в работе [2], возможно производить с учетом сложившихся различий в уровне оплаты труда сотрудников разных категорий, что в определенной степени минимизирует субъективный фактор. Необходимо отметить, что эти соотношения зависят от множества факторов (стаж работы, возраст, мотивация) и вследствие этого являются ориентировочными [3].

Уровень квалификации работника характеризуется, как правило, занимаемой им должностью. Исходя из этого, целесообразно ввести несколько уровней квалификации работников, участвующих в выполнении научно производственных заданий [4].

Для каждой категории сотрудников выбирается базовая должность, обладающая относительной производительностью труда, равной единице. Соответственно, относительная производительность труда на более низкой должности будет ниже единицы, а на более высокой — выше.

Для высокотехнологичного предприятия можно выделить четыре типовых категории промышленно-производственного персонала, соответствующих классификатору профессий рабочих, должностей служащих и тарифных разрядов: конструкторы; научные сотрудники, инженеры и рабочие. Внутри каждой категории существует более детальное подразделение. Так категория научных сотрудников включает диапазон из пяти должностей от главного до младшего научного сотрудника.

При оценке соотношения производительности труда между различными категориями сотрудников возникает вопрос о соотнесении производительности труда между различными категориями сотрудников с учетом того, что они решают задачи различной сложности. В связи с этим предложена дифференциация (классификация) работ по уровням сложности. Диапазоны уровней сложности могут быть привязаны к научно-технической новизне и объемам задействованной в работах информации, а также к нормативам трудоемкости конкретных предприятий.

Предлагается использование числа уровней сложности, соответствующее числу должностей в каждой категории сотрудников. Например, для научных сотрудников, как отмечено выше, это число равно пяти и каждый уровень является типовым для определенной категории. Например, для главных научных сотрудников базовым является первый уровень сложности работ, для ведущих — второй, для старших научных сотрудников — третий и т. д. Также предполагается, что в зависимости от ситуации сотрудник данной категории может быть задействован в работах смежных уровней.

Очевидно, для старших научных сотрудников это будет второй уровень (из-за большей сложности задач их относительная производительность несколько снизится по сравнению с базовой и будет меньше единицы) и четвертый уровень (упрощение задач, более характерных для должности научного сотрудника, приведет к росту производительности труда старшего научного сотрудника). Первому уровню сложности может в данном случае соответствовать недостаток, а пятому — избыток квалификации старших научных сотрудников, поэтому привлекать их к работам упомянутых уровней в большинстве случаев нерационально.

На основе данных рассуждений разработан инструмент, представляющий собой матрицу соответствия уровней сложности работ и относительной производительности труда различных категорий сотрудников. Матрица включает три основных зоны, определяемых пересечением столбцов (по понижению должности слева направо) и строк (по снижению уровня сложности работ сверху вниз):

- недостаток квалификации: слишком сложная работа для данной должности (левый нижний угол матрицы);
- один базовый и два смежных уровня сложности работ, соответствующих должности (диагональ матрицы);
- избыток квалификации: слишком простая работа для данной должности (правый верхний угол матрицы).

Классификация задач по уровням сложности должна выполняться не только по категориям персонала, но и по основным направлениям работ в соответствии со специ-

фикой деятельности предприятия. Это позволит достичь рационального соотношения между численностью различных категорий персонала в зависимости от решаемых им задач и объективнее решать вопросы повышения его мотивации, обучения и развития, эффективно трансформировать человеческие ресурсы в человеческий капитал.

В работе [5] отмечается, что на производительность труда могут оказывать значительное влияние не только специальные (профессиональные), но и универсальные (общие) компетенции. К общим компетенциям можно отнести умение человека результативно осуществлять универсальные способы любой профессиональной деятельности, используя, например, коммуникативные и конфликтологические компетенции, а также конструктивные стратегии поведения. Оценка степени влияния общих компетенций работника на производительность его труда может стать перспективным направлением дальнейших исследований.

## Литература

- [1] Методические рекомендации по нормированию труда на выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ / Институт труда. М., 2014. URL: [https://expert275.ru/wp-content/uploads/2017/11/5\\_MP-по-норм-труда-на-НИОКР-13\\_01\\_06.pdf](https://expert275.ru/wp-content/uploads/2017/11/5_MP-по-норм-труда-на-НИОКР-13_01_06.pdf) (дата обращения 16.10.2021).
- [2] Аналитическая записка «Научно обоснованные предложения в проект методических рекомендаций федеральным и региональным органам исполнительной власти, выполняющим функции и полномочия учредителя научных организаций по формированию государственных заданий на основе нормативных затрат на выполнение государственных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ». URL: <https://minfin.khabkrai.ru/portal>Show/Content/1241?ParentItemId=233> (дата обращения 15.10.2021).
- [3] Краснопевцева И.В. Управление производительностью труда через улучшение качества рабочей силы промышленного предприятия // Вестник Челябинского государственного университета. 2010. № 3. Экономика. Вып. 24. С. 79–82.
- [4] Подольский А.Г., Бабкин А.В. К оценке трудоемкости и цены научно-технической продукции военного назначения // Вооружение и экономика. 2017. № 2. С. 78–86.
- [5] Алашеев С.Ю., Коган Е.Я., Посталюк Н.Ю., Прудникова В.А. Влияние общих компетенций работников на производительность их труда // Профессиональное образование и рынок труда. 2017. № 1. С. 9–14.

## Formation of an Approach to Assessing the Ratio of Labor Costs for Performing Comparable Tasks between Various Categories of Employees of the Enterprise

**Volodin Sergei Vladlenovich**

s\_volodin@bk.ru

*Moscow Aviation Institute (National Research University)*

**Volodina Svetlana Alekseevna**

volodinas153@inbox.ru

*Moscow Aviation Institute (National Research University)*

*The issues related to the assessment of the ratio of labor costs between various categories of employees of the enterprise are considered, provided that they perform tasks comparable to the levels of their qualifications. An approach based on the construction of a matrix of correspondence between the levels of complexity of work and the relative productivity of various categories of employees is presented. The areas of insufficient and over-qualification of personnel, as well as basic and related levels of complexity of work, corresponding to specific positions of employees, are determined.*

**Keywords:** category of personnel, labor productivity, labor intensity, labor costs, skill level, level of complexity of work

## References

- [1] Metodicheskie rekomendatsii po normirovaniyu truda na vypolnenie nauchno-issledovatel'skikh i opytno-konstruktorskikh rabot [Methodological recommendations on labor rationing for the performance of research and development work]. Institut truda [Institute of Labor]. Moscow, 2014. Available at: [https://expert275.ru/wp-content/uploads/2017/11/5\\_MP-по-норм-труда-на-НИОКР-13\\_01\\_06.pdf](https://expert275.ru/wp-content/uploads/2017/11/5_MP-по-норм-труда-на-НИОКР-13_01_06.pdf) (accessed October 16, 2021). (In Russ.).
- [2] Analiticheskaya zapiska "Nauchno obosnovанные предложени в проект методических рекомендаций федеральными и региональными органами исполнительной власти, выполняющими функции полномочия учредителя научных организаций по формированию государственных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ" [Analytical note "Scientifically based proposals for the draft methodological recommendations to federal and regional executive authorities performing the functions and powers of the founder of scientific organizations on the formation of state tasks based on the regulatory costs for the implementation of state research and development work."]. Available at: <https://minfin.khabkrai.ru/portal/Show/Content/1241?ParentItemId=233> (accessed October 15, 2021). (In Russ.).
- [3] Krasnopersteva I.V. Upravlenie proizvoditel'nost'yu truda cherez uluchshenie kachestva rabochey sily promyshlennogo predpriatiya [Labor productivity management through improving the quality of the workforce of an industrial enterprise]. Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of Chelyabinsk State University], 2010, no. 3, Ekonomika [Economics], vol. 24, pp. 79–82. (In Russ.).
- [4] Podolsky A.G., Babkin A.V. K otsenke trudoemkosti i tseny nauchno-tehnicheskoy produktsii voennogo naznacheniya [To assess the labor intensity and price of scientific and technical products for military purposes]. Vooruzhenie i ekonomika [Armament and economy], 2017, no. 2, pp. 78–86. (In Russ.).
- [5] Alasheyev S.Yu., Kogan Ye.Ya., Postalyuk N.Yu., Prudnikova V.A., Vliyanie obshchikh kompetentsiy rabotnikov na proizvoditel'nost' ikh truda [The influence of the general competencies of employees on their labor productivity]. Professional'noye obrazovaniye i rynek truda [Vocational education and the labor market], 2017, no. 1, pp. 9–14. (In Russ.).

УДК 339.97

## Биотехнологии как основа развития биоэкономики

**Герцик Юрий Генрихович**

ygerzik@gmail.com

МГТУ им. Н.Э. Баумана

**Омельченко Ирина Николаевна**

logistic@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана

*Рассмотрены наиболее распространенные определения понятия биоэкономики и их взаимосвязь с современными биотехнологиями на основе существующей классификации последних. Обоснована актуальность развития биоэкономики и биотехнологий для достижения целей устойчивого развития общества, а также значение в этом фундаментальных и прикладных научно-космических исследований. Показано, что экономика, основанная на биотехнологиях, позволяет минимизировать негативное воздействие на окружающую среду в процессе производственной деятельности человека при одновременном извлечении максимальной прибыли в*

*результате более эффективного использования природных ресурсов, рециклинга отходов и внедрения принципов логистики замкнутого цикла и контроллинга.*

**Ключевые слова:** биоэкономика, биотехнологии, устойчивое развитие, промышленность, логистика замкнутого цикла

Экономика, основанная на достижениях биологии, или «биоэкономика» относятся к экономической деятельности, связанной с использованием биотехнологий и биомассы в производстве продукции, услуг или энергии. Эти термины широко используются как в науке, так и производственными биотехнологическими компаниями. Определение биоэкономики как науки тесно связано с развитием биотехнологической промышленности и способностью изучать, понимать и манипулировать биологическим материалом, что стало возможным благодаря научным исследованиям и научно-техническому прогрессу. Расширяется применение биотехнологических разработок в сельском хозяйстве, здравоохранении, химической и энергетической отраслях, авиакосмической промышленности других наукоемких и социально-значимых отраслях. В ряде случаев новые возможности применения биотехнологий в народном хозяйстве открываются благодаря результатам, полученным в рамках фундаментальных и прикладных научно-космических исследований. Актуальность настоящего исследования обусловлена возрастающей ролью внедрения и энергосберегающих технологий во всех отраслях промышленности, в первую очередь, ресурсоемких, для достижения целей устойчивого развития общества. Целью работы является изучение существующих определений биоэкономики, основанной на биотехнологиях, для формирования предпосылок дальнейших исследований роли биоэкономики и биотехнологий в устойчивом развитии общества.

Для достижения указанной выше цели авторы провели библиографический поиск, анализ и синтез отобранных научных публикаций в области биоэкономики и биотехнологий как российских, так и зарубежных исследователей [1–5].

Термины «биоэкономика» (*bioeconomy*), «экономика, основанная на знаниях» (*knowledge-based economy*), «экономика, основанная на биоресурсах» (*bio-based economy*), «зеленая экономика» (*green economy*) и «циркулярная экономика» (*circular economy*), часто используются взаимозаменяющими. Однако их стоит различать. Экономика, основанная на биотехнологиях, учитывает производство непродовольственных товаров, в то время как биоэкономика охватывает как экономику, основанную на биотехнологиях, так и производство продуктов питания, кормов и т. д. В основе же «зеленой экономики» лежит экологическое измерение качества жизни и устойчивое развитие за счет «зеленого роста» всех отраслей народного хозяйства. «Циркулярная экономика» представляет собой экономику замкнутого цикла, предусматривающую максимально эффективное использование отходов. Ряд зарубежных и отечественных авторов полагают, что термин «зеленая экономика» является более широким и включает в себя остальные определения [1, 2].

Наиболее распространенным, по мнению авторов, является определение понятия биоэкономики, основанной на знаниях. Экономика знаний (или экономика, основанная на знаниях, *knowledge-based economy*) — это экономическая система, в которой производство товаров и услуг основано, главным образом, на наукоемкой деятельности, которая способствует быстрым темпам развития технических и научных инноваций, а также ускоренному устареванию технологий. Ключевым компонентом экономики знаний является большая зависимость от интеллектуальных возможностей, инноваций, информации, чем от физических или природных ресурсов.

Более широкое понимание биоэкономики подразумевает использование человечеством биоресурсов, но и одновременно их сохранение, что позволяет говорить о синергетическом эффекте взаимодействия, который будет играть важную роль в дальнейшем развитии биоэкономики и повышении эффективности ресурсопотребления. Так из отходов сельского хозяйства и лесоводства, продовольственной отрасли можно производить высококачественные биопродукты, такие как, химические вещества, пищевые продукты, корма, вещества, необходимые в производстве лекарств и косметики, волокнистые продукты, а также различные виды топлива [3].

Часто можно встретить также определение, которое было дано Организацией по Экономическому сотрудничеству и развитию (ОЭСР) в 2009 г., где биоэкономика рассматривается как «мир, в котором биотехнологии являются источником значительной доли экономического производства» [4].

Исследования в области биоэкономики показывают, что в основе ее развития лежат биотехнологии, биоресурсы и биоэкология. В последнее время, как теория, так и практическое применение биотехнологий подверглись дальнейшему развитию. Различают три основных сектора биотехнологий [5].

«Красный» биотехнологический сектор получил свое название по цвету крови: биомедицинские технологии, включая, медицинскую диагностику и терапию, персонализированную медицину, а также биофармацевтику, т. е. производство лекарств, таких как антибиотики, вакцины, протеины и витамины на биотехнологической основе. Передовые биомедицинские исследования проводятся в рамках научных космических программ для изучения воздействия негативных факторов космического полета, как на клеточные структуры и функциональные системы, так и на организм человека в целом. Результаты затем внедряются в систему здравоохранения.

К «белым» биотехнологиям относят биотехнологические методы, используемые в промышленности, в первую очередь в сфере производственных технологий. В эту категорию также входит преобразование биомассы в химическое сырье, промышленное волокно или топливо, то есть вторичное использование биосырья для производства таких биоматериалов, как биопластик, а также биотоплива.

И, наконец, «зеленая» биотехнология ставит своей целью улучшение качеств растений, их биологическую защиту; создание и внедрение технологий молекулярной селекции животных и птиц. Сюда относится и зеленая генная инженерия, используемая для сохранения и воспроизводства лесных генетических ресурсов, создание биотехнологических форм деревьев с заданными признаками, биологические средства защиты леса и др.

Активно развиваются и другие направления биотехнологий. Так «голубая» биотехнология занимается морскими организмами, например, морскими бактериями и водорослями, которые богаты полезными веществами. «Серая» биотехнология разрабатывает методы санации почв, очистки сточных вод, переработки мусора и т. д.

Биоэкономика часто рассматриваемая как развитие экономики природопользования и представляющая, по мнению ряда авторитетных ученых, новое социально-технологическое направление, сформировавшееся на стыке экономики, биологии и экологии невозможна без инноваций в области биотехнологий, *life-sciences* (наук о жизни), молекулярной биологии и медицинской генетики [5].

В результате анализа и обобщения вышеуказанных подходов к определению понятия «биоэкономика», авторы предлагают рассматривать ее, как науку, основанную на системном использовании биотехнологий и биоресурсов (*bio-based economy*), которая позволяет реализовать стратегию минимизации негативного воздействия на

окружающую среду в процессе производственной деятельности человека при одновременном извлечении максимальной прибыли за счет более эффективного использования природных ресурсов, рециклинга отходов и внедрения принципов логистики замкнутого цикла и контроллинга.

### **Литература**

- [1] Бобылев С.Н., Кудрявцева О.В., Соловьева С.В. и др. Индикаторы экологически устойчивого развития для регионов России. М.: Инфра-М, 2015.
- [2] Wesseler J., Spielman D., Demont M. The future of governance in the global bioeconomy: Policy, regulation, and investment challenges for the biotechnology and bioenergy sectors // AgBioForum. 2011. Vol. 13, no. 4. Pp. 288–290.
- [3] Bugge M.M., Hansen T., Klitkou A. What Is the Bioeconomy? A Review of the Literature // Sustainability. 2016. Vol. 8, no. 7. P. 691. DOI: 10.3390/su8070691
- [4] Никоноров С.М. К «зеленой» экономике через «зеленые» финансы, биоэкономику и устойчивое развитие // Русская политология. 2017. № 3. С. 12–15.
- [5] Бобылев С.Н., Михайлова С.Ю., Кирюшин П.А. Биоэкономика: проблемы становления // Экономика. Налоги. Право. 2014. № 6. С. 20–25.

## **Biotechnologies as a Basis for the Development of Bioeconomics**

**Gertsik Yury Genrikhovich**

ygerzik@gmail.com

**BMSTU**

**Omelchenko Irina Nikolaevna**

logistic@bmstu.ru

**BMSTU**

*The paper considers the most common definitions of the concept of bioeconomics and their relationship with modern biotechnologies based on the existing classification of the latter. The relevance of the development of bioeconomics and biotechnologies for achieving the goals of sustainable development of society, as well as the importance of fundamental and applied scientific and space research in this is emphasized. It is shown that the economy based on biotechnologies allows minimizing the negative impact on the environment in the process of human production activities while simultaneously extracting maximum profit through more efficient usage of natural resources, waste recycling and the introduction of closed-cycle logistics and controlling principles.*

**Keywords:** bioeconomics, biotechnologies, sustainable development, industry, closed-cycle logistics

### **References**

- [1] Bobylev S.N., Kudryavtseva O.V., Solov'eva S.V. et al. Indikatory ekologicheskogo ustoichivogo razvitiya dlya regionov Rossii [Indicators of environmentally sustainable development for Russian regions]. Moscow, INFRA-M Publ., 2015.
- [2] Wesseler J., Spielman D., Demont M. The Future of Governance in the Global Bioeconomy: Policy, Regulation, and Investment Challenges for the Biotechnology and Bioenergy Sectors. AgBioForum, 2011, vol. 13, no. 4, pp. 288–290.
- [3] Bugge M.M., Hansen T., Klitkou A. What Is the Bioeconomy? A Review of the Literature. Sustainability, 2016, vol. 8, no. 7, p. 691. DOI: 10.3390/su8070691

- 
- [4] Nikonorov S.M. K "zelenoi" ekonomike cherez "zelenye" finansy, bioekonomiku i ustoichivoe razvitiye [Towards a "green" economy through "green" finance, bioeconomics and sustainable development]. Russkaya politologiya [Russian Political Science], 2017, no. 3, pp. 12–15. (In Russ.).
  - [5] Bobylev S.N., Mikhailova S.Yu., Kiryushin P.A. Bioekonomika: problemy stanovleniya [Bioeconomics: problems of formation]. Ekonomika. Nalogi. Pravo [Economy. Taxes. Law], 2014, no. 6, pp. 20–25. (In Russ.).

УДК 334.02

## **Стратегическая оценка потенциала коммерциализации результатов научно-исследовательских работ по созданию перспективных образцов космической техники**

**Гутенев Александр Владимирович**

a.v.gutenev@gmail.com

МГТУ им. Н.Э. Баумана

**Анищенко Сергей Александрович**

anicshenkosa@yandex.ru

АО «Объединенная приборостроительная корпорация»

*Предложен нейросетевой механизм для аналитической обработки тактико-технических характеристик и планово-экономических параметров научно-исследовательских работ по созданию перспективных образцов космической техники. Механизм основан на стратегии военно-гражданской интеграции и реализует технологию построения самоорганизующихся нейросетевых карт для выявления технологий, отличающихся существенным потенциалом коммерциализации в предпринимательском секторе экономики.*

**Ключевые слова:** научно-исследовательские работы, космическая техника, коммерциализация, военно-гражданская интеграция, искусственный интеллект

Ракетно-космическая отрасль промышленности отличается созданием инновационного научно-технического задела, имеющего широкие перспективы применения в народном хозяйстве. Результаты научно-исследовательских работ, выполняемых в интересах создания перспективных образцов космической техники (НИР КТ) характеризуются существенным потенциалом коммерциализации в предпринимательском секторе экономики путем создания побочных (spin-off) технологий, продуктов и сервисов. Вместе с тем, существующие в отрасли механизмы отбора, приоритизации и финансирования НИР КТ в недостаточной мере учитывают такие эффекты, поскольку изначально ориентированы на оценку результатов в интересах создания конкретных образцов космических систем и наземной космической инфраструктуры, в том числе оборонного назначения.

Следует констатировать, что существующая практика оценки НИР КТ не обеспечивает координацию деятельности государственных заказчиков, стратегических и институциональных инвесторов. Имеют место ситуации, когда утрачивается возможность финансирования НИР, имеющих низкий приоритет для космической отрасли, но характеризующихся высоким уровнем универсальности и, следовательно, существенным потенциалом коммерческого применения. Во многом, это связано с тем, что существующие методики основаны на экспертной оценке приоритетности НИР КТ и не используют возможности современных технологий искусственного интеллекта для аналитической обработки информации, что в условиях увеличения потока заявок на НИР,

расширения учитываемых факторов и усложнения взаимозависимостей между ними обуславливает резкое увеличение трудоемкости оценочных процедур и повышает риск недостоверности и субъективности полученных результатов.

Выявленные противоречия между потребностями практики и уровнем существующего научно-методического обеспечения предопределяют необходимость его дальнейшего развития, что подтверждает актуальность темы исследования.

Теоретические и методологические основы для разрешения указанных противоречий заложены в современной концепции военно-гражданской интеграции (civil-military integration), предполагающей комплементарное развитие и гармонизацию интересов военно-силового и предпринимательского сектора экономики [1, 2]. Особую актуальность эта концепция приобретает в условиях цифровой трансформации экономики, когда в основу любой деятельности формируют цифровые платформы и экосистемы, усиливается роль сетецентрических (network-centric) технологий, а границы между военным и гражданским секторами экономики постепенно размываются.

Для многофакторного анализа массива НИР КТ по множеству показателей и с учетом интересов различных стейкхолдеров из военного и гражданского секторов экономики лицу, принимающему решения (ЛПР) требуются надежные и простые в применении информационно-аналитические инструменты. Они должны обрабатывать большие массивы разнородных слабо структурированных данных, выявлять в них закономерности и аномалии, идентифицировать потенциальные проблемы. При этом особые требования предъявляются к качеству визуализации результатов анализа. ЛПР должен видеть в целом весь массив заявок НИР КТ по множеству интегральных технико-экономических показателей.

Поэтому технологическую основу предлагаемого нейросетевого механизма составляют самоорганизующиеся карты (self-organizing maps, SOM). Имеющийся научно-технический задел по их применению для решения аналогичных задач представлен в работах [3, 4]. Они представляют собой визуальный инструмент, основанный на технологии искусственных нейронных сетей и предназначенный для поиска закономерностей и аномалий в больших данных. Выбор технологии SOM обоснован тем, что в ее основу положен алгоритм упорядочивания анализируемых объектов по степени близости их характеристик друг к другу, с графическим отображением в форме двухмерной карты. Это позволяет использовать SOM как инструмент кластеризации и визуализации данных.

В целом, предлагаемый подход представляет собой применение методов искусственного интеллекта для развития концепции разведочного анализа данных (exploratory data analysis, EDA) [5], суть которой сводится к поиску закономерностей в больших массивах данных без предварительных гипотез. Она противопоставляется классическому доказательному анализу (confirmatory analysis, CDA), когда исследователи доказывают или опровергают некоторые утверждения, например, при проверке статистических гипотез. Область эффективного применения EDA — предварительная обработка данных для понимания их семантики и первичной кластеризации

В решаемой задаче объектами кластеризации являются отдельные НИР КТ, характеризующиеся такими планово-экономическими параметрами, как уровень готовности технологий, сроки выполнения, целевые характеристики продукции относительно существующих отечественных и зарубежных аналогов, использование для создания образцов продукции оборонного и гражданского назначения, объемы финансирования по годам и другие. В результате работы такого инструмента будет построена карта, отображающая весь массив показателей НИР КТ с помощью опре-

деленной схемы цветового кодирования. Таким образом, в распоряжение ЛПР поступит визуальная аналитическая информация, дающая объективную комплексную оценку потенциала коммерциализации НИР КТ при формировании портфеля заказов в обеспечение создания перспективных образцов космической техники в современных условиях военно-гражданской интеграции.

Предлагаемый нейросетевой механизм регламентирует следующий порядок действий ЛПР.

На первом этапе путем анализа поступивших заявок на выполнение НИР КТ формируется массив технико-экономических показателей. Эта процедура выполняется в частично автоматизированном режиме, с использование традиционных текстовых и табличных редакторов.

На втором этапе реализуются автоматизированные информационно-аналитические процедуры, основанные на машинном обучении и представлении массива показателей НИР КТ на самоорганизующихся нейросетевых картах: карта универсальности используется для идентификации НИР КТ, используемых в большом числе образцов космической техники, а карта капиталоемкости — для изучения потребностей в финансировании по годам программного периода. Комбинация карт универсальности и капиталоемкости обеспечивает поддержку принятия решений исходя из анализа результатов разбиение массива показателей НИР КТ на 4 группы проектов создания технологий:

- кластера 1 с высокой универсальностью применения результатов, при низкой капиталоемкости, что является признаком коммерческой эффективности и инвестиционной привлекательности для предпринимательских структур и, следовательно, высокого потенциала коммерциализации;

- кластера 2, которые при высокой универсальности требуют значительных объемов финансирования, что позволяет рекомендовать установить для них расширенную инвестиционную оценку возможностей коммерциализации в гражданском секторе экономики;

- кластера 3, которые не требуют значительных инвестиций, но и не обеспечивают универсальных результатов, что позволяет рекомендовать проведение расширенной экспертизы их тактико-технических характеристик на предмет уточнения возможности применения в гражданской продукции;

- кластера 4, являющиеся высоко затратными и узкоспециализированными, что предопределяет низкий потенциал их коммерциализации.

Предложенный информационно-аналитический механизм позволит усовершенствовать существующий в отрасли научно-методический аппарат приоритизации, отбора и финансирования НИР КТ за счет применения технологий искусственного интеллекта для аналитической обработки исходной информации и выявления подмножества проектов разработки технологий с существенным потенциалом коммерциализации для последующего финансово-экономического оценивания.

## Литература

- [1] Дроговоз П.А., Ралдугин О.В. Процессы военно-гражданской интеграции в контексте цифровой трансформации и дивергенции национальных моделей бизнеса // Вопросы оборонной техники. 2018. № 1. С. 13–27.
- [2] Дроговоз П.А., Кашеварова Н.А. Механизм перспективных патентных исследований при создании космической продукции специального назначения в условиях военно-гражданской интеграции // Аудит и финансовый анализ. 2017. № 3-4. С. 461–470.

- [3] Дроговоз П.А., Садовская Т.Г., Шиболденков В.А. Использование эмерджентных нейросетевых карт в бизнес-анализе портфеля клиентов // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2016. № 12 (150). С. 10–18. DOI: 10.14489/vkit.2016.12.pp.010-018
- [4] Гутенев А.В. Перспективы применения технологий мягких вычислений к оценке приоритетности НИР в аэрокосмической отрасли промышленности // XLIII Академические чтения по космонавтике (Королёвские чтения – 2019): сб. тез. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019. С. 173–175.
- [5] Шиболденков В.А. Инструментарий нейросетевого разведочного анализа социально-экономических процессов // Аудит и финансовый анализ. 2018. № 6. С. 214–224.

## **Strategic Assessment of the Potential for the Commercialization of the Results of Research Work on the Creation of Advanced Samples of Space Technology**

**Gutenev Alexander Vladimirovich**

a.v.gutenev@gmail.com

*BMSTU*

**Anishchenko Sergei Aleksandrovich**

anicshenkosa@yandex.ru

*JSC "United Instrument Corporation"*

*A neural network mechanism for analytical processing of tactical and technical characteristics and planning and economic parameters of R&D results in advanced space technologies is proposed. The mechanism is based on the strategy of civil-military integration and implements the technology for constructing self-organizing neural network maps to identify technologies that have a significant potential for commercialization in the entrepreneurial sector of the economy.*

**Keywords:** R&D, space technology, commercialization, civil-military integration, artificial intelligence

### **References**

- [1] Drogovoz P.A., Ral'dugin O.V. Protsessy voyenno-grazhdanskoy integratsii v kontekste tsifrovoy transformatsii i divergentsii natsional'nykh modeley biznesa [Processes of military-civil integration in the context of digital transformation and divergence of national business models]. Voprosy oboronnoy tekhniki [Questions of defense technology], 2018, no. 1, pp. 13–27. (In Russ.).
- [2] Drogovoz P.A., Kashevarova N.A. Mekhanizm perspektivnykh patentnykh issledovaniy pri sozdaniy kosmicheskoy produktsii spetsial'nogo naznacheniya v usloviyakh voyenno-grazhdanskoy integratsii [Future-oriented patent research mechanism for space-based technology development under the conditions of civil-military integration]. Audit i finansovyy analiz [Audit and financial analysis], 2017, no. 3-4, pp. 461–470. (In Russ.).
- [3] Drogovoz P.A., Sadovskaya T.G., Shiboldenkov V.A. Ispol'zovaniye emerzhentnykh neyrosetevykh kart v biznes-analyze portfelya kliyentov [Using the emergent neural network maps in customer portfolio business analysis]. Vestnik kom'yuternykh i informatsionnykh tekhnologiy [Herald of computer and information technologies], 2016, no. 12 (150), pp. 10–18. (In Russ.). DOI: 10.14489/vkit.2016.12.pp.010-018
- [4] Gutenev A.V. Perspektivnye primeneniya tekhnologiy myagkikh vychisleniy k otsenke prioritetnosti NIR v aerokosmicheskoy otrassli promyshlennosti [Prospects for the application of soft computing technologies to the assessment of the priority of R&D in the aerospace industry]. XLIII Akademicheskie chteniya po kosmonavtike (Korolevskie chteniya – 2019) [XLIII Academic Readings on cosmonautics (Korolev Readings – 2019)]: collection of abstracts] Moscow, BMSTU Press, 2019, pp. 173–175. (In Russ.).
- [5] Shiboldenkov V.A. Instrumentariy neyrosetevogo razvedochnogo analiza sotsial'no-ekonomicheskikh protsessov [Tools for neural network exploration analysis of socio-economic processes]. Audit i finansovyy analiz [Audit and financial analysis], 2018, no. 6, pp. 214–224. (In Russ.).

УДК 330.45

## Формирование критерия эффективности авиационных систем по моделям оценки технико-экономического потенциала

Давыдов Алексей Дмитриевич

addavydov1959@gmail.com

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)

Горелов Борис Алексеевич

melikyan\_lm@mail.ru

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)

Рассмотрена проблема формирования комплексного критерия технико-экономической эффективности авиационных систем на основе 4И-модели потенциала разрабатывающих предприятий авиационной промышленности. Приведены результаты критериальных исследований и актуальные оценки частных и комплексных критериев для помодульно распределенных авиационных систем. Экономико-математический аппарат практически используется при технико-экономическом обосновании проектов авиационных систем при оценке сравнительной эффективности унитарных и модульных систем и систем смешанного типа.

**Ключевые слова:** модульные авиационные системы, технико-экономическая эффективность, инновационный потенциал, инвестиционный потенциал, интеллектуальный потенциал, информационный потенциал

Выбор предпочтительной альтернативы высокотехнологичных технических систем на стадии НИОКР с необходимостью осуществляется в триаде критериев «стоимость — эффективность — время». Традиционно считается, что данные критерии являются разнонаправленными и противоречивыми, и выбор в этих условиях представляет собой, по существу, формирование сбалансированного скалярного критерия по вектору частных критериев.

Исследования, проводимые в МАИ по оценке технико-экономической эффективности помодульно распределенных авиационных систем, указывают на возможность преодоления внутренних противоречий в отмеченной триаде критериев «стоимость — эффективность — время» и достичь в проектах создания высокотехнологичных систем и комплексов относительного улучшения оценок всех критериев. Такая возможность предоставляется при системно организованной реализации технико-экономического потенциала унитарной, модульной и смешанной стратегий создания и развития систем [1–4].

Критериальная оценка альтернатив авиационных систем существенно опирается на современные модели инновационного, инвестиционного, интеллектуального и информационного потенциала разрабатывающих предприятий и организаций или 4И-модель потенциала, как на опорные составляющие модели формирования и реализации инноваций.

Адаптация данных моделей в условиях реализации модульной и смешанной стратегия создания и развития авиационных систем показала, однако, на их рекурсивную взаимосвязь уже при формальном определении терминов и понятий. Так, например, при формализации и моделировании инновационного потенциала с неизбежностью используются понятие инвестиционного потенциала или его семантические элементы и аналоги, как финансовая основа его реализации [5–8]. Аналогично при определении инвестиционного потенциала разрабатывающих предприятий и ор-

ганизаций для оценки эффективности НИОКР необходимо использовать понятие инновационного потенциала для оценки возможности получения ожидаемых экономических результатов [9]. В то же время объективным отражением инновационного потенциала является интеллектуальный потенциал, как определяющая возможность создания новаций учеными, инженерами, сотрудниками предприятий [10]. Информационный потенциал необходимо рассматривать как средство реализации инновационного, интеллектуального и инвестиционного потенциала в современных условиях цифровизации экономики [11]. Таким образом, имеет место последовательно циклическое определение понятий и формирование на их основе экономико-математических моделей критериев как рекурсивных функций.

Такое рекурсивное формирование моделей потенциала разрабатывающих предприятий препятствует целостной технико-экономической оценке альтернатив и выбору предпочтительной альтернативы на основе скаляризации векторных критериев. Скаляризация, как подход формирования критерия выбора, реализуется, например, в методах свертки (аддитивной, мультиплекативной свертки частных критериев) и директивизации (директивно назначаемого в качестве критерия выбора одного из частных критериев). Здесь представляется затруднительным математически формальное описание критерия выбора и целесообразно использовать методы системного анализа и формировать критерий выбора в организованной критериальной системе методами генерализации или формирования критерия выбора на основе частных критериев как генерального критерия.

Вербальное описание такого генерального критерия в общем случае затруднительно. Здесь представляет интерес исторически сложившийся опыт формирования и использования генерального критерия как критерия «стоимость операции». Смысл термина «операция» здесь — формирование помодульно распределенной авиационной системы.

Базовые модели оценки основных частных критериев представлены в ряде работ, выполненных коллективом авторов МАИ при поддержке РФФИ [1–3].

Модели апробированы при исследовании рядов модульной и специализированной авиационной техники. Модели также были адаптированы к современным условиям их создания и использования при существенном и объективном росте неустойчивости и неопределенности внешней среды, организуемой конкурентами и их коалициями.

Моделирование технико-экономических характеристик помодульно распределенных рядов авиационной техники по триаде критериев «стоимость — эффективность — время» позволяет оценить улучшение стоимостных характеристик на 15...20 % при соответствующем организационно-экономическом обеспечении. При этом показатели целевой эффективности также были улучшены за счет, прежде всего, высоких показателей адаптации к неустойчивой внешней среде — на 20...25 % при относительно высоком заданном разнообразии целей в операции. Практика создания и эксплуатации отдельных модульных рядов авиационной техники подтверждает оценки, по которым увеличение длительности жизненного цикла таких систем возможно на 25...30 %.

Полученные результаты дают основания для высокой оценки технико-экономической эффективности модульных систем авиационной техники. Однако унитарные, целостные системы также имеют сопоставимые или лучшие технико-экономические характеристики при выполнении специальных задач. Складывающаяся практика создания и развития высокотехнологичных систем и комплексов в виде

смешанной стратегии развития, реализующая принципы формирования помодульно распределенных систем, позволяет достичь сочетания преимуществ обоих подходов в их техноценотическом симбиозе.

Разрабатываемый экономико-математический аппарат предназначен для совершенствования методического обеспечения проектов и программ развития высокотехнологичных комплексов и практически используется при технико-экономическом обосновании проектов авиационных систем при оценке сравнительной эффективности унитарных и модульных систем и систем смешанного типа.

Апостериорная оценка практики создания и развития таких систем с применением предлагаемого методического аппарата позволяет утверждать, что полученные технико-экономические оценки имеют практическое значение и заслуживают доверия.

*Доклад подготовлен при финансовой поддержке РФФИ  
(проект № 20-010-00428).*

## Литература

- [1] Давыдов А.Д., Горелов Б.А., Тихонов А.В. Задачи управления развитием помодульно распределенных систем авиационной техники // Экономика высокотехнологичных производств. 2020. № 1. С. 37–47.
- [2] Давыдов А.Д., Горелов Б.А., Тихонов А.В., Тужиков Е.З. Методы и модели оценки эффективности распределенных систем авиационной техники по критерию «стоимость – эффективность – время» // Стратегическая стабильность. 2019. № 1. С. 20–25.
- [3] Горелов Б.А., Давыдов А.Д., Силаев А.В., Тихонов А.В. Модели управления развитием распределенных технических систем // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2018. № 3. С. 92–103.
- [4] Клочков В.В. Анализ эффективности внедрения модульных систем изделий авиационной техники и их распределенного производства // Вестник ЮрГТУ (НПИ). 2018. № 6. С. 3–9.
- [5] Подшивалова М.В., Алмршед С.К. Критический анализ методов оценки инновационного потенциала предприятия // Научные исследования и разработки. Экономика. 2021. № 1. С. 28–35.
- [6] Яковlevа Е.А., Козловская Э.А., Бойко Ю.В. Оценка инновационного потенциала предприятия на основе стоимостного подхода // Вопросы инновационной экономики. 2018. № 2. С. 267–282.
- [7] Плотников А.П., Казакова Ф.А. К вопросу оценки эффективности инновационного развития предприятия // Инновационная деятельность. 2021. № 2. С. 75–81.
- [8] Коноваленко С.А., Трофимов М.Н. К вопросу применения методик оценки эффективности инновационного развития предприятия // Colloquium-journal. 2019. № 6–11. С. 115–125.
- [9] Суслов С.Н. Экономическая сущность и компоненты инвестиционного потенциала предприятия // Матрица научного познания. 2019. № 2. С. 66–80.
- [10] Ларин С.Н., Лазарева Л.Ю., Стебняева Т.В., Худолей Г.С. Моделирование развития интеллектуального потенциала предприятия и его структурных составляющих // Экономика и бизнес: теория и практика. 2020. № 6. С. 171–177.
- [11] Калошина М.Н., Дианова Е.В. Формирование информационного и экономико-математического контента для цифровизации механизма управления инновационными проектами, реализуемыми в рамках распределенных систем авиационной отрасли на базе удельных показателей // Экономика и предпринимательство. 2021. № 2. С. 1269–1275.

## **Creation of Criteria for the Efficiency of Aviation Systems Based on Models of Assessment of Technical and Economic Potential**

**Davydov Alexei Dmitrievich** addavydov1959@gmail.com

*Moscow Aviation Institute (National Research University)*

**Gorelov Boris Alekseevich** melikyan\_lm@mail.ru

*Moscow Aviation Institute (National Research University)*

*The report considers the problem of creation a comprehensive criterion of the technical and economic efficiency of aviation systems based on the 4I-model (Innovations, Investment, Intellect, Information) of the potential for developing enterprises of the aviation industry. The results of criterion studies and current assessments of individual and complex criteria for modularly distributed aviation systems are presented. Economic and mathematical methods are practically used in the technical-economic research of aviation systems projects in assessing the comparative effectiveness of unitary and modular systems and mixed-type systems.*

**Keywords:** modular aviation systems, technical and economic efficiency, innovations, investments, intellect, information

*The paper was prepared with the financial support of the RFBR (project No. 20-010-00428).*

### **References**

- [1] Davydov A.D., Gorelov B.A., Tikhonov A.V. Zadachi upravleniya razvitiem pomodulno raspredelenyy sistem aviationsionnoy tekhniki [Objectives for managing the development of modularly distributed aviation systems]. Ekonomika vysokotekhnologichnyh proizvodstv [The economy of high-tech industries], 2020, no. 1, pp. 37–48. (in Russ.)
- [2] Davydov A.D., Gorelov B.A., Tikhonov A.V., Tuzhikov E.Z. Metody i modeli otsenki effektivnosti raspredelenyykh system aviationsionnoi tekhniki po kriteriyu "stoimost — effektivnost — vremya" [Methods and models of technico-economic assessment of distributed technical systems according to the criterion "cost-efficiency-time"]. Strategicheskaya stabilnost [Strategic stability], 2019, no. 1, pp. 20–25. (in Russ.).
- [3] Davydov A.D., Gorelov B.A., Silaev A.V., Tikhonov A.V. Modeli upravleniya razvitiem raspredelenyykh tekhnicheskikh system [Models for managing the development of distributed technical systems]. Izvestiya vyschikh uchebnykh zavedenii. Mashinostroeniye [News of higher educational institutions. Mechanical engineering], 2018, no. 3, pp. 3–9. (in Russ.).
- [4] Klochkov V.V. Analiz effektivnosti vnedreniya modulnikh sistem izdelii aviationsionnoi tekhniki i ikh raspredelennogo proizvodstva [Analysis of the effectiveness of the introduction of modular systems of aircraft products and their distributed production]. Vestnik UrGU (NPI) [Bulletin of the YURSU (NPI)], 2018, no. 3, pp. 3–9. (in Russ.).
- [5] Podshivalova M.V., Almrshed S.K. Kriticheskii analiz metodov otsenki innovatsionnogo potentsiala predpriyatiya [Critical analysis of methods for assessing the innovative potential of an enterprise]. Nauchnie issledovaniya i razrabotki. Economika [ Scientific research and development. Economy], 2021, no. 1, pp. 28–35. (in Russ.).
- [6] Yakovleva E.A., Kozlovskaya E.A., Boiko U.V. Otsenka innovatsionnogo potentsiala predpriyatiya na osnove stoimostnogo podkhoda [Assessment of the innovative potential of the enterprise based on the cost approach]. Voprosy innovatsionnoi ekonomiki [Issues of Innovative Economy], 2018, no. 2, pp. 267–282. (in Russ.).
- [7] Plotnikov A.P., Kazakova F.A. K voprosu otsenki effektivnosti innovatsionnogo razvitiya predpriyatiya [On the issue of assessing the effectiveness of innovative development of the enterprise ]. Innovatsionnaya deyatelost [Innovative Activity], 2021, no. 2, pp. 75–81. (in Russ.).

- [8] Konovalenko S.A., Trofimov M.N. K voprosu primeneniya metodik otsenki effectivnosti innovatsionnogo razvitiya predpriyatiya [On the application of methods for assessing the effectiveness of innovative development of an enterprise]. Colloquium-journal [Colloquium-journal], 2019, no. 6–11, pp. 115–125. (in Russ.).
- [9] Suslov S.N. Economitcheskaya sutchnost i komponenti investitsionnogo potentsyala predpriyatiya [Economic essence and components of the investment potential of the enterprise]. Matritsa nauchnogo poznaniya [The matrix of scientific knowledge], 2019, no. 2, pp. 66–80. (in Russ.).
- [10] Larin S.N., Lazareva L.U., Stebnyaeva T.V., Khudolei G.S. Modelirovaniye razvitiya intellectualnogo potentsiala predpriyatiya i ego strukturikh sostavlyauschikh [Modeling of the development of the intellectual potential of the enterprise and its structural components]. Economika i biznes: teoriya i praktika [Economics and Business: theory and practice], 2020, no. 6, pp. 171–177. (in Russ.).
- [11] Kaloshina M.N., Dianova E.V. Formirovaniye informatsionnogo i economico-matematicheskogo kontenta dlya tsifrovisatsii mekhanizma upravleniya innovatsionnymi proectami, realizuemimi v ramkakh raspredelennikh sistem aviatsionnoi otrsli na baze udelnikh pokazatelei [Formation of information and economic-mathematical content for digitalization of the management mechanism of innovative projects implemented within the framework of distributed systems of the aviation industry based on specific indicators]. Economira i predprinimatelstvo [Economics and entrepreneurship], 2021, no. 2, pp. 1265–1275. (in Russ.).

УДК 338.2

## **Методические подходы к формированию систем материального стимулирования основного персонала на высокотехнологичных инновационных предприятиях**

**Дегтярев Юрий Александрович**

yu\_degyarev@mail.ru

**Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)**

*Статья посвящена особенностям построения систем материального стимулирования непосредственных исполнителей работ на высокотехнологичных инновационных предприятиях. Продемонстрированы актуальность вопроса создания подобных систем, современные подходы и пути реализации их построения. Отдельно изучена проблематика внедрения систем с учетом специфики построения организационной структуры управления предприятием. Рассмотрена структурная составляющая заработной платы, предложены механизмы формирования нефиксированной ее части для основных исполнителей работ.*

**Ключевые слова:** система материального стимулирования, высокотехнологичное инновационное предприятие, заработка плата, оперативно-календарное планирование, организационная структура управления, матричная структура управления, переменная часть заработной платы

Расходы на оплату труда занимают значительный удельный вес в общей структуре затрат фирмы и оказывают прямое влияние на основные экономические показатели деятельности организации. Система материального стимулирования (далее также — система оплаты труда (СОТ)) выступает в качестве основного механизма, формализующего процессы организации и установления работникам заработной платы на предприятии. В настоящее время практический интерес представляют вопросы внедрения и совершенствования систем материального стимулирования на предприятиях, ведущих высокотехнологичные инновационные разработки, поскольку:

• доля продукции, производимой высокотехнологичными инновационными предприятиями (ВИП), к 2021 году достигла отметки 23,4 % в структуре валового внутреннего продукта Российской Федерации [1];

• за последние 10–15 лет большинство ВИП России прошли путь организационных преобразований и в настоящее время входят в состав крупных корпораций и холдингов. Одной из задач, возникающих перед новыми собственниками корпораций, является конфигурация ключевых бизнес-процессов под корпоративные стандарты управления, одним из которых является система материального стимулирования работников.

Система материального стимулирования основного персонала — основное из звеньев в общей СОТ предприятия, поскольку оказывает непосредственное влияние на себестоимость производимой продукции и размер чистой прибыли. Практический опыт показывает, что для систем стимулирования работников современных предприятий, занимающихся инновационными разработками, характерны следующие проблемы:

- системы оплаты труда не предусматривают инструментов формирования уровня конечного заработка работника от результатов как его деятельности, так и работы предприятия в текущем периоде времени. Как следствие, «непрозрачность» системы стимулирования и отсутствие формализованных методических подходов влекут за собой возникновение конфликтных ситуаций между работодателями и работниками;

- на предприятиях, занимающихся НИОКР в рамках государственного оборонного заказа, система материального стимулирования «отвязана» от системы формирования фактических затрат, подтвержденных соответствующей трудоемкостью работ. В условиях требований ФЗ «О государственном оборонном заказе», «Порядка определения состава затрат, включаемых в цену продукции, поставляемой в рамках государственного оборонного заказа», подобные «нестыковки» приводят к возникновению рисков финансовых потерь для предприятий.

Приведенная проблематика обуславливает необходимость разработки специальных методических подходов, обеспечивающих эффективное действие систем материального стимулирования. Для этого необходимо рассмотреть следующие вопросы.

1. Выбор наиболее соответствующей требованиям поставленной задачи организационной структуры управления, в условиях которой осуществляется организация оплаты труда.

2. Обеспечение увязки СОТ с действующей системой планирования на предприятии в условиях выбранной оргструктурной модели.

3. Разработка эффективного механизма формирования и внутреннего распределения фонда оплаты труда (ФОТ) для подразделения-исполнителя.

В контексте данной работы рассмотрим процесс формирования заработной платы непосредственных исполнителей работ в условиях структуры управления, выстроенной по матричному типу, поскольку она наиболее соответствует по своим характеристикам для предприятий:

- обладающих широко диверсифицированной продуктовой линейкой;
- имеющих значительную долю НИОКР в общем портфеле заказов;
- являющихся головными в составе крупных холдингов [2, 3].

Основной особенностью матричной структуры управления является возможность выстраивать организационные процессы по принципу двойного подчинения исполнителей: с одной стороны, непосредственно функциональному руководителю (отделения, отдела, службы), с другой — менеджеру проекта, координирующему деятельность

ность работников по определенному направлению (проекту, теме). Данное свойство является крайне важными с точки зрения организации системного подхода по распределению ресурсов, в том числе фонда заработной платы [4].

Система оплаты труда непосредственных исполнителей работ должна быть увязана с системой планирования работ на предприятии и обеспечивать прямую зависимость уровня заработной платы исполнителей от объема и качества выполненной подразделением-исполнителем работы. Возможность получения данного результата обеспечивается путем взаимодействия планово-диспетчерских подразделений, экономических служб предприятия и дирекций проектов. Основным инструментом может выступать правильно настроенная система оперативно-календарного планирования, являющаяся частью общей системы тематического планирования и «конвертирующая» параметры общих плановых документов, бюджетов в конкретные объемно-временные параметры по каждому проекту для подразделений-исполнителей. Результатом работы такой системы является возможность:

- осуществления финансового контроля за ходом выполнения этапов работ по проекту;
- оперативного мониторинга уровня загрузки работами конкретного подразделения;
- формирования итоговых отчетных документов с указанием фактической трудоемкости и фондов оплаты труда по отделам (цехам), заказам.

Для разработки эффективного механизма формирования и внутреннего распределения ФОТ для подразделения-исполнителя произведем выбор СОТ (повременная; сдельная; комиссионная; система плавающих окладов; аккордная). В настоящее время на ВИП наибольшее распространение получила повременно-премиальная система оплаты труда. Основной ее принцип, в соответствии со ст. 129 ТК РФ, — к начисленной сумме заработной платы работника, определенной по должностному окладу (тарифной ставке, т. е. фиксированной части), добавляется премия (либо переменная часть или иные виды стимулирующих выплат), рассчитанная определенным образом к окладу (тарифной ставке) или к иному базовому показателю.

При наличии определенных недостатков, данный вид СОТ обладает целым рядом преимуществ, наилучшим образом, с точки зрения работодателя, проявляющихся при внешних рисковых воздействиях, а именно:

- обладает свойством структурной «гибкости», т. е. позволяет обеспечивать минимизацию обязательных (фиксированных) частей заработной платы при одновременном возможном (но не обязательном) увеличении доли переменной части ФОТ. Для руководителя предприятия возникает возможность осуществления «правового маневра», направленного на минимизацию расходов на оплату труда в данный период времени;
- способствует повышению мотивации работников за счет влияния фактора нефиксированной части заработной платы, напрямую зависящей от качества исполнения обязанностей конкретного работника и его вклада в общие результаты деятельности. Следствием этого является повышение производительности труда работников;
- характеризуется простотой в части расчетов ФОТ. Следовательно, повышается точность прогнозирования уровня ФОТ в зависимости от объемов работ в текущем временном периоде;
- позволяет рационально организовать работу в части формирования штатного расписания предприятия — и, таким образом, оптимизировать затраты в части ФОТ.

Таким образом, в условиях повременно-премиальной системы оплаты труда основным мотивирующим механизмом для работников является переменная часть заработной платы, которая, находясь в распоряжении вышестоящего руководителя, влияет на окончательный размер заработка для каждого работника. Для обеспечения прозрачности СОТ и снижения рисков конфликтных ситуаций в локальном акте предприятия важно закрепить критерии оценки (показатели эффективности) деятельности работников, определить периодичность выплат переменной части (ежемесячно/ежеквартально), а также удельный вес в общей структуре заработка в зависимости от категории работников.

Для руководителя подразделения-исполнителя работ в целях его дополнительной мотивации целесообразно включение в нефиксированную часть заработной платы следующих показателей:

- объемного показателя, характеризующего фактическое выполнение работ в отчетном периоде (мотивация направлена на непрерывное обеспечение работами и максимизацию загрузки своего подразделения). Через норматив образования данный показатель может быть конвертирован в ФОТ подразделения;

- количественного показателя, характеризующего интенсивность управляемской нагрузки на руководителя подразделения. В качестве такового может выступать показатель численности подчиненных работников.

Следовательно, формула расчета переменной части руководителю подразделения-исполнителя работ может иметь следующий вид:

$$\Pi_{ruk} = \left[ K_1 \frac{\Phi OT_1}{Y} (1 + K_2 \cdot \Psi) - \Phi OT_2 \right] \frac{T_{fact}}{T_{obsh}},$$

где  $\Pi_{ruk}$  — переменная часть заработной платы руководителя в текущем периоде, руб.;  $\Phi OT_1$  — фонд оплаты труда подразделения, сформированный в текущем периоде, руб.;  $\Psi$  — среднесписочная численность работников подразделения, чел.;  $K_1$ ,  $K_2$  — весовые коэффициенты (подбираются эмпирическим путем на основе статистической выборки);  $\Phi OT_2$  — окладно-надбавочный фонд руководителя подразделения, руб.;  $T_{fact}$  — количество дней, фактически отработанных руководителем подразделения в отчетном периоде;  $T_{obsh}$  — общее количество рабочих дней в отчетном периоде.

## Литература

- [1] Официальный информационный Портал Федеральной службы государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения 30.11.2021).
- [2] Информационно-управленческий портал «Экономика. Управление. Финансы». URL: <https://port-u.ru> (дата обращения 30.11.2021).
- [3] Земская Е.А., Кузнецова И.Д. Матричная структура управления предприятием в рыночной среде // Современные научноемкие технологии. 2008. № 4. Приложение. С. 22–27.
- [4] Дегтярев Ю.А., Бунак В.А. Современные подходы к формированию системы оплаты труда на научно-производственных предприятиях ОПК с учетом специфики организационной структуры управления // Экономика и управление в машиностроении. 2020. № 3. С. 20–23.

## **Modern Approaches to the Formation of a Remuneration System for Research and Production Enterprises of the Military-Industrial Complex, Taking into Account the Specifics of the Organizational Structure of Management**

**Degtyarev Yury Aleksandrovich**

yu\_degtyarev@mail.ru

*Moscow Aviation Institute (National Research University)*

*This article is devoted to the peculiarities of constructing material incentive systems for direct performers of work at high-tech innovative enterprises. The paper considers the relevance of the issue of creating such systems, modern approaches and ways of implementing their construction. Separately studied the problems of systems implementation, taking into account the specifics of building the organizational structure of enterprise management. The structural component of wages is considered, and mechanisms for the formation of its non-fixed part for the main performers of work are proposed.*

**Keywords:** material incentive system, high-tech innovative enterprise, wages, operational scheduling, organizational management structure, matrix management structure, variable part of wages

### **References**

- [1] Ofitsial'nyi informatsionnyi Portal Federal'noi sluzhby gosudarstvennoi statistiki [Official Information Portal of the Federal State Statistics Service]. Available at: <https://rosstat.gov.ru> (accessed November 30, 2021). (In Russ.).
- [2] Informatsionno-upravlencheskii portal "Ekonomika. Upravlenie. Finansy" [Information and management portal "Economics. Control. Finance"]. Available at: <https://port-u.ru> (accessed November 30, 2021). (In Russ.).
- [3] Zemskova E.A., Kuznetsova I.D. Matrichnaya struktura upravleniya predpriyatiem v rynochnoi srede [ Matrix structure of enterprise management in a market environment]. Sovremennye naukoemkie tekhnologii [Modern high technologies], 2008, no. 4, appendix, pp. 22–27. (In Russ.).
- [4] Degtyarev Yu.A., Bunak V.A. Sovremennye podkhody k formirovaniyu sistemy oplaty truda na nauchno-proizvodstvennykh predpriyatiyakh OPK s uchetom spetsifik organizatsionnoi strukturny upravleniya [Modern approaches to the formation of a remuneration system at research and production enterprises of the military-industrial complex, taking into account the specifics of the organizational structure of management]. Ekonomika i upravlenie v mashinostroenii [Economics and Management in Engineering], 2020, no. 3, pp. 20–23. (In Russ.).

УДК 65.012:629.7

## **Применение имитационного моделирования при управлении жизненным циклом помодульно распределенных систем авиационно-космической техники**

**Дианова Екатерина Владимировна**

dandev1977@mail.ru

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

**Калошина Марина Николаевна**

kabuc@mail.ru

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

*Рассмотрен новый подход к построению имитационной модели для помодульно распределенных систем управления жизненным циклом авиационно-космической техники, которые*

отвечают признакам: затратоемкость, дивергентность, динамичность. Предложен концептуальный подход к построению имитационных моделей, в которые интегрированы специфические отраслевые признаки, описывающей процесс управления жизненным циклом авиационно-космической техники с целью повышения эффективности и обоснованности процессов принятия управленческих решений в процессе создания и использования.

**Ключевые слова:** жизненный цикл, распределенная система, имитационная модель, авиационно-космическая техника

Управление жизненным циклом [1] создания технических систем является в настоящее время приоритетной безальтернативной проектной технологией в авиационно-космической отрасли. Математические методы [2] менеджмента при разработке перспективных видов техники позволяют систематизировать и формализовать управление жизненным циклом на основе сквозного циклического спирального принципа. Имитационное моделирование [3] при управлении жизненным циклом систем авиационно-космической техники предлагается применять для концепций их помодульного распределенного, унитарного и смешанного типа развития. Предлагается новый подход к построению имитационной модели для помодульно распределенных, унитарных и смешанных вариантов развития систем управления жизненным циклом авиационно-космической техники, которая отвечает таким признакам, которые позволяют характеризовать целевые связующие ориентиры как вероятностные, динамичные, микро- и макроуровневые, функциональные, структурно-иерархичные, непрерывные, системно-сituационные, корреляционно-регрессионные.

Предлагаемая имитационная модель применяется при управлении жизненным циклом создания сложной техники, в том числе помодульно распределенных [4–6] в соответствии со следующими принципами:

- **затратоемкость** — создание авиационно-космической техники является дорогостоящим процессом, любые тактические ошибки в управлении, особенно на ранних этапах исследований, приводят к значительным ресурсным потерям в будущем;
- **дивергентность** — вариативные поведенческие эксперименты для формирования аналитических моделей управления экономически не могут быть оправданы, или такие связи практически невозможно построить, так как система описывается множественной совокупностью разно размерных факторов, которые включают время, причинно-следственные связи, последствия воздействий, нелинейности, стохастические переменные;
- **динамичность** — управление жизненным циклом разворачивается во времени, что предполагает обязательную необходимость включения этого фактора в модель для обеспечения конвергенции поведения с реальными прогнозистическими событиями.

При построении имитационных моделей используют основные тактические приемы, для которых при управлении жизненным циклом создания помодульно распределенных, унитарных, смешанных типов развития систем авиационно-космической техники следует выделить следующие особенности построения.

1. Дискретно-событийное моделирование предполагает концентрацию на реперные события процесса создания и использования, которые характеризуются двумя фактами — завершение каждой стадии жизненного цикла и привязка к модулям технической системы, на которые декомпозирован проект.

2. Системно-динамическое моделирование основано на графической интерпретации процесса управления с последующим выявлением причинно-следственных связей и основных предпочтений векторе научного движения. При создании авиа-

онно-космической техники возможно дифференцированное применение графических схем помодульного распределенного, унитарного и смешанного типа развития.

3. Агентное моделирование используется для помодульно распределенных систем, которые имеют высокую степень организационно-поведенческой децентрализации, функциональной индивидуализации при общности стратегических целей развития в соответствии с определенными глобальными прорывными стратегиями создания авиационно-космической техники.

В результате исследования предложена концепция вероятностной, динамической имитационной модели, применяемой на микро- и макроуровне, имеющей структурно-иерархические, интегральные свойства, описывающей процесс управления жизненным циклом помодульно распределенных, унитарных, смешанных типов систем авиационно-космической техники с использованием системно-сituационных и корреляционно-регрессионный функций.

Предложенная концепция формирования имитационной модели представлена комбинацией оригинальных признаков: вероятность достигается путем виртуализации и получения интервального варианта результатов, которые показывают меру неопределенности процесса управления; совокупность корреляционно-регрессионных функций увязывают такие факторы как стоимость и технические характеристики конструкции (например, массу, а также параметры ее определяющие) для различных модулей иерархической структуры системы в целом на различных стадиях жизненного цикла; имитационная модель охватывает процесс управления непрерывно во времени, что реализуется с использованием интегральных функций; синтез микро- и макроуровней предлагается обеспечить за счет использования в качестве оценочных критериев удельные показатели, построенные на основе стоимости и трудоемкости выполнения исследований. Концепцию модели предлагается использовать для помодульно распределенных, унитарных, смешанных типов развития систем авиационно-космической техники. Дальнейшие исследования направлены на математическую формализацию, графическую интерпретацию и инструментальное описание предлагаемой имитационной модели.

Предлагаемые исследования направлены на повышение эффективности и обоснованности процессов управления жизненным циклом помодульно распределенных, унитарных и смешанных типов развития систем авиационно-космической техники с использованием имитационных моделей. В поддержку этого исследования авторами ранее были выполнены разработки по анализу специфических признаков авиационной отрасли как техногеноза, формированию методов управления научно-техническим заделом и проектными изменениями, разработке методов управления жизненным циклом реализации инновационных проектов и программ в распределенных системах, моделированию и применению удельных показателей в области проектного менеджмента.

*Доклад подготовлен при финансовой поддержке РФФИ.  
Проект № 20-010-00428.*

## **Литература**

- [1] Омельченко И.Н., Бром А.Е. Современные подходы к оценке жизненного цикла продукции // Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. 2013. № 2. С. 29–34.
- [2] Дроговоз П.А., Драгун Е.А. Обзор и классификация экономико-математических моделей оценки инновационного развития регионов России // Russian Economic Bulletin. 2019. Т. 2, № 5. С. 59–66.

- [3] Эльберг М.С., Цыганков Н.С. Имитационное моделирование. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2017. 128 с.
- [4] Давыдов А.Д., Горелов Б.А., Тихонов А.В. Задачи управления развитием помодульно распределенных систем авиационной техники // Экономика высокотехнологичных производств. 2020. № 1. С. 37–47.
- [5] Куприн И.Л., Давыдов А.Д., Виноградов С.М. Проблемы экономико-математического моделирования перспектив развития модульных ракетных комплексов // Вестник МАИ. 2010. № 4. С. 197–201.
- [6] Горелов Б.А., Давыдов А.Д., Силаев А.В., Тихонов А.В. Модели управления развитием распределенных технических систем // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2018. № 3. С. 92–103.

## **Application of Simulation Modeling in Life Cycle Management of Modularly Distributed Systems of Aerospace Technology**

**Danova Ekaterina Vladimirovna**

dandev1977@mail.ru

*Moscow Aviation Institute (National Research University)*

**Kaloshina Marina Nikolaevna**

kabuc@mail.ru

*Moscow Aviation Institute (National Research University)*

*The paper considers a new approach to the construction of a simulation model for modularly distributed life cycle management systems of aerospace technology, which meet the following features: cost intensity, divergence, dynamism. A conceptual approach to the construction of simulation models is proposed, in which specific industry features are integrated, describing the process of life cycle management of aerospace technology in order to increase the efficiency and validity of management decision-making processes in the process of creation and use.*

**Keywords:** life cycle, distributed system, simulation model, aerospace technology

*The paper was prepared with the financial support of the RFBR.*

*Project No. 20-010-00428.*

### **References**

- [1] Omelchenko I.N., Brom A.E. Sovremennye podkhody k otsenke zhiznennogo tsikla produktii [Modern approaches to product life cycle assessment]. Vestnik Volzhskogo universiteta im. V.N. Tatishcheva [Bulletin of the V.N. Tatishchev Volga State University], 2013, no. 2, pp. 29–34. (in Russ.).
- [2] Drogovoz P.A., Dragun E.A. Obzor i klassifikatsiya ekonomiko-matematicheskikh modelei otsenki innovatsionnogo razvitiya regionov Rossii [Review and classification of economic and mathematical models for assessing innovative development of Russian regions]. Russian Economic Bulletin, 2019, vol. 2, no. 5, pp. 59–66. (in Russ.).
- [3] El'berg M.S., Tsygankov N.S. Imitatsionnoe modelirovanie [Simulation modeling]. Krasnoyarsk, Sib. feder. un-t Publ., 2017, 128 p. (in Russ.).
- [4] Davydov A.D., Gorelov B.A., Tikhonov A.V. Zadachi upravleniya razvitiem pomodul'no raspredelenykh sistem aviationsionnoi tekhniki [Tasks of managing the development of modularly distributed systems of aircraft equipment]. Ekonomika vysokotekhnologichnykh proizvodstv [The economy of high-tech industries], 2020, no. 1, pp. 37–47. (in Russ.).
- [5] Kuprin I.L., Davydov A.D., Vinogradov S.M. Problemy ekonomiko-matematicheskogo modelirovaniya perspektiv razvitiya modul'nykh raketykh kompleksov [Problems of economic and mathematical modeling of prospects for the development of modular missile systems]. Vestnik MAI [Bulletin of MAI], 2010, no. 4, pp. 197–201. (in Russ.).

- [6] Gorelov B.A., Davydov A.D., Silaev A.V., Tikhonov A.V. Modeli upravleniya razvitiem raspredelennykh tekhnicheskikh sistem [Models for Managing the Development of Distributed Technical News of higher educational institutions]. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Mashinostroenie [News of higher educational institutions. Mechanical engineering], 2018, no. 3, pp. 92–103. (in Russ.).

УДК 338.1

## Подход к оценке эффективности интеграционных процессов в интегрированных промышленных структурах космической отрасли

Дробкова Оксана Сергеевна

odrobkova@yandex.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана

*Интеграция предприятий в состав холдингов и корпораций по-прежнему остается одним из эффективных способов их трансформации. Оценка эффективности интеграционных процессов является актуальной задачей при принятии управленических решений. В работе дан краткий обзор современного состояния Госкорпорации «Роскосмос» и предложен подход к оценке эффективности интеграционных процессов в составе интегрированной промышленной структуры.*

**Ключевые слова:** интеграция, интегрированная промышленная структура, космическая отрасль, Госкорпорация «Роскосмос»

### Введение

Рост интеграционных процессов, стремительное развитие новых технологий, государственная политика в сфере развития промышленности, поддержание баланса интересов, особенно в части социального и экологического аспекта требуют новых подходов в управлении интегрированными промышленными структурами. Управление развитием направлено на улучшение показателей в перспективе, изменение состава и корпоративной структуры, порядка функционирования, а также учет социальных эффектов, экологических эффектов, внеэкономических последствий развития. Современные интегрированные промышленные структуры обладают рядом преимуществ: возможности финансирования крупных проектов, НИОКР, получение экономии от масштаба, снижение затрат на управление, возможности перераспределения рисков, минимизация трансакционных издержек и сокращение неполноты данных, существенно более устойчивое финансовое положение. Эти преимущества относятся и к космической отрасли промышленности. Концентрация капитала в рамках интегрированной промышленной структуры является результатом вертикальной и горизонтальной интеграции. Рост активов происходит за счет объединений, слияний и поглощений компаний. Возникает необходимость оценки с одной стороны, эффективности интеграционных процессов в составе интегрированной промышленной структуры, с другой стороны, целесообразности интеграции нового предприятия в состав существующей промышленной структуры. При реализации интеграции происходит оптимизация кооперационных цепочек между предприятиями интегрированной промышленной структуры, учет баланса интересов основных участников (стейкхолдеров) и экологического аспекта.

## **Современное состояние госкорпорации «Роскосмос»**

Государственная корпорация «Роскосмос» является стратегически важной структурой в экономике Российской Федерации. Ключевая задача деятельности ГК «Роскосмос» — формирование экономически устойчивой, развивающейся по инновационному пути, конкурентоспособной, диверсифицированной ракетно-космической отрасли и занимающей достойное место на мировом космическом рынке [1]. В настоящее время общемировым трендом является цифровизация, внедрение технологий искусственного интеллекта и сервисов анализа больших данных. Госкорпорация «Роскосмос» проводит политику преобразования ракетно-космической отрасли РФ и продолжает реализацию стратегии цифровой трансформации, предусмотренную на период до 2025 г. и перспективу до 2030 г. Реализация стратегии предполагает три этапа: пуск (период 2020–2021 гг.), зажигание (период 2022–2025 гг.), подъем (период 2026–2030 гг.). В рамках каждого из этапов будут реализованы проекты и мероприятия по направлениям, определенных стратегией и которые позволят провести цифровизацию систем управления, производства, корпоративной культуры, продуктов и сервисов, управления данными. Реализация данных проектов направлена на достижение основных стратегических показателей цифровой трансформации и оказание содействия в повышении эффективности деятельности предприятий, входящих в состав ГК «Роскосмос».

Следует отметить положительную динамику в деятельности корпорации. По данным отчета за 2020 год разработаны основные документы стратегического планирования, утвержден детальный план-график реализации госпрограммы на 2021–2022 гг., проведено 17 безаварийных пусков, запущено 140 космических аппаратов, из которых 18 — социальнно-экономического назначения, 119 — коммерческого назначения, 3 — военного назначения [2]. Выручка составила 337,1 млрд руб., чистая прибыль — 292,633 млн руб.

Несмотря на положительные моменты существует ряд проблем, основные из которых финансирование космической программы, управление структурой научно-производственной кооперации, формирование состава и распределение функций.

В состав ГК «Роскосмос» входят подведомственные предприятия, учреждения, акционерные общества и их дочерние организации, в которых корпорация имеет возможность определять принимаемые этими организациями решения.

Реализация стратегии предусматривает также интеграцию предприятий в состав ГК «Роскосмос» и выбытие неэффективных активов. Интеграция предприятий в состав интегрированной промышленной структуры по-прежнему остается одним из эффективных способов трансформации и реорганизации, качественного развития, а также повышения стоимости на рынке. Данная работа является продолжением работы [3]. Организационно-экономическому проектированию интегрированных промышленных структур посвящены работы [4, 5].

## **Подход к оценке эффективности интеграционных процессов**

В основе интеграции как инструмента повышения эффективности развития предприятий космической отрасли лежит эффективное и компетентное управление составом и структурой корпорации, развитие производственных сетей, координация и контроль взаимодействия. Возникает необходимость оценки с одной стороны, уровня интеграции, эффективности интеграционных процессов в составе интегрированной промышленной структуры, с другой стороны, корпоративной эффективности и взаимодействия.

Оценка эффективности интеграционных процессов проводится в три этапа. Первым этапом является расчет индекса промышленной интеграции ( $IPI$ ). Вторым этапом является расчет коэффициента корпоративной эффективности ( $KE$ ). На третьем этапе проводится сопоставление полученных показателей. Данные представляются в виде матрицы, где по оси  $X$  откладывается значение индекса  $IPI$  предприятий, а по  $Y$  — значения коэффициента корпоративной эффективности  $KE$  предприятий. По результатам формирования матрицы, характеризующей состояние всех предприятий в составе интегрированной промышленной структуры, можно сделать вывод о текущей ситуации и эффективности интеграционных процессов. На матрице выделяются области эффективности ( $E$ ), компромиссной эффективности ( $E_k$ ) и неэффективности ( $NE$ ).

Для расчета индекса промышленной интеграции ( $IPI$ ) использованы в качестве основных переменных:  $Z_1$  — блок оценки инновационного потенциала;  $Z_2$  — блок оценки уровня зрелости предприятий;  $Z_3$  — блок оценки трудовых факторов;  $Z_4$  — блок оценки взаимодействия с внешними стейкхолдерами;  $Z_5$  — экологические факторы. Данный подход предполагает системный анализ нескольких направлений развития исследуемого предприятия по блокам интеграции путем расчета индексов  $Z_i$ .

В качестве параметров для оценки блока инновационного потенциала могут использоваться следующие: интеллектуальная собственность в форме нематериальных активов, количество завершенных НИОКР, научно-технический задел и др. Для оценки уровня зрелости предприятий используются параметры: корпоративная культура, стиль сотрудничества, степень общности заявленных стратегических целей и задач и др. Следующий блок оценки трудовых параметров включает темп изменения среднесписочной численности персонала, темп изменения выбывших сотрудников, средний срок работы сотрудников в компании, наличие программ повышения квалификации, наличие социальных программ и др. В качестве параметров для оценки блока взаимодействия с внешними стейкхолдерами используются следующие: индивидуальные встречи со стейкхолдерами, лидерами общественного мнения или представителями организаций; консультативные и контрольные комитеты со стейкхолдерами и др. Параметры, используемые для оценки экологического блока, представляют собой оценку темпов затрат на природоохранные мероприятия и экологию (экологические сборы), наличие экологических процедур, наличие ресурсосберегающих технологий.

Оценка параметров предприятия производится с использованием двоичной системы по блокам. Параметры оценки того или иного фактора делятся на количественные (в случае, положительной динамики присваивается 1, отрицательной — 0) и качественные (наличие параметра — 1, отсутствие — 0).

Фактическое состояние исследуемого объекта обозначается  $AC$  (*Actual condition*) и определяется суммированием показателей отдельно по  $AC$ .

Для оценки блоков интеграции предложено использовать следующую формулу:

$$Z_i = \frac{\sum_{j=1}^m AC}{m}, \quad (1)$$

где  $AC$  — фактическая ситуация исследуемого предприятия  $i$ -го блока интеграции;  $m$  — количество факторов и параметров по каждому блоку интеграции;  $Z_i$  — блок интеграции, [1, 4].

Индекс промышленной интеграции ( $IPI$ ) представляет собой функциональную зависимость от  $Z$  и рассчитывается по формуле

$$IPI = K_1 Z_1 + K_2 Z_2 + K_3 Z_3 + K_4 Z_4 + K_5 Z_5, \quad (2)$$

где  $K_1 — K_5$  — весовые коэффициенты, рассчитанные экспертным путем;  $Z_1—Z_5$  — значение блоков интеграции.

Если полученное значение индекса промышленной интеграции более 0,5, то уровень интеграции оценивается как эффективный.

Расчет коэффициента корпоративной эффективности позволяет выявить, какие предприятия в составе интегрированной промышленной структуры вносят наибольший вклад в деятельность корпорации. Опираясь на исследования в работе [6], применяется следующая формула расчета коэффициента корпоративной эффективности предприятия:

$$KE_a = \frac{dP_n}{dA_n}, \quad (3)$$

где  $dP_n$  — доля чистой прибыли предприятия в совокупной прибыли интегрированной промышленной структуры;  $dA_n$  — доля активов предприятия в активах интегрированной промышленной структуры.

Таким образом, предприятие с большим значением коэффициента корпоративной эффективности вносит больший вклад, а предприятие с малым значением коэффициента — меньший.

Возможна ситуация, когда предприятие с меньшим значением коэффициента корпоративной эффективности обладает уникальной технологией или является незаменимым элементом в технологической цепочке интегрированной промышленной структуры, тогда нельзя говорить о незначительном вкладе в корпорацию. Для разрешения данной ситуации предлагается сопоставлять индекс промышленной интеграции ( $IPI$ ), учитывающий нефинансовые аспекты, с коэффициентом корпоративной эффективности ( $KE$ ). По результатам формирования матрицы, состоящей из четырех областей, можно выявить предприятия, попавшие в сегмент неэффективности и разработать мероприятия по улучшению ситуации.

В работе [6] также указывается на важность оценки эффективности технологической цепочки. Необходимо определить насколько эффективно реализуются кооперационные связи (технологические цепочки) в составе интегрированной промышленной структуры, а также всей структуры в целом. Расчет коэффициента взаимодействия ( $KV$ ) проводится по следующей формуле

$$KV = \frac{E_z}{E_{sr}}, \quad (4)$$

где  $E_z$  — интегральная эффективность технологической цепочки;  $E_{sr}$  — среднее хронологическое (экономическое) значение показателей эффективности отдельных предприятий.

В отличие от работы [6] предлагается применять в качестве расчетного показателя эффективности рентабельность продаж вместо рентабельности активов. По результатам апробации можно сделать вывод о деятельности предприятий в качестве технологической цепочки. Эффективность подтверждается, если значение коэффициента взаимодействия равно или больше 1.

Важно изучать коэффициент взаимодействия в динамике, а также проводить факторный анализ с целью выявления изменений, наиболее повлиявших на него.

Для оценки целесообразности интеграции нового предприятия в состав интегрированной промышленной структуры также проводится расчет индекса промышленной интеграции и коэффициент корпоративной эффективности с учетом масштаба.

В основе расчета показателей заложен метод мультипликаторов. По результатам проведенной оценки принимается решение о целесообразности/нецелесообразности интеграции предприятия в состав интегрированной промышленной структуры.

Данный подход может выступать в качестве инструмента исследования эффективности интеграционных процессов в составе интегрированной промышленной структуры, целесообразности интеграции предприятия в состав промышленного комплекса, позволяет определить направления улучшений по блокам интеграции и возможности перехода на новый уровень развития.

### **Применение подхода к оценке уровня интеграции в интегрированных промышленных структурах космической отрасли**

Стратегией предусмотрена трансформация ГК «Роскосмос», в рамках которой проводится реорганизация предприятий, сделки слияний и поглощений, передача активов в доверительное управление и реализация совместных предприятий. В 2020 г. осуществлена государственная регистрация АО «ОКБ «Факел» и АО «ЦЭНКИ», созданных посредством преобразования подведомственных Госкорпорации «Роскосмос» федеральных государственных унитарных предприятий [2]. Акции АО «ОКБ «Факел» и АО «ЦЭНКИ» в размере 100 % переданы в собственность Госкорпорации «Роскосмос». Апробация расчета показателя *IPI* подтверждает эффективность процессов в рамках интегрированной промышленной структуры, значения индекса промышленной интеграции АО «ОКБ «Факел» и АО «ЦЭНКИ» 0,69 и 0,72 соответственно. Деятельность ГК «Роскосмос» являются достаточно закрытой областью, в связи с данной ситуацией невозможно представить все расчетные данные. В отчете за 2020 г. дается информация о неденежном эффекте, связанным с процессом передачи акций предприятий, находящихся в собственности корпорации в дочерние холдинги и выбытие неэффективных финансовых активов.

### **Заключение**

Госкорпорация «Роскосмос» имеет особое значение для экономики РФ, обеспечивает спутниковую связь и навигацию, мониторинг объектов. Предложенный подход к оценке эффективности интеграционных процессов в составе интегрированной промышленной структуры, отличающийся комплексным учетом факторов по блокам оценки: инновационного потенциала, уровня зрелости, трудовых факторов, взаимодействия с внешними стейкхолдерами, экологическом и в зависимости от полученных значений индекса промышленной интеграции (*IPI*) и сопоставлением с коэффициентом корпоративной эффективности предприятия, позволяет сформировать рациональную структуру корпорации, при которой обеспечивается максимизация экономической эффективности.

### **Литература**

- [1] Общая информация и структура Госкорпорации // Официальный сайт Госкорпорации «Роскосмос». URL: <https://www.roscosmos.ru/219/> (дата обращения 27.12.2021).
- [2] Годовой отчет Государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос» за 2020 г. // Официальный сайт Госкорпорации «Роскосмос». URL: [https://www.roscosmos.ru/media/files/2021/SEP/roskosmos\\_go-2020\\_.pdf](https://www.roscosmos.ru/media/files/2021/SEP/roskosmos_go-2020_.pdf) (дата обращения 27.12.2021).

- [3] Drogovoz P.A., Filobokova L.Yu., Drobkova O.S. An approach to the integration-balanced management of industrial complexes development in the space industry // XLIV Academic Space Conference. AIP Conference Proceedings. 2021. Vol. 2318. Art. ID 070004. DOI: 10.1063/5.0035927
- [4] Дроговоз П.А. Организационно-экономическое проектирование бизнес-архитектуры научно-емкого промышленного предприятия. М.: Ваш формат, 2018. 108 с.
- [5] Дроговоз П.А., Куликов С.А., Ралдугин О.В. Опыт развития инструментов стратегического анализа интегрированных структур ОПК с использованием технологии нейросетевого картирования // Вестник Академии военных наук. 2016. № 1. С. 113–122.
- [6] Ильенкова С.Д., Гохберг Л.М., Ягудин С.Ю. Инновационный менеджмент. М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1997. 327 с.

## **Approach to Assessment of Efficiency Integration Processes in Integrated Industrial Structures of the Space Industry**

**Drobkova Oksana Sergeevna**

odrobkova@yandex.ru

**BMSTU**

*The integration of enterprises into holdings and corporations remains one of the most effective ways of their transformation. Evaluation of the effectiveness of integration processes is an urgent task when making managerial decisions. The paper provides a brief overview of the current state of the Roscosmos Group of Companies and suggests an approach to assessing the effectiveness of integration processes as part of an integrated industrial structure*

**Keywords:** *integration, integrated industrial structure, space industry, Roscosmos State Corporation*

### **References**

- [1] Obshchaya informatsiya i struktura Goskorporatsii [General information and structure of the State Corporation]. Ofitsial'nyi sait Goskorporatsii "Roskosmos" [Official website of the State Corporation "Roscosmos"]. Available at: <https://www.roscosmos.ru/219/> (accessed December 27, 2021). (In Russ.).
- [2] Godovoi otchet Gosudarstvennoi korporatsii po kosmicheskoi deyatel'nosti «Roskosmos» za 2020 g. [Annual report of the State Corporation for Space Activities "Roscosmos" for 2020]. Ofitsial'nyi sait Goskorporatsii "Roskosmos" [Official website of the State Corporation "Roscosmos"]. Available at: [https://www.roscosmos.ru/media/files/2021/SEP/roskosmos\\_go-2020\\_.pdf](https://www.roscosmos.ru/media/files/2021/SEP/roskosmos_go-2020_.pdf) (accessed December 27, 2021). (In Russ.).
- [3] Drogovoz P.A., Filobokova L.Yu., Drobkova O.S. An approach to the integration-balanced management of industrial complexes development in the space industry. XLIV Academic Space Conference, AIP Conference Proceedings, 2021, vol. 2318, art. ID 070004. DOI: 10.1063/5.0035927
- [4] Drogovoz P.A. Organizational and economic design of the business architecture of a high-tech industrial enterprise. Moscow, Vash format Publ., 2018, 108 p. (In Russ.).
- [5] Drogovoz P.A., Kulikov S.A., Ral'dugin O.V. Opyt razvitiya instrumentov strategicheskogo analiza integrirovannykh struktur OPK s ispol'zovaniem tekhnologii neirosetevogo kartirovaniya [Experience in the development of tools for strategic analysis of integrated defense industry structures using neural network mapping technology]. Vestnik Akademii voennykh nauk [Bulletin of the Academy of Military Sciences], 2016, no. 1, pp. 113–122. (In Russ.).
- [6] Il'enkova S.D., Gokhberg L.M., Yagudin S.Yu. Innovatsionnyi menedzhment [Innovation management]. Moscow, Banki i birzhi, YuNITI Publ., 1997, 327 p. (In Russ.).

УДК 004.056.5:339.3

## Кибербезопасность в международной космической индустрии: кооперативно-игровой подход к гармонизации экономических интересов стейкхолдеров

**Дроговоз Павел Анатольевич**

[drogovoz@bmstu.ru](mailto:drogovoz@bmstu.ru)

*МГТУ им. Н.Э. Баумана*

**Коренькова Дарья Александровна**

[korenkova.bmstu@gmail.com](mailto:korenkova.bmstu@gmail.com)

*МГТУ им. Н.Э. Баумана*

**Павлов Михаил Александрович**

[mikhail.pavlov.mgimosgp@gmail.com](mailto:mikhail.pavlov.mgimosgp@gmail.com)

*МГИМО МИД России*

*Предложен подход к гармонизации экономических интересов стейкхолдеров проектов обеспечения кибербезопасности в международной космической индустрии. Отличительная особенность подхода состоит в постановке кооперативной игры с трансферабельными полезностями и ее решении в (0-1)-редуцированной форме с поиском центроида ядра и вектора Шепли, что позволяет найти количественные значения параметров коалиционного взаимодействия участников государственно-частного партнерства исходя из экономических показателей общественной и коммерческой эффективности реализуемых проектов.*

**Ключевые слова:** кибербезопасность, международная космическая деятельность, государственно-частное партнерство, стейкхолдеры, теория игр

Актуальность темы настоящего исследования определяется нарастанием киберугроз в сфере международной космической деятельности, которые обусловлены комплексом взаимосвязанных технологических и организационно-экономических факторов. Расширение функциональности и усложнение программных компонентов космических аппаратов и наземной космической инфраструктуры повышает их потенциальную уязвимость к сторонним вмешательствам [1]. Еще в 1998 году хакерам удалось перехватить управление американско-немецким астрономическим спутником ROSAT и вывести его из строя, изменив положение солнечных панелей. В 1999 г. хакеры получили контроль над группировкой британских спутников SkyNet, изменили их положение и затребовали выкуп у владельцев [2].

В настоящее время миниатюризация и удешевление электронных компонентов значительно снизили барьеры входа в международный космический бизнес. Сравнительно небольшие технологические стартапы получают возможность иметь собственные низкоорбитальные спутники для предоставления своим клиентам цифровых сервисов и платформенных бизнес-решений в сфере телекоммуникаций, навигации, дистанционного зондирования и в других областях [3]. Вместе с тем ограниченные бюджеты не позволяют таким компаниям обеспечить высокий уровень кибербезопасности своих космических активов. Это создает угрозы для других участников рынка космических услуг, поскольку перехват управления (control hacking) спутником и его перемещение в пространстве может нанести серьезный ущерб другим космическим системам [4].

За последнее десятилетие было зафиксировано растущее число киберинцидентов в космической индустрии, включая выведение из строя датчиков космических систем, отправку команд управления спутникам, внедрение вредоносного программно-

го кода и DDoS-атаки на объекты космической инфраструктуры. Эти проблемные ситуации вывели обеспечение космической кибербезопасности в один из приоритетов международной повестки. Меры по обеспечению глобальной киберустойчивости в космической индустрии неоднократно обсуждалась на профильных форумах и конференциях высокопоставленными официальными лицами. На конференции Cyber Polygon 2021 премьер-министр РФ М. Мишустин заявил о том, что вопросы кибербезопасности выходят на передний план и необходимо защитить от возможных атак космические аппараты и наземные станции, а также обеспечить безопасность передачи данных [5]. Ведущие страны мира предпринимают масштабные инициативы в этой области. В 2020 году в США была опубликована директива SPD-5, содержащая базовый свод правил обеспечения кибербезопасности космических аппаратов и систем, а также сетей связи, создаваемых и эксплуатируемых государственными агентствами США и частными компаниями [6].

Спецификой обеспечения кибербезопасности в международной космической индустрии является формирование государственно-частного партнерства [7] для эффективной коммуникации и сотрудничества между органами государственного управления, предпринимательскими структурами, организациями-эксплуатантами и другими заинтересованными сторонами — стейкхолдерами (stakeholders) [8]. В математически formalизованном виде эти вопросы сводятся к теоретико-игровой задаче поиска параметров эффективного взаимодействия трех типов стейкхолдеров — публичного партнера, частного партнера и пользователей разрабатываемых цифровых продуктов, обеспечивающих гармонизацию их экономических интересов (interests) [9].

Под экономическими интересами стейкхолдеров будем понимать их индивидуальные цели, требования, пожелания, в отношении результатов реализации портфеля проектов цифровой трансформации. Интересы имеют слабо formalизованный характер и различную степень согласованности — полностью или частично совпадают либо являются конфликтующими. Введем понятие гармонизации экономических интересов стейкхолдеров как formalизованной процедуры разрешения противоречий между заинтересованными сторонами, обеспечивающей их коалиционное взаимодействие. Гармонизация реализуется путем унификации, координации, упорядочения действий стейкхолдеров и обеспечивает компромисс и приемлемые для каждого уровня удовлетворения экономических интересов.

Задача гармонизации экономических интересов стейкхолдеров ставится применительно к обоснованию параметров коалиционного взаимодействия участников государственно-частного партнерства по обеспечению кибербезопасности в космической индустрии и сводится к кооперативной игре с трансферабельными полезностями («задаче о джаз-оркестре») [10]. Такая теоретико-игровая модель предполагает действия нескольких субъектов экономики («игроков») для достижения общей цели и осуществление справедливого распределения («дележка») полученного совместного продукта («выигрыша»). Игроками являются институциональные стейкхолдеры: публичный партнер (1), частный партнер (2) и потенциальный пользователь цифровых продуктов, созданных путем коммерциализации результатов космической деятельности (3).

Проектирование функции выигрышей для всех субъектов пгосударственно-частного партнерства должно учитывать прирост локальной полезности для игроков при участии в командной игре. Обычно эти механизмы моделируются на основе стимулов, оформляемых при помощи контрактов между участниками. Если рассматривать экономическое содержание контракта с позиции теории игр, то его можно пред-

ставить в качестве комплекса правил игры, описывающих механизмы взаимодействия и коммуникации участников в виде наборов стимулов и санкций для достижения наибольшей совокупной ценности.

Согласно модели агентских контрактов, управление ожиданиями непосредственно направлено на минимизацию информационной асимметрии и максимизацию эффективности сотрудничества. Сделка осуществляется таким образом, чтобы у заказчика была максимальная информация о качестве приобретаемой им услуги, а у исполнителя — долгосрочная заинтересованность в полноценном сотрудничестве с заказчиком. Управление ожиданиями минимизирует транзакционные издержки, связанные с разрешением спорных моментов, с риском конфликтов, с обращением к третьим лицам и правовым институтам:

- информационное сопровождение сделки (предконтрактная фаза), которое включает не только рекламу, но и деловые визиты, переговоры и поиск сведений об аналогичных сделках и их участниках;

- переговорное сопровождение сделки (контрактная фаза), которое включает все операции по составлению и заключению договоров (от непосредственных юридических до коммуникационных и делопроизводства).

- защитное обслуживание сделки (постконтрактная фаза), в которое входят действия по мониторингу, контролю и защите состояния договора со своей стороны, стороны партнеров и стороны прочих лиц.

Оценка экономических интересов стейххолдеров проектов обеспечения кибербезопасности осуществляется в форме показателей чистой приведенной стоимости (Net Present Value, NPV): бюджетной эффективности для публичного партнера (1); коммерческой эффективности участия в проекте для частного партнера (2); внешней эффективности в форме экстерналий (externalities) для потенциального пользователя цифровых продуктов. Для расчета этих показателей следует использовать инструментальные методы, методики и экономико-математические модели оценки инвестиций в условиях неопределенности и рисков.

Далее задается множество игроков  $N$  (большая коалиция — grand coalition) и характеристическая функция  $v$ , сопоставляющая каждому подмножеству игроков  $S \subseteq N$  (коалиции — coalition) выигрыш  $v(S) \in \mathbb{R}$  в виде совместного продукта, который может быть разделен между игроками любым способом. Рассматриваются супераддитивные (superadditive) игры, в которых совместные выигрыши любых непересекающихся коалиций  $S$  и  $Q$  составляют не менее суммы их выигрышей по отдельности:

Выигрыши публичного партнера (1), частного партнера (2) и пользователей разрабатываемых цифровых продуктов (3) задаются следующим образом

- $v(1), v(2), v(3)$  — индивидуальные выигрыши стейххолдеров. Принимается, что  $v(3) = 0$ , поскольку пользователь является пассивным игроком и самостоятельно проекты не реализует. При оценке  $v(1)$  и  $v(2)$  предполагается, что проекты обеспечения кибербезопасности реализуются исключительно для повышения эффективности внутренних бизнес-процессов в организациях государственного (1) и частного сектора (2) и не имеют эффекта масштаба в экономике;

- $v(12), v(23), v(13)$  — локальные выигрыши парных коалиций. Принимается, что  $v(12)$  характеризует исключительно внутренние экономические эффекты от государственно-частного партнерства в адрес публичного и частного партнеров. Выигрыш  $v(13)$  характеризует общественную эффективность проекта обеспечения кибербезопасности в форме внешних эффектов в адрес широкого круга пользователей.

Выигрыш  $v(23)$  характеризует коммерческую эффективность для частного партнера при условии масштабирования результатов проекта на широкий круг пользователей, создание цифровых экосистем и рынков, без участия органов государственного управления;

•  $v(123)$  — глобальный выигрыш большой коалиции стейкхолдеров, характеризующий коммерческую и общественную эффективность.

Далее выполняется редуцирование и решение кооперативной игры. В общем случае решение осуществляется двумя методами:

- во-первых, путем поиска ядра (core) как множества рациональных дележей, при этом учитываются условия коллективной рациональности (Парето-оптимальности) — весь выигрыш полностью распределяется между игроками в виде платежей и индивидуальной рациональности (отсутствия сепаратистских тенденций) — платежи любого игрока по результатам участия в большой коалиции всегда будут больше выигрыша  $v(S)$  любой возможной коалиции  $S$ ;

- во-вторых, путем поиска вектора Шепли (Shapley value) как единственного рационального дележа, при котором каждый  $i$ -ый игрок получает платеж, соответствующий математическому ожиданию его вклада в большую коалицию при ее формировании в случайном порядке.

Выбор метода поиска ядра или вектора Шепли осуществляется исходя из следующих оснований. Концепция ядра следует принципу эгалитаризма, т. е. равенства всех игроков и обеспечения «справедливого» компромисса их интересов. Вектор Шепли следует принципу утилитаризма, т. е. дележа результатов исходя из вкладов игроков. Исходя из этих характеристик, принимается, что для оценки проектов обеспечения кибербезопасности, инициируемых организациями предпринимательского сектора экономики, следует использовать вектор Шепли, а для проектов из государственного сектора — концепцию ядра кооперативной игры.

Необходимо отметить, что существенным недочетом теоретико-игровой абстракции является предположение о рациональном поведении участников лишь с одной целью максимизации общего выигрыша. Для формирования более реалистичной модели необходимо учесть:

- существование неэкономических целей и субъективных эмоциональных интересов стейкхолдеров, их влияние друг на друга;
- изменение правил взаимодействия и динамических свойств самого выигрыша, так как при работе с большим портфелем проектов, отдельные работы могут приостанавливаться, отменяться, переноситься и т. п.;
- неопределенность и сложность при групповом принятии решений.

На базе предложенного подхода к гармонизации экономических интересов стейкхолдеров представляется возможным построить модель управления ожиданиями заинтересованных сторон проектов обеспечения кибербезопасности в международной космической индустрии:

- проект характеризуется из сетью взаимоотношений с внутренними и внешними заинтересованными сторонами;
- взаимоотношения основаны на возможностях влияния заинтересованных сторон на процесс принятия решений по управлению проектной деятельностью;
- связи между субъектами состоят из процессов коммуникации (социальный отношений) и объектов взаимодействия (контрактов и договоров);
- влияние и требования каждой заинтересованной стороны учитываются и максимально возможно удовлетворяются;

- анализ взаимоотношений со стейкхолдерами выполняется для принятия обоснованных управленческих решений целевой группой (высшим руководством).

Ключевой задачей управления ожиданиями является установление наибольшего количества интенсивных связей со стейкхолдерами проектов. В результате формируется сетевая модель взаимодействия субъектов проектов обеспечения кибербезопасности в международной космической индустрии и с учетом управления ожиданиями наиболее значимых стейкхолдеров — публичного партнера, частного партнера и пользователей цифровых продуктов.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-010-00788 «Разработка фундаментальных основ и практических положений применения результатов космической деятельности в народном хозяйстве с целью стимулирования роста ВВП Российской Федерации».*

## Литература

- [1] Себекин С. Кибербезопасность космической инфраструктуры: векторы развития международного сотрудничества // ПИР-Центр. 30.08.2020. URL: <http://www.pircenter.org/blog/view/id/423> (дата обращения 10.12.2021).
- [2] Tucker P. The NSA Is Studying Satellite Hacking // Defense One. 20.09.2019. Available at: <https://www.defenseone.com/technology/2019/09/nsa-studying-satellite-hacking/160009/> (accessed December 10, 2021).
- [3] Шиболденков В.А., Подрезов А.С. Разработка модели оценки экономического эффекта от формирования интегративных, сетевых и платформенных отраслевых структур // XLV Академические чтения по космонавтике (Королёвские чтения — 2021): сб. тез.: в 4 т. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021. Т. 2. С. 162–164.
- [4] Космическая кибербезопасность — новая отрасль индустрии? // SATCOMRUS. 20.10.2020. URL: <https://satcomrus.ru/analytics/page880/> (дата обращения 10.12.2021).
- [5] Мишустин заявил о необходимости защитить от кибератак космические аппараты и данные // ТАСС. URL: <https://tass.ru/kosmos/11864853> (дата обращения 10.12.2021).
- [6] В США опубликован свод правил кибербезопасности космических систем // Красная весна. URL: <https://rossaprimavera.ru/news/99c447cc> (дата обращения 10.12.2021).
- [7] Акульшин Н.П., Кашеварова Н.А. Перспективы развития государственно-частного партнерства в космической отрасли России // XLV Академические чтения по космонавтике (Королёвские чтения — 2021): сб. тез.: в 4 т. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021. Т. 2. С. 99–101.
- [8] Дроговоз П.А., Коренькова Д.А. Применение нечеткого метода комбинаторной оптимизации для формирования портфеля проектов коммерциализации результатов космической деятельности // XLV Академические чтения по космонавтике (Королёвские чтения — 2021): сб. тез.: в 4 т. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2020. Т. 2. С. 104–107.
- [9] Коренькова Д.А. Теоретико-игровое моделирование процессов взаимо-действия стейкхолдеров при управлении комплексными ИТ-проектами // Аудит и финансовый анализ. 2019. № 6. С. 227–233.
- [10] Маракулин В.М. Элементы теории кооперативных игр / Институт математики им. С.Л. Соболева СО РАН. URL: <http://www.math.nsc.ru/~mathecon/Marakulin/CooGAMES.pdf> (дата обращения 10.12.2021).

## Cybersecurity in the International Space Industry: A Cooperative-Game Approach to Harmonizing the Economic Interests of Stakeholders

Drogovoz Pavel Anatolyevich

drogovoz@bmstu.ru

BMSTU

Korenkova Daria Aleksandrovna

korenkova.bmstu@gmail.com

BMSTU

Pavlov Mikhail Aleksandrovich

mikhail.pavlov.mgimosgp@gmail.com

MGIMO University

An approach to harmonizing the economic interests of stakeholders in cybersecurity projects in the international space industry is proposed. A distinctive feature of the approach is the formulation of a cooperative game with transferable utilities and its solution in the (0-1) -reduced form with the search for the core centroid and the Shapley vector, which makes it possible to find the quantitative values of the parameters of the coalition interaction of the participants in the public-private partnership based on economic indicators social and commercial efficiency of the projects being implemented.

**Keywords:** cybersecurity, international space activities, public-private partnership, stakeholders, game theory

The reported study was funded by RFBR, project No. 20-010-00788.

### References

- [1] Sebekin S. Kiberbezopasnost' kosmicheskoi infrastruktury: vektory razvitiya mezhdunarodnogo sotrudничestva [Cybersecurity of space infrastructure: vectors for the development of international cooperation]. PIR-Tsentr. 08/30/2020. Available at: <http://www.pircenter.org/blog/view/id/423> (accessed December 10, 2021). (In Russ.).
- [2] Tucker P. The NSA Is Studying Satellite Hacking. Defense One. 20/09/2019. Available at: <https://www.defenseone.com/technology/2019/09/nsa-studying-satellite-hacking/160009/> (accessed December 10, 2021).
- [3] Shiboldenkov V.A., Podrezov A.S. Razrabotka modeli otsenki ekonomiceskogo effekta ot formirovaniya integrativnykh, setevykh i platformennykh otraspelykh struktur [Development of a model for assessing the economic effect of the formation of integrative, network and platform industry structures]. XLV Akademicheskie chteniya po kosmonavtike (Korolevskie chteniya — 2021) [XLV Academic Readings on cosmonautics (Korolev Readings — 2021)]: collection of abstracts: in 4 vols. Moscow, BMSTU Press, 2020, vol. 2, pp. 162–164. (In Russ.).
- [4] Kosmicheskaya kiberbezopasnost' — novaya otrasl' industrii? ]Is space cybersecurity a new industry?]. SATCOMRUS. 20/10/2020. Available at: <https://satcomrus.ru/analytics/page880/> (accessed December 10, 2021). (In Russ.).
- [5] Mishustin zayavil o neobkhodimosti zashchitit' ot kiberatak kosmicheskie apparaty i dannye [Mishustin announced the need to protect spacecraft and data from cyberattacks]. TASS Available at: <https://tass.ru/kosmos/11864853> (accessed December 10, 2021). (In Russ.).
- [6] V SShA opublikovan svod pravil kiberbezopasnosti kosmicheskikh sistem [A set of rules for the cybersecurity of space systems has been published in the United States]. Krasnaya Vesna. Available at: <https://rossaprimavera.ru/news/99c447cc> (accessed December 10, 2021). (In Russ.).
- [7] Akulshin N.P., Kashevarova N.A. Prospects for the development of public-private partnerships in the space industry of Russia [Prospects for the development of public-private partnerships in the space industry of Russia]. XLV Akademicheskie chteniya po kosmonavtike (Korolevskie cht-

- eniya — 2021) [XLV Academic Readings on cosmonautics (Korolev Readings — 2021)]: collection of abstracts: in 4 vols. Moscow, BMSTU Press, 2020, vol. 2, pp. 99–101. (In Russ.).
- [8] Drogovoz P.A., Koren'kova D.A. Primenenie nechetkogo metoda kombinatornoi optimizatsii dlya formirovaniya portfelya proektov kommersializatsii rezul'tatov kosmicheskoi deyatel'nosti [The use of a fuzzy method of combinatorial optimization for the formation of a portfolio of projects for the commercialization of the results of space activities]. XLV Akademicheskie chteniya po kosmonavtike (Korolevskie chteniya — 2021) [XLV Academic Readings on cosmonautics (Korolev Readings — 2021)]: collection of abstracts: in 4 vols. Moscow, BMSTU Press, 2020, vol. 2, pp. 104–107. (In Russ.).
- [9] Koren'kova D.A. Teoretiko-igrovoe modelirovanie protsessov vzaimo-deistviya steikholderov pri upravlenii kompleksnymi IT-proektami [Game-theoretic modeling of stakeholder interaction processes in the management of complex IT projects]. Audit i finansovyi analiz [Audit and Financial Analysis], 2019, no. 6, pp. 227–233. (In Russ.).
- [10] Marakulin V.M. Elementy teorii kooperativnykh igr [Elements of the theory of cooperative games]. Institut matematiki im. S.L. Soboleva SO RAN Marakulin V.M. [Institute of Mathematics. S.L. Sobolev SB RAS]. Available at: <http://www.math.nsc.ru/~mathecon/Marakulin/CooGAMES.pdf> (accessed December 10, 2021). (In Russ.).

УДК 338.1

## Влияние синергии рисков на развитие авиационных предприятий

**Дубинский Максим Олегович**

m.dubinskii@bk.ru

**Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)**

**Геращенко Наталья Николаевна**

natgerashenko@gmail.com

**Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)**

**Дубовик Майя Валериановна**

mvdubovik@gmail.com

**РЭУ им. Г.В. Плеханова**

*Рассмотрены разнообразные методы и механизмы контроля рисками в авиационной отрасли. Представлен метод управления синергией рисков, основанный на том, что отдельно взятые факторы рисков, имеют не такой вес и критический эффект при реализации, как их совокупность вместе взятая. Сделаны выводы о достоинствах и недостатках применения метода управления синергией рисков, рассмотрены перспективы развития и направления для проработки и совершенствования.*

**Ключевые слова:** риск, авиационная отрасль, управление синергией рисков, оценка рисков

В настоящее время в законодательном поле согласно Указу Президента РФ от 13.05.2017 № 208 «О Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года» сформированы основные направления развития экономической безопасности страны в целом. Своевременная оценка экономической безопасности текущей деятельности является одним из параметров продуктивного управления предприятия авиационной промышленности, где с развитием информационных технологий возрастает количество возможностей и способов для наиболее точного и оперативного получения данных [1]. Разнообразные работы зарубежных и отечественных авторов посвящены исследованию рисков, где в зависимости от целей применяются

различные методики. С целью необходимости обеспечения устойчивого эффективного развития высокотехнологичных предприятий авиационной промышленности, возникает необходимость в наиболее эффективной методике комплексной оценки рисков, а также эффекта взаимозависимости рисков (синергии рисков).

Для эффективного развития предприятия необходимо осуществлять постоянное отслеживание всех возможных внутренних и внешних угроз, разнообразных рисков, влияющих на аспекты деятельности и удержание общего риска в определенном интервале. Для взаимоисключения одиночных рисков и определения комплексного риска в настоящее время появляются все новые способы и методы, одним из таких является концепция управления синергией рисков, подразумевающая что отдельно взятые факторы рисков, оцененные по отдельности, имеют не такой критический эффект при реализации, как их совокупность вместе взятая.

Особенностями развития и деятельности авиационной промышленности является длительный цикл НИОКР, разработки и производства продукции, научность, потребность в высококвалифицированных кадрах [2].

Выдвигается гипотеза возможности оценки и управления синергией рисков системозначимых авиационных предприятий. Предлагается разделить на категории основные факторы рисков в авиационной отрасли: финансово-экономические, материально-технологические, кадровые, коррупционные риски, риски информационной безопасности, репутационные, правовые. Разрабатывается механизм оценки риска каждой из категорий и нахождение приемлемого уровня по отдельности, затем оценка и взаимоисключение рисков, менее влияющих на развитие авиационного предприятия. Разрабатывается модель оценки синергии рисков предприятия авиационной промышленности.

Одними из главных рисков в деятельности авиационного промышленного предприятия являются финансово-экономические, которые оказывают влияние на всю деятельность в целом (операционная деятельность, инвестиционное и стратегическое планирование) и технологические риски, в которых выражается потенциал организации, совершенствовании условий производства новых и разрабатываемых изделий. Эти риски связаны между собой и с целью их оценки предлагается использовать механизм, основанный на нечеткой логике, раздела многозначной логики, где объект с функцией принадлежности элемента к множеству, принимает любые значения в интервале от 0 до 1, а не только как в классической логике значения 0 или 1 [3].

В настоящее время существуют различные подходы к оценке рисков. Одним из рассматриваемых методов решения задач является метод, основанный на теории нечеткой логики. Она определяет современный подход к описанию бизнес-процессов, в которых присутствуют неопределенность и неточность исходной информации. Процесс принятия решений по оценке рисков в этом случае имеет многокритериальный характер и требует привлечения актуальных средств программного обеспечения. Применение современных инструментов позволяет точнее по сравнению с другими методиками определить уровень риска и значительно сокращает время на соответствующие расчеты.

Полученные в исследовании расчеты, основанные на реализации механизма, позволяют судить о том, что использование нечеткой логики [4] в оценке финансово-экономических и технологических рисков реализация которых затрудняет развитие авиационного промышленного предприятия допустимо. Применение методов нечеткой логики [5] позволяет ускорить процедуру анализа рассматриваемых рисков, а при использовании его в совокупности с другими методами получить возможность

прогнозирования, сравнения для принятия взвешенных управлеченческих решений о направлениях развития предприятий, о разработке, реализации инновационных проектов. К достоинствам данного метода можно отнести возможность его применения в условиях отсутствия определенности, к недостаткам необходимость дополнительной подготовки и обработки данных для использования [6]. Актуальным направлением для развития такого рода механизма является использование нейронных сетей, где возможность обучения позволит установить более сложные зависимости и выполнить обобщение данных на всех уровнях анализа. Указанный в работе метод при должной проработке и совершенствовании позволит оценивать все риски деятельности, создаст возможности для заблаговременного реагирования на угрозы и снижения негативных эффектов от их реализации, однако требует проведения соответствующего уровня подготовительных расчетов и обеспечение современными вычислительными устройствами.

Таким образом, в работе вводится гипотеза о существовании синергии рисков, основанная на том, что воздействие от рисков по отдельности имеет существенно иное влияние на процессы предприятия нежели от рисков в совокупности, что неоднозначно влияет на развитие предприятий авиационной промышленности. Разработан концептуально отличающийся от существующих способ оценки рисков деятельности авиационного предприятия. Предлагаемая методика моделирования синергии рисков основана на методах нечеткой логики. Как результат работы мы видим, что даже с ограниченным количеством параметров для расчета, благодаря алгоритму Мамдани, можно произвести качественную оценку рисков. С помощью разработанной модели возможно оценить влияние синергии рисков на развитие авиационных предприятий.

## Литература

- [1] Бурдина А.А., Дубинский М.О. Вопросы классификации рисков экономической безопасности предприятия // Риск: ресурсы, информация, снабжение, конкуренция. 2021. № 1. С. 59–62.
- [2] Burdina A.A., Moskvicheva N.V., Melik-Aslanova N.O. Issues of assessing the effectiveness of implementing modern information technologies in project management of an industrial corporation // Laplage em Revista (International). 2021. No. 7 (2). Pp. 428–435.  
DOI: 10.24115/S2446-6220202172764p.428-435
- [3] Zadeh L.A. Fuzzy sets // Information and Control. 1965. Vol. 8, Iss. 3. Pp. 338–353.  
DOI: 10.1016/S0019-9958(65)90241-X
- [4] Хижняков Ю.Н. Алгоритмы нечеткого, нейронного и нейро-нечеткого управления в системах реального времени. Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2013. 156 с.
- [5] Mamdani E.H., Assilian S. An Experiment in Linguistic Synthesis with a Fuzzy Logic Controller // International Journal of Man-Machine Studies. 1975. Vol. 7, Iss. 1. Pp. 1–13.  
DOI: 10.1016/S0020-7373(75)80002-2
- [6] SciKit-Fuzzy (n.d.). SkFuzzy. URL: <https://pythonhosted.org/scikit-fuzzy/> (accessed December 12, 2021).

## The Impact of Risk Synergy on the Development of Aviation Enterprises

**Dubinskii Maksim Olegovich** m.dubinskii@bk.ru

*Moscow Aviation Institute (National Research University)*

**Gerashenko Natalya Nicolaevna** natgerashenko@gmail.com

*Moscow Aviation Institute (National Research University)*

**Dubovik Mayya Valerianovna** mvdubovik@gmail.com

*Plekhanov Russian University of Economics*

*The article considers various methods and mechanisms of risk control in the aviation industry. The method of risk synergy management is presented, based on the fact that individual risk factors assessed separately do not have as much weight and critical effect during implementation as their totality taken together. Conclusions are drawn about the advantages and disadvantages of using the risk synergy management method, development prospects and directions for elaboration and improvement are considered.*

**Keywords:** risk, aviation industry, risk synergy management, risk assessment

### References

- [1] Burdina A.A., Dubinskiy M.O. Voprosy klassifikatsii riskov ekonomicheskoy bezopasnosti predpriyatiya [Questions of classification of risks of economic security of the enterprise]. Risk: resursy, informatsiya, snabzhenie, konkurentsija [Risk: resources, information, supply, competition], 2021, no. 1, pp. 59–62. (In Russ.).
- [2] Burdina A.A., Moskvicheva N.V., Melik-Aslanova N.O. Issues of assessing the effectiveness of implementing modern information technologies in project management of an industrial corporation. Laplage em Revista (International), 2021, no. 7 (2), pp. 428–435. DOI: 10.24115/S2446-6220202172764p.428-435
- [3] Zadeh L.A. Fuzzy sets. Information and Control, 1965, vol. 8, iss. 3, pp. 338–353. DOI: 10.1016/S0019-9958(65)90241-X
- [4] Khizhnyakov Yu.N. Algoritmy nechetkogo, neyronnogo i neyro-nechetkogo upravleniya v sistemakh real'nogo vremeni [Algorithms of fuzzy, neural and neuro-fuzzy control in real-time systems]. Perm, Perm. nats. issled. politekhn. un-t Publ., 2013. 156 p. (In Russ.).
- [5] Mamdani E.H., Assilian S. An Experiment in Linguistic Synthesis with a Fuzzy Logic Controller. International Journal of Man-Machine Studies, 1975, vol. 7, iss. 1, pp. 1–13. DOI: 10.1016/S0020-7373(75)80002-2
- [6] SciKit-Fuzzy (n.d.). SkFuzzy. Available at: <https://pythonhosted.org/scikit-fuzzy/> (accessed December 12, 2021).

УДК 65.014

## Использование матричной структуры управления на инновационных научоемких предприятиях ракетно-космической отрасли

**Ильяшинская Галина Владимировна** [diplom509@yandex.ru](mailto:diplom509@yandex.ru)

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

**Бунак Валерий Александрович** [va-bunak@yandex.ru](mailto:va-bunak@yandex.ru)

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

*Рассмотрены вопросы формирования организационной структуры инновационных научоемких предприятий ракетно-космической отрасли. Представлены основные виды организационных структур, показано влияние выбранной организационной структуры на результата деятельности. Сделаны выводы о возможности и необходимости использования матричной структуры при решении сложных задач, стоящих перед предприятиями ракетно-космической отрасли.*

**Ключевые слова:** организационная структура, матричная структура, решетчатая организация, система двойного подчинения, ракетно-космическая отрасль

Современная инновационная научоемкая организация способна существовать и успешно конкурировать в рыночных условиях, лишь постоянно развиваясь и адаптируясь к изменяющимся условиям ведения бизнеса. Это возможно лишь при решении ряда управлеченческих проблем, в том числе организационных.

Любое предприятие или организация обладают организационной структурой, разработанной на этапе их создания и скорректированной в процессе практической деятельности. Организационная структура компании или предприятия отражает взаимоотношения между руководящим составом и рабочим персоналом, дает четкое представление, кто на предприятии отвечает за принятие управлеченческих решений [1, 2]. Это система взаимоотношений структурных подразделений предприятия в процессе производства. Оптимально выстроенная, отлаженная и продуманная структура организации предприятия гарантирует стабильное и динамичное развитие бизнеса и полноценное функционирование учреждения в целом.

Для оптимального функционирования организационной структуры предприятия требуется ее постоянный анализ и своевременная корректировка на основе полученных в результате этого анализа данных. Выбор методов управления определяется временным горизонтом управления — от стратегического уровня, охватывающего весь жизненный цикл проекта до оперативного. За последние годы в России проектное управление стало одной из самых обсуждаемых тем в сфере управлеченческих технологий. Грамотное управление проектами на основе современных информационных технологий и моделей управления проектами позволяет на 15...20 % сокращать не-производительные потери и экономить от 15 до 30 % времени [3].

Менее широко представлены так называемые адаптивные структуры, которые позволяют предприятию максимально быстро адаптироваться к изменениям. Адаптивные структуры принято называть адхократическими, в основе термина лежит понятие адхократии. Адхократическая организационная структура — это структура, состоящая из относительно слабо связанных между собой групп специалистов и незначительного количества вспомогательного персонала, создаваемая на время. К та-

кого рода структурам относится матричная структура, признанная наиболее сложной для реализации. Она возникла как реакция на необходимость проведения быстрых технологических изменений. Первоначально она была разработана и используется в космической отрасли, также применяется в электронной промышленности.

Матричная структура — это разновидность аддитивных структур, которая считается основной в данном классе. Но при этом надо помнить, что матричная структура это очень сложный организм, требующий особой настройки, не всегда приводящей к эффективной работе. Это связано с величиной данной структуры, характерной для больших организаций.

Матричная структура отражает закрепление в организационном построении фирмы двух направлений руководства, двух организационных альтернатив [4]. Вертикальное направление — управление функциональными и линейными структурными подразделениями компании. Горизонтальное — управление отдельными проектами, программами, продуктами, для реализации которых привлекаются человеческие и иные ресурсы различных подразделений компании.

Отличительной чертой организационной структуры управления матричного типа является наличие у работников одновременно двух руководителей, обладающих равными правами. С одной стороны, исполнитель подчиняется непосредственному руководителю функциональной службы, которая наделен необходимыми проектными полномочиями для осуществления процесса управления в соответствии с запланированными сроками, выделенными ресурсами и требуемым качеством. Возникает система двойного подчинения, базирующаяся на сочетании двух принципов — функционального и проектного.

Самое распространенное определение матричной структуры — это решетчатая организация. Дело в том, что при схематическом изображении структуры получаются клетки или решетки, поэтому такое определение и появилось. Но суть матричной структуры остается неизменной по сравнению с проектной структурой. Целевая нагрузка матричной структуры управления та же, что и у проектной — дать возможность быстро решить проблемы и разработать необходимый проект ее решения.

Достоинствами матричной структуры являются: интеграция различных видов деятельности компании в рамках реализуемых проектов, программ; получение высококачественных результатов по большому количеству проектов, программ, продуктов; вовлечение руководителей всех уровней и специалистов в сферу активной творческой деятельности по реализации проектов; усиление личной ответственности конкретного руководителя как за проект (программу) в целом, так и за его элементы; лучшее и более быстрое реагирование матричной структуры на изменение внешней среды.

К недостаткам матричных структур можно отнести ее сложность для практической реализации, так как для ее внедрения необходима длительная подготовка работников и соответствующая организационная культура; структура сложна, громоздка и дорога не только во внедрении, но и в эксплуатации; в связи с системой двойного подчинения подрывается принцип единонаучания, что часто приводит к конфликтам; чрезмерные накладные расходы в связи с тем, что требуется больше средств для содержания большего количества руководителей, а также порой на разрешение конфликтных ситуаций; некоторые трудность и неопределенность с перспективным использованием специалистов в данной компании; частичное дублирование функций. Кроме того структура считается абсолютно неэффективной в кризисные периоды.

Также следует отметить, что переход к матричным структурам, как правило, охватывает не всю компанию, а лишь какую-то ее часть. Масштабы их применения

или использования отдельных элементов матричного подхода в компаниях могут быть довольно значительными.

Использование матричных организационных структур на инновационных научно-технических предприятиях ракетно-космической отрасли позволит наиболее полно использовать их научно-технический потенциал в современных сложных экономических условиях.

## Литература

- [1] Акимова Т.А. Теория организации. М.: Юнити-ДАНА, 2008. 367 с.
  - [2] Сайт Федеральной службы государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения 15.10.2021).
  - [3] Хелдман К. Профессиональное управление проектом. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2012. 728 с.
  - [4] Novikov S.V. Problems of the russian economy integration in the sphere of high-tech global space // TEM Journal. 2019. Vol. 8, no. 1. Pp. 207–210. DOI: 10.18421/TEM81-29

# The Use of a Matrix Management Structure at Innovative Science-intensive Enterprises of the Rocket and Space Industry

Ilyakhinskaya Galina Vladimirovna diplom509@yandex.ru

*Moscow Aviation Institute (National Research University)*

*Bunak Valeriy Aleksandrovich*      [va-bunak@yandex.ru](mailto:va-bunak@yandex.ru)

*Moscow Aviation Institute (National Research University)*

The issues of the formation of the organizational structure of innovative science-intensive enterprises of the rocket and space industry are considered, the main types of organizational structures are presented, the influence of the chosen organizational structure on the results of activities is shown, conclusions are drawn about the possibility and necessity of using a matrix structure in solving complex problems facing enterprises of the rocket and space industry.

**Keywords:** organizational structure, matrix structure, lattice organization, dual subordination system, rocket and space industry

## References

- [1] Akimova T.A. Teoriya organizatsii [Theory of organization]. Moscow, Yuniti-DANA Publ., 2008. 367 s. (In Russ.).
  - [2] Sait Federal'noi sluzhby gosudarstvennoi statistiki [Website of the Federal State Statistics Service]. Available at: <https://rosstat.gov.ru/> (accessed October 15, 2021).
  - [3] Kheldman K. Professional'noe upravlenie proektom [Professional project management]. Moscow, Binom. Laboratoriya znanii Publ., 2012, 728 p. (In Russ.).
  - [4] Novikov S.V. Problems of the Russian Economy Integration in the Sphere of High-tech Global Space. TEM Journal, 2019, vol. 8, no. 1, pp. 207–210. DOI: 10.18421/TEM81-29

УДК 004

## Современные цифровые технологии как элемент стратегии устойчивого развития предприятий аэрокосмической отрасли

Калинина Ольга Андреевна

olya.calinina@mail.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Актуальность данного исследования обусловлена тем, что вопросы применения цифровых технологий рассматриваются в различных отраслях промышленности и являются важными потому, что для эффективной цифровизации производственных процессов необходимо их предварительное изучение и анализ применимости. Космическая отрасль не является одной из ведущих отраслей цифровой трансформации, однако там уже применяются различные цифровые технологии, с помощью которых Россия занимает лидирующие позиции.

**Ключевые слова:** цифровые технологии, стратегия устойчивого развития, аэрокосмическая отрасль, научноемкие предприятия, аддитивные технологии, 3D-печать, цифровые двойники

Ключевое понятие «зеленой» экономики — устойчивое развитие, исполнение потребностей без ущерба для будущих поколений. ООН выделяет 17 целей устойчивого развития. Технологии дают стимул новому этапу устойчивого развития и открывают новые рынки. Достижение глобальных целей ООН к 2030 году потребует радикально более устойчивых способов управления продуктами и услугами на протяжении всего их жизненного цикла изделия, объекта или услуги, от проектирования до использования и вывода из эксплуатации [1].

Цифровая трансформация — это выход на новый этап развития как информационных, так и организационных технологий, который начался несколько десятков лет назад и продолжается сегодня. Масштабность и многообразие проектов на рынке являются свидетельством того, что в отраслях активно происходят процессы цифровой трансформации [2].

Технологии активно используются в космической отрасли, обеспечивая безопасность, эффективность и производительность, а также снижая стоимость работ и продукции. Особенностью космических исследований является получение новых знаний, среди которых пространственные занимают особое место. Особенность космических исследований также состоит в многоканальности и получении информации в разных диапазонах. Это привело к диверсификации космических исследований — каждая технология обслуживает свой канал получения информации [3].

Согласно федеральному проекту «Цифровые технологии», существует семь сквозных цифровых технологических пакетов.

1. Нейротехнологии — технологии, которые используют или помогают понять работу мозга, мыслительные процессы, высшую нервную деятельность, в том числе технологии по усилению, улучшению работы мозга и психической деятельности. Искусственный интеллект — комплекс технологических решений, имитирующий когнитивные функции человека и позволяющий при выполнении задач достигать результаты, как минимум сопоставимые с результатами интеллектуальной деятельности человека.

2. Технологии беспроводной связи — подкласс информационных технологий, служат для передачи информации между двумя и более точками на расстоянии, не требуя проводной связи.

3. Технология «компоненты робототехники и сенсорика» охватывает направления разработки автоматизированных технических систем и методов управления ими, разработки сенсорных систем и методов обработки сенсорной информации, взаимодействия технических систем между собой и с человеком.

4. Технология виртуальной реальности — это комплексная технология, позволяющая погрузить человека в иммерсивный виртуальный мир при использовании специализированных устройств. Технология дополненной реальности — технология, позволяющая интегрировать информацию с объектами реального мира в форме текста, компьютерной графики, аудио и иных представлений в режиме реального времени.

5. Большие данные представляют собой массивы информации, характеризующиеся колоссальными объемами, стремительно растущей скоростью накопления, разнообразием их формата представления в виде как структурированной, так и неструктурированной информации.

6. Индустриальный интернет — концепция построения инфокоммуникационных инфраструктур, которая подразумевает подключение к интернету любых небытовых устройств, оборудования, датчиков, сенсоров, автоматизированной системы управления технологическим процессом, а также интеграцию данных элементов между собой, что приводит к формированию новых бизнес-моделей при создании товаров и услуг, а также их доставке потребителям [4].

7. Цифровые двойники — это виртуальные представления продукта или даже такой сложной экосистемы как город в реальном времени. Они используются для моделирования и тестирования инноваций.

В рамках реализации Стратегии развития информационных технологий ГК «Роскосмос» предполагается формирование новой открытой информационной экосистемы отрасли «Роскосмос 2.0», которая объединит все предприятия отрасли. В Стратегии сформулировано 11 ключевых направлений развития, по каждому из них в отрасли будут созданы центры компетенции, которые будут заниматься развитием этих направлений, оказывать методическое сопровождение и осуществлять их внедрение. Информационные технологии должны дать старт развитию цифровизации в ракетно-космической отрасли [5].

Платформы «Цифровой регион» и «Цифровое госуправление» через единое окно открывают аналитические отчеты на основе объективных данных ДЗЗ (дистанционное зондирование Земли) о недропользовании, лесопользовании, использовании сельхозземель, экологическом статусе территорий, строительстве и др., а в рамках проекта *Atlas VR* специалистами компании «Терра Тех» создан полноценный цифровой двойник Земли, в котором рельеф и ландшафт строятся на основе космической и аэрофотосъемки, обеспечивая модели максимальное соответствие реальному миру и эффект присутствия высокой степени [6].

Технология создания цифровых моделей различных устройств и агрегатов широко применяется в разработке самых разных продуктов — от самолетов и автомобилей, до компьютеров и научных приборов. Компании Accenture и Dassault Systèmes недавно выпустили отчет, в котором раскрывается, как цифровые двойники могут стимулировать инновации, а также сокращать расходы и использование ресурсов, что в конечном итоге способствует устойчивости и цикличности экономики. Согласно этому совместному исследованию («*Designing Disruption: The Critical Role of Virtual Twins in Accelerating Sustainability*», Accenture и Dassault Systèmes, 2021 г.), цифровые двойники могут помочь компаниям получить к 2030 г. совокупную экономическую

выгоду в размере 1,3 трлн долл. США и добиться в следующие 10 лет сокращения выбросов CO<sub>2</sub> на 7,5 Гт [7].

Аддитивные технологии, связанные с послойным наращиванием и синтезом объектов с помощью компьютерных 3D-технологий, сегодня выходят на первый план при создании космического оборудования. Одно из ключевых преимуществ нового подхода в том, что один 3D-принтер может заменить огромное количество обычного заводского оборудования [8].

Внедрение аддитивных технологий — еще одна тенденция в аэрокосмической отрасли. Перспектива изготовления металлических деталей аддитивным методом вызывает у инженеров большой интерес. Путем объединения деталей инженеры смогут сократить время и стоимость сборки. Кроме того, небольшое количество деталей, а также их легковесность упростят процесс техобслуживания и позволят экономить на топливе. Аддитивные технологии также позволят изготавливать детали по мере необходимости, поэтому система поставок будет работать более эффективно [9].

Искусственный интеллект активно помогает астрономам изучать космос, он быстрее собирает и обрабатывает большое количество сигналов, рассчитывает идеальное место для посадки космических кораблей на основе многих факторов, а также может показать, что скрывается в темных уголках Луны. Сегодня ИИ наравне с астрономами занимается изучением космоса. На Луне существуют темные пятна, чаще всего они локализуются на дне кратеров. Из-за того, что туда не проникает солнечный свет, рассмотреть их тяжело. Изучить то, что находится в кратерах, можно с помощью миссий, которые пролетают близко к спутнику. Одна из них — LCROSS, лунная миссия НАСА. Несмотря на это, кратеры не находятся в полном и непроницаемом мраке, их могут освещать, например, отраженные лучи [10].

Цифровые технологии — важный шаг вперед в обеспечении устойчивости и улучшении финансовых показателей компаний. Для достижения целей ООН в области устойчивого развития необходимы прорывные инновации. Цифровая трансформация аэрокосмической отрасли подразумевает создание единого информационного пространства управления производством и жизненным циклом выпускаемых изделий, цифровое проектирование, применение технологий математического моделирования и суперкомпьютерных вычислений в рамках управления жизненным циклом изделий, преобразование системы управления на базе эффективных механизмов работы с данными, развитие компетенций, повышение вовлеченности персонала в реализацию процесса цифровой трансформации, вывод на рынок принципиально новых цифровых продуктов и сервисов.

## Литература

- [1] Программа устойчивого развития // Официальный сайт ООН. URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/about/development-agenda/> (дата обращения 14.11.2021).
- [2] Самогородская М.И., Бейнар И.А., Наролина Т.С. Особенности цифровой трансформации предприятий авиакосмической отрасли // Научная электронная библиотека «КиберЛенинка». URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-tsifrovoy-transformatsii-predpriyatiy-aviakosmicheskoy-otrasli> (дата обращения 14.11.2021).
- [3] Шиболденков В.А., Ионина Я.А. Применение технологии роботизации бизнес-процессов в авиационно-космической промышленности // Матер. молодеж. науч.-техн. конф., посв. 105-летию со дня рождения академика В.Н. Челомея. Москва, 2019, С. 118–120.
- [4] Федеральный проект «Цифровые технологии» // Официальный сайт Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. URL: <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/878/> (дата обращения 10.11.2021).

- [5] Стратегия развития информационных технологий аэрокосмический отрасли // Официальный сайт ГК «Роскосмос». URL: <https://www.roscosmos.ru/25892/> (дата обращения 10.11.2021).
- [6] Барыгин В.В. Цифровые технологии для изделий авиационно-космической отрасли // Научная электронная библиотека «КиберЛенинка». URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovye-tehnologii-dlya-izdeliy-aviatsionno-kosmicheskoy-otrasli> (дата обращения 14.11.2021).
- [7] Гарина И.О. Реализация концепции цифрового двойника в машиностроении с использованием технологии блокчейн // Матер. науч. конф. молодых ученых и специалистов (с международным участием) «Будущее машиностроения России». Москва, 2020. С. 295–298.
- [8] Савин Н.Д. Перспективы использования 3D-принтеров в ракетостроительной отрасли // Научная электронная библиотека «КиберЛенинка». URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivnye-ispolzovaniya-3d-printerov-v-raketostroitelnoy-otrasli> (дата обращения 14.11.2021).
- [9] Шиболденков В.А., Калинина О.А. Анализ специфики применения технологии process mining для моделирования бизнес-процессов на предприятиях аэрокосмической отрасли // Матер. XLV Академических чтений по космонавтике: в 4 т. Т. 2. Москва, 2021. С. 119–122.
- [10] Гарина И.О. Разработка методики оценки внедрения технологии блокчейн в контракты жизненного цикла космической отрасли // Матер. XLV Академических чтений по космонавтике: в 4 т. Т. 2. Москва, 2021. С. 145–148.

## **Modern Digital Technologies as an Element of the Strategy of Sustainable Development of Aerospace Enterprises**

**Kalinina Olga Andreevna**

olya.calinina@mail.ru

**BMSTU**

*The relevance of this study is due to the fact that the issues of the use of digital technologies are considered in various industries and are important because for the effective digitalization of production processes, their preliminary study and analysis of applicability are necessary. The space industry is not one of the leading branches of digital transformation, but nevertheless various digital technologies are already being used there, with the help of which our country occupies a leading position.*

**Keywords:** sustainable development, digital technologies, aerospace engineering, additive technologies, 3D-printing, digital twins

### **References**

- [1] Programma ustoičivogo razvitiya [Sustainable Development Program]. UN official website. Available at: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/about/development-agenda/> (accessed November 14, 2021).
- [2] Samogorodskaya M.I., Beinar I.A., Narolina T.S. Osobennosti tsifrovoy transformatsii predpriyatiy aviačnosmicheskoi otrasti [Features of digital transformation of aerospace industry enterprises]. Nauchnaya elektronnaya biblioteka "KiberLeninka" [Scientific electronic library "CyberLeninka"]. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-tsifrovoy-transformatsii-predpriyatiy-aviačnosmicheskoy-otrasli> (accessed November 14, 2021). (In Russ.).
- [3] Shiboldenkov V.A., Ionina Ya.A. Primenenie tekhnologii robotizatsii biznes-protsessov v aviatsionno-kosmicheskoi promyshlennosti [Application of the technology of robotization of business processes in the aerospace industry]. Mater. molodezh. nauch.-tekhn. konf., posv. 105-letiyu so dnya rozhdeniya akademika V.N. Chelomeya [Mater. youth. sci.-tech. conference dedicated to the 105th anniversary of the birth of Academician V.N. Chelomey]. Moscow, 2019, pp. 118–120. (In Russ.).

- 
- [4] Federal'nyi proekt "Tsifrovye tekhnologii" [Federal project "Digital Technologies"]. Ofitsial'nyi sait Ministerstva tsifrovogo razvitiya, svyazi i massovykh kommunikatsii Rossiiskoi Federatsii [Official website of the Ministry of Digital Development, Communications and Mass Communications of the Russian Federation]. Available at: <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/878/> (accessed November 10, 2021). (In Russ.).
  - [5] Strategiya razvitiya informatsionnykh tekhnologii aerokosmicheskii otriasli [Strategy for the development of information technologies in the aerospace industry]. Ofitsial'nyi sait GK "Roskosmos" [Official website of the State Corporation "Roscosmos"]. Available at: <https://www.roscosmos.ru/25892/> (accessed November 10, 2021). (In Russ.).
  - [6] Barygin V.V. Tsifrovye tekhnologii dlya izdelii aviatsionno-kosmicheskoi otriasli [Digital technologies for products of the aerospace industry]. Nauchnaya elektronnaya biblioteka "KiberLeninka" [Scientific electronic library "CyberLeninka"]. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovye-tehnologii-dlya-izdeliy-aviatsionno-kosmicheskoy-otrasli> (accessed November 14, 2021). (In Russ.).
  - [7] Garina I.O. Implementation of the digital twin concept in mechanical engineering using block-chain technology // Mater. nauch. conferences of young scientists and specialists (with international participation) "The future of Russian engineering". Moscow, 2020, pp. 295–298. (In Russ.).
  - [8] Savin N.D. Prospects for the use of 3D printers in the rocket industry // Scientific electronic library "CyberLeninka". Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-ispolzovaniya-3d-printerov-v-raketostroitelnoy-otrasli> (accessed November 14, 2021).
  - [9] Shboldenkov V.A., Kalinina O.A. Analiz spetsifikii primeneniya tekhnologii process mining dlya modelirovaniya biznes-protsessov na predpriyatiyakh aerokosmicheskoi otriasli [Analysis of the specifics of the use of process mining technology for modeling business processes at aerospace enterprises]. Mater. XLV Akademicheskikh chtenii po kosmonavtike [Mater. XLV Academic Readings on Cosmonautics]: in 4 vol., vol. 2. Moscow, 2021, pp. 119–122. (In Russ.).
  - [10] Garina I.O. Realizatsiya kontseptsiyi tsifrovogo dvoinika v mashinostroenii s ispol'zovaniem tekhnologii blockchain [Development of a methodology for evaluating the implementation of blockchain technology in the contracts of the life cycle of the space industry]. Mater. nauch. konf. molodykh uchenykh i spetsialistov (s mezhdunar. uchastiem) "Budushchee mashinostroeniya Rossii" [Mater. XLV Academic Readings on Cosmonautics]: in 4 vol., vol. 2. Moscow, 2021, pp. 145–148. (In Russ.).

УДК 338.012

## Анализ современного состояния концепции устойчивого развития космической деятельности

Кашеварова Наталия Александровна

n.kashevarova@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Представлены результаты анализа современного состояния и тенденций развития концепции устойчивости космической деятельности в мире. Выполнен обзор экологических (предотвращение угроз окружающей среде) и экономических (использование космических ресурсов) аспектов устойчивости космической деятельности. Рассмотрены инициативы Комитета по мирному использованию космического пространства ООН в области долгосрочной космической устойчивости.

**Ключевые слова:** устойчивое развитие, космическая деятельность, космическая устойчивость, космический мусор

В XXI веке глобальная экономика демонстрирует колоссальные темпы роста, чему способствует стремительное развитие и распространение технологий, в первую очередь информационных. Одновременно мир столкнулся с рядом серьезных вызовов: изменение климата, ухудшение экологии и пандемия. Ответом экономической науки на эти вызовы стало развитие концепций устойчивого развития, низкоуглеродной экономики, экономики замкнутого цикла. В резолюции Генассамблеи «Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года» [1] цель устойчивого развития (ЦУР) № 9 провозглашает значимость технологического прогресса: «Создание прочной инфраструктуры, содействие обеспечению всеохватной и устойчивой индустриализации и внедрению инноваций». Космическая отрасль является одной из наиболее высокотехнологичных отраслей промышленности, инновационные решения, создаваемые для космоса, являются востребованными в различных отраслях и сферах жизни людей.

Комитет ООН по использованию космического пространства в мирных целях определяет космическую долгосрочную устойчивость следующим образом: «Способность продолжать осуществлять космическую деятельность в течение неопределенного срока таким образом, чтобы это обеспечивало достижение целей справедливого доступа к выгодам от использования космического пространства в мирных целях и в целях удовлетворения потребностей нынешних поколений при сохранении космической среды для будущих поколений». Однако необходимо отметить, что космическая устойчивость включает также воздействие космической деятельности на окружающую среду на Земле и за ее пределами.

Отсутствие устойчивости космической деятельности означало бы, что как развитые, так и развивающиеся страны могут столкнуться с непреодолимыми проблемами в эффективном использовании космического пространства. Активизация деятельности в области космической устойчивости означает предотвращение превращения негативных тенденций в нормы и обеспечение доступа к космическому пространству для всех стран, а не только для технологически развитых.

Одной из наиболее значимых угроз является накопление космического мусора в околоземном пространстве. Эти экологические аспекты значительно усложняют достижение экономической устойчивости в сфере космической деятельности. Кроме того, с экономической точки зрения околоземные орбиты и электромагнитный спектр являются ресурсами общего пользования, поскольку ни один субъект не может установить контроль над данными ресурсами, но при этом использование одним объектом уменьшает количество ресурса, доступное для других.

В настоящее время потребность в устойчивом подходе к космической деятельности получает все большее признание в космическом сообществе, что во многом связано с рисками столкновения космических аппаратов с космическим мусором на орбите.

В работе [2] предложена методология формирования рейтинга космической устойчивости (Space Sustainability Rating, SSR), включающая шесть модулей: показатель риска фрагментации космического аппарата на орбите, оценку процесса предотвращения столкновений, обнаруживаемость, идентификацию и отслеживание космического аппарата, уровень реализованного обмена данными, принятие международных стандартов, связанных с мерами по предотвращению образования космического мусора и готовность космического аппарата к сервисному обслуживанию на орбите.

В работе [3] выделены следующие элементы космической устойчивости.

1. Осведомленность о текущем состоянии окружающей среды.
2. Понимание того, как будет расти популяция космического мусора.

3. Понимание потенциальных последствий использования космического пространства.

Экологические аспекты устойчивого развития (предотвращение угроз окружающей среде и т. д.) отражены в национальном законодательстве России, США, Великобритании и других стран.

Экономическим аспектам космической деятельности в части использования космических ресурсов посвящены специальные нормативно-правовые акты, принятые в США и Люксембурге [4]. Закон США о конкурентоспособности космических запусков в коммерческих целях определяет космический ресурс как абиотический ресурс в космическом пространстве, включая минералы и воду, и астероидный ресурс как космический ресурс, обнаруженный на астероиде или внутри него. Данный закон разрешает гражданам США владеть, владеть, транспортировать, использовать и продавать ресурсы астероидов или космические ресурсы в соответствии с применимым законодательством, включая международные обязательства Соединенных Штатов. При этом закон не содержит конкретных положений, касающихся устойчивости использования космических ресурсов. Аналогично, вопросы устойчивости не рассматриваются в соответствующем законе Люксембурге, в котором взят за основу закон США.

Растущее осознание значимости долгосрочной космической устойчивости стимулировало появление ряда международных инициатив, направленных на развитие добровольных руководящих принципов. Хотя эти принципы не имеют обязательной юридической силы, признается, что они представляют собой важный первый шаг к достижению международного консенсуса в сфере долгосрочной космической устойчивости. Так например, в рамках инициативы Европейского союза был разработан «Проект международного кодекса космической деятельности», также была создана рабочая группа по долгосрочной устойчивости космической деятельности Комитета по мирному использованию космического пространства ООН. В 2019 г. Комитет принял добровольные необязательные руководящие принципы по долгосрочной устойчивости космической деятельности. Эти руководящие принципы предназначены для поддержки разработки национальной и международной практики и основ безопасности для устойчивого осуществления космической деятельности. Они охватывают следующие направления.

1. Политическая и регулирующая основа космической деятельности.
2. Безопасность космических операций.
3. Международное сотрудничество, создание потенциала и осведомленность.
4. Научно-технические исследования и разработки.

Таким образом, в настоящее время создается теоретический задел в области устойчивости космической деятельности, однако внедрение концепции устойчивого развития в деятельность предприятий космической отрасли находится на начальной стадии.

## Литература

- [1] Повестка дня в области устойчивого развития до 2030 года // Официальный сайт ООН. URL: <https://undocs.org/ru/A/RES/70/1> (дата обращения 25.12.2021).
- [2] Rathnasabapathy M., Wood D., Letizia F., Lemmens S., Jah M., Schiller A., Steindl R. Space Sustainability Rating: Designing a Composite Indicator to Incentivize Satellite Operators to Pursue Long-Term Sustainability of the Space Environment // IAC-20. IAF Symposium on Space Security. 2020.

- Available at: <http://iafastro.directory/iac/paper/id/60517/summary/> (accessed December 25, 2021).
- [3] Lewis H., Marsh N. Deep Time Analysis of Space Debris and Space Sustainability // Proc. 8th European Conference on Space Debris. 2021. Available at: <https://conference.sdo.esoc.esa.int/proceedings/sdc8/paper/212/SDC8-paper212.pdf> (accessed December 25, 2021).
- [4] Hofmann M., Bergamasco F. Space resources activities from the perspective of sustainability: Legal aspects // Global Sustainability. 2020. Vol. 3. E4. DOI: 10.1017/sus.2019.27

## **Analysis of the Current State of the Concept of Sustainable Development of Space Activities**

**Kashevarova Nataliya Alexandrovna**  
**BMSTU**

n.kashevarova@bmstu.ru

*The article analyzes the current state and trends in the development of the concept of sustainability of space activities in the world. The review of ecological (prevention of threats to the environment) and economic (use of space resources) aspects of the sustainability of space activities is carried out. The initiatives of the UN Committee on the Peaceful Uses of Outer Space in the field of long-term space sustainability are considered.*

**Keywords:** sustainable development, space activities, space sustainability, space debris

### **References**

- [1] Povestka dnya v oblasti ustoichivogo razvitiya do 2030 goda [The Agenda for Sustainable Development until 2030]. Ofitsial'nyi sait OON [UN official website]. Available at: <https://undocs.org/ru/A/RES/70/1> (accessed December 25, 2021).
- [2] Rathnasabapathy M., Wood D., Letizia F., Lemmens S., Jah M., Schiller A., Steindl R. Space Sustainability Rating: Designing a Composite Indicator to Incentivize Satellite Operators to Pursue Long-Term Sustainability of the Space Environment. IAC-20. IAF Symposium on Space Security, 2020. Available at: <http://iafastro.directory/iac/paper/id/60517/summary/> (accessed December 25, 2021).
- [3] Lewis H., Marsh N. Deep Time Analysis of Space Debris and Space Sustainability. Proc. 8th European Conference on Space Debris, 2021. Available at: <https://conference.sdo.esoc.esa.int/proceedings/sdc8/paper/212/SDC8-paper212.pdf> (accessed December 25, 2021).
- [4] Hofmann M., Bergamasco F. Space resources activities from the perspective of sustainability: Legal aspects. Global Sustainability, 2020, vol. 3, E4. DOI: 10.1017/sus.2019.27

---

УДК 338.32

## Исследование возможностей предприятий оборонно-промышленного комплекса на предмет внедрения гражданской продукции

**Коновалова Наталья Николаевна** ozm@vpk.npmash.ru

АО «ВПК «НПО машиностроения»

**Молчанский Андрей Валентинович** molchanskii@yandex.ru

АО «ВПК «НПО машиностроения»

**Барабаш Жанна Александровна** barabash\_janna@mail.ru

АО «ВПК «НПО машиностроения»

*В настоящее время в рамках реализации госпрограммы диверсификации производства в условиях многозадачности, когда предприятиям оборонно-промышленного комплекса необходимо получить максимальный результат от своей деятельности, в том числе за счет наращивания производства высокотехнологичной продукции гражданского и двойного назначения, перед предприятиями оборонно-промышленного комплекса встал вопрос о возможностях производства на предмет внедрения гражданской продукции.*

**Ключевые слова:** управление производством, оборонно-промышленный комплекс, диверсификация, гражданская продукция

Впервые о диверсификации — расширении ассортимента выпускаемой продукции, переориентации рынков сбыта, освоение новых видов производства на предприятиях оборонно-промышленного комплекса (ОПК) заговорили еще в 90-е годы прошлого столетия. Однако ввиду специфики деятельности переход был минимальным. В 2018 г. в своем послании Президент РФ обозначил стратегический ориентир — доля гражданской продукции в общем портфеле заказов к 2030 г. должна составлять не менее 50 % всего объема выпускаемой продукции. Для выхода на новый рынок предприятию необходимо определить как потребности рынка, так и жизненный цикл планируемой к выпуску продукции. В результате проведенных исследований выявлено, что на сегодняшний момент на предприятиях ОПК производство гражданской продукции ведется точечно, что не позволяет нарастить объемы до поставленных. Так как не произведена оценка реальных производственных мощностей, технологических возможностей, кадрового потенциала, — нет экономически обоснованного прогноза перспектив развития данного направления. Само определение — гражданской продукции, также достаточно условно. Согласно письму Федеральной службы по техническому и экспертному контролю №240/5/1360 от 21.06.2007: «Под продукцией общегражданского назначения обычно понимаются материалы и оборудование, изготовленные по гражданским стандартам и техническим условиям, функциональные и потребительские свойства которых исключают их применение в военных целях». Насколько продукция, подводимая данным определением, которая планируется к выпуску предприятиями ОПК в рамках реализации госпрограммы, будет востребована на рынке, покажет исследование возможностей предприятий на предмет внедрения [1, 2].

Цель работы — оценить возможности предприятия к выпуску гражданской продукции и разработать мероприятия по оптимальному управлению производством при

ее изготовлении. Для этого необходимо изучить вопросы подготовки кадрового состава, наличия производственных мощностей, опыт изготовления сложных конструкций. Далее разработать бизнес-процесс планирования создания гражданской продукции и оценить его оптимальность, сопоставив с существующими процессами изготовления. Для формирования стоимостных показателей гражданской продукции необходимо гибко оценивать нормо-час в зависимости от предполагаемого типа гражданской продукции, выбранного для производства.

Производство гражданской продукции требует быстрого выхода на рынок. Конкуренция в рамках рыночной экономики требует минимизации стоимостно-временных параметров продукции и использования всех инструментов менеджмента. При этом проблемы, которые стоят перед предприятиями ОПК, проявляются особенно ярко. Проблема дефицита высококвалифицированных кадров, как результат, — высокая инертность персонала к новым технологиям. Производительность труда по-прежнему ниже мировых показателей в 3–5 раз. Проблема оснащенности предприятий технологическим оборудованием, оснасткой, инструментом, требует значительных финансовых вложений, которые необходимо изыскать в условиях быстроменяющегося рынка кредитов [3, 4].

Замена технологического оборудования происходит несистемно по всей производственной цепочке, что влияет на технологию производства продукции — автоматизация до сих пор носит “кусочный” характер.

Большую долю в цене продукции занимают амортизация и накладные расходы, что ведет к существенному снижению конкурентоспособности гражданской продукции. Конкуренция очень высокая и предприятия ОПК должны соблюдать требования рынка, так как в данном случае выпускаемая продукция не является уникальной, в отличии от основной продукции предприятий ОПК.

Предприятиям ОПК для выпуска гражданской продукции необходимо изменить сами принципы организации производства, по-другому подходить к планированию производственных бизнес-процессов [5].

Таким образом, для оценки технических возможностей предприятий необходимо выявить ряд критериев гражданской продукции, которые позволяют спланировать ее изготовление и рассчитать экономические показатели, которые позволят предприятиям ОПК быть конкурентоспособными на рынке.

## Литература

- [1] Фатхутдинов Р.А. Организация производства. М.: ИНФРА-М, 2017. 544 с.
- [2] Новицкий Н.И. Организация и планирование производства. Минск: Новое знание, 2014. 255 с.
- [3] Грешилов А.А. Математические методы принятия решений. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. 584 с.
- [4] Воробьева И.П., Селевич О.С. Экономика и организация производства. М.: Юрайт, 2019. 191 с.
- [5] Сури Р. Время — деньги. Конкурентное преимущество быстрореагирующего производства. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. 326 с.

## Exploration of the Capabilities of Defense Industry Enterprises on the Subject of Introduction of Civilian Products

**Konovalova Natalia Nokolaevna**

ozm@vpk.npomash.ru

*JSC MIC NPO Mashinostroyenia*

**Molchanskiy Andrey Valentinovich**

molchanskii@yandex.ru

*JSC MIC NPO Mashinostroyenia*

**Barabash Janna Aleksandrovna**

barabash\_janna@mail.ru

*JSC MIC NPO Mashinostroyenia*

*Currently as part of the implementation of the state program of diversification of production in conditions of multitasking, when defense industry enterprises need to get the maximum result from their activities, including by increasing the production of high-tech civilian and dual-use products, the defense industry enterprises faced the question of production opportunities for the introduction of civilian products.*

**Keywords:** production management, diversification, defense industry, civilian products

### References

- [1] Fatkhutdinov R.A. Organizatsiya proizvodstva [Organization of production]. Moscow, INFRA-M Publ., 2017, 544 p. (in Russ.).
- [2] Novitskiy N.I. Organizatsiya i planirovaniye proizvodstva [Organization and planning of production]. Minsk, Novoe znanie Publ., 2014, 255 p. (in Russ.).
- [3] Greshilov A.A. Matematicheskie metody prinyatiya resheniy [Mathematical methods of decision-making]. M.: BMSTU, 2006. 584 p. (in Russ.).
- [4] Vorob'eva I.P., Selevich O.S. Ekonomika i organizatsiya proizvodstva [Economics and organization of production]. Moscow, Yurayt Publ., 2019, 191 p. (in Russ.).
- [5] Suri R. Konkurentnoe preimushchestvo bystroreagiruyushchego proizvodstva [Competitive advantage of fast-reacting production]. Moscow, Binom. Laboratoriya znanii Publ., 2014, 326 p. (in Russ.).

УДК 65.011.46

## Теория расписаний и интервальное планирование в условиях позаказного производства

**Королёв Сергей Андреевич**

korolev-s1998@yandex.ru

*МГТУ им. Н.Э. Баумана*

**Бром Алла Ефимовна**

allabrom@bmstu.ru

*МГТУ им. Н.Э. Баумана*

*Рассмотрен математический аппарат теории расписаний и интервального планирования в приложении к планированию в условиях позаказного производства. Представлены факторы, характерные для планирования производства в космической отрасли, обуславливающие необходимость применения стохастической оптимизации и минимаксного критерия. Показано, что с использованием теории расписаний и интервального планирования можно сформулировать оптимизационную задачу планирования производства*

*космических аппаратов в условиях неопределенности. Сделаны выводы, что рассмотренный инструментарий может эффективно применяться для планирования позаказного производства, характерного для космической сферы.*

**Ключевые слова:** теория расписаний, интервальное планирование, позаказное производство, космическая отрасль

Космическая отрасль носит стратегический характер для Российской Федерации. При этом данная отрасль является одной из наиболее наукоемких и финансовоемких отраслей промышленности [1].

Сложность, масштабность и ответственность реализуемых в отрасли проектов требуют наличия эффективной системы планирования всех сопряженных видов деятельности, ведущихся в отрасли, включая производственную [2]. Главной особенностью производства космических аппаратов выступает его позаказный характер [3].

Цель данного исследования — обоснование применимости математического аппарата теории расписаний и интервального планирования для оптимизации производственного графика предприятий космической промышленности.

Задача оптимизации позаказного производства является задачей дискретной оптимизации. Предприятию требуется спланировать свою производственную деятельность таким образом, чтобы в ограниченные сроки и в условиях неопределенности продолжительности работ, полностью выполнить производственный заказ. Задачи такого типа могут решаться с применением математического аппарата теории расписаний [4].

Теория расписаний — это раздел исследования операций, посвященный разработке и анализу математических моделей упорядочивания во времени определенных процессов, с учетом формируемых наборов ограничений и выдвигаемых критериев оптимальности. Применительно к планированию производства в космической отрасли, среди типов задач, решаемых в рамках теории расписаний, наиболее релевантными являются задачи согласования, направлены на определение продолжительности и времени начала выполнения конкретных работ.

Очевидно, что для автоматизированного построения плана производства необходимо определиться с выбором критерия или критериев оптимальности плана. Представляется естественным, что для позаказного производства в космической отрасли, наиболее важным является критерий времени, затрачиваемого на выпуск космического аппарата. Поскольку в силу высокой наукоемкости отрасли продолжительность работ носит стохастический характер, наиболее применимыми оказываются минимаксные критерии оптимальности, в соответствии с которыми должен быть выбран вариант плана производства, обеспечивающий наиболее раннее завершение производства, при наихудшем, или близком к наихудшему, стечении внешних и внутренних обстоятельств.

Математически сформулировать данную задачу можно следующим образом [5]:

$$\begin{cases} \sum_{i: \{t_i \leq t\} \cup \{t_i + d_i \geq t\}} r_i \leq b \forall t; \\ t_j \geq t_i + d_i \forall (i, j) \in E; \\ d_i = \frac{\tilde{q}_i}{r_i} i \in 1, n; \\ \min_{t_i} \max \left\{ t_i + d_i \mid i \in 1, n \right\}, \end{cases}$$

Где  $n$  — число производственных задач;  $t_i$  — время начала  $i$ -й работы;  $d_i$  — длительность  $i$ -й работы;  $t$  — произвольный момент времени между началом и окончанием выполнения производственных задач;  $E$  — множество дуг, задающих отношения предшествования между задачами;  $r_i$  — объем производственных ресурсов, выделенных на  $i$ -ю работу;  $b$  — максимальный объем производственных ресурсов, доступных в единицу времени;  $\tilde{q}_t$  — вероятностные трудозатраты  $i$ -й работы.

Другой математической областью, наработки которой могут быть полезны для планирования позаказного производства является интервальное планирование. Интервальное планирование — это область задач, по поиску наибольшего совместимого набора задач, то есть такого, в котором производственный ресурс задействован для выполнения не более чем одной задачи в каждый момент времени. Взаимосвязанная задача, более применимая для планирования производства — планирование для минимизации задержки [6].

Применительно к космической отрасли данный математический аппарат может быть полезен в том контексте, что одно предприятие, потенциально, может иметь возможность выполнять несколько конкурирующих производственных заказов. В таком случае ему потребуется система оценки исполнимости конкурирующих заказов, чтобы, с одной стороны, максимально эффективно задействовать свои производственные возможности, а с другой не принимать на себе обязательств, неисполнимых с высокой степенью вероятности.

Математически эту задачу можно представить в следующем виде:

$$\begin{cases} \sum_{i:\{t_i \leq t\} \cup \{t_i + d_i \geq t\}} r_i \leq b \forall t; \\ d_i = \frac{\tilde{q}_i}{r_i} i \in 1, n; \\ \min_{t_i} \max_{t_i} (t_i + d_i - l_i; 0), \end{cases}$$

где  $l_i$  — предельно допустимый срок выполнения  $i$ -й работы (производственного заказа).

Проведенный анализ математического аппарата теории расписаний и интервального планирования показал, что с использованием инструментария данных разделов математики можно формулировать оптимизационную задачу построения плана производства для предприятия космической отрасли, ведущего свою деятельность в режиме позаказного производства.

Задачу построения первичного плана работ целесообразно формулировать в виде задачи согласования, направленной на определение продолжительности и времени начала выполнения конкретных работ, а оценку новых производственных заказов — как задачу взвешенного интервального планирования.

Таким образом, опираясь на использование теории расписаний и интервального планирования, можно корректно выстраивать план производства для предприятий космической отрасли. Современная теория расписаний допускает внесение в задачу неопределенности, что позволяет отразить приоритетность исполнения сроков заказа и выбрать целевую функцию, направленную на достижение кратчайшего срока производства при неблагоприятном стечении обстоятельств. А использование интервального планирования позволит обеспечить наиболее эффективное использование производственных ресурсов при сохранении необходимо низкого уровня рисков невыполнения принятых обязательств.

По результатам исследования видно, что для планирования позаказного производства, характерного для космической сферы, может эффективно применяться математический аппарат теории расписаний и интервального планирования.

### **Литература**

- [1] Низамова Д.Е. Ракетно-космическая отрасль России: проблемы и перспективы развития // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2016. № 2 (12). С. 686–687.
- [2] Brom A.E., Stoyanova M.V., Yazev M.V., Korolev S.A. Assessment of technological resources for the production of composite products based on mathematical methods // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 934. 2020. Art. ID 012003. DOI: 10.1088/1757-899X/934/1/012003
- [3] Aglietti G.S. Current Challenges and Opportunities for Space Technologies // Frontiers in Space Technologies. 2020. Vol. 1. P. 1. DOI: 10.3389/frspt.2020.00001
- [4] Blazewicz J., Moseley B., Pesch E., Trystram D., Zhang G. New perspectives in scheduling theory // Journal of Scheduling. 2021. No. 24. Pp. 455–457. DOI: 10.1007/s10951-021-00693-8
- [5] Шевляков А.О., Матвеев М.Г. Решение RCPSP при нечетких трудозатратах выполнения операций // Вестник ВГУ. Сер. Системный анализ и информационные технологии. 2015. № 4. С. 121–125.
- [6] Сотсков Ю.Н., Егорова Н.Г., Матвейчук Н.М. Алгоритмы планирования рабочего времени в условиях интервальной неопределенности // Информатика. 2020. Т. 17, № 2. С. 86–102. DOI: 10.37661/1816-0301-2020-17-2-86-102

### **Scheduling Theory and Interval Scheduling in Terms of Job Order Production**

**Korolev Sergey Andreevich**  
BMSTU

korolev-s1998@yandex.ru

**Brom Alla Efimovna**  
BMSTU

allabrom@bmstu.ru

*The study examines the mathematical tools of the scheduling theory and interval scheduling in application to planning in terms of job order production. Factors typical for production planning in the space industry, which necessitate the use of stochastic optimization and the minimax criterion, are presented. It is shown that using scheduling theory and interval scheduling, it is possible to formulate an optimization problem for planning the production of spacecrafts under conditions of uncertainty. It is concluded that considered tools can be effectively used for planning job order production, which is typical for the space sector.*

**Keywords:** scheduling theory, interval scheduling, job order production, space industry

### **References**

- [1] Nizamova D.E. Raketno-kosmicheskaya otrasl' Rossii: problemy i perspektivy razvitiya [Rocket and space industry of Russia: problems and prospects of development]. Aktual'nye problemy aviatsii i kosmonavtiki [Actual problems of aviation and cosmonautics], 2016, no. 2 (12), pp. 686–687. (In Russ.).
- [2] Brom A.E., Stoyanova M.V., Yazev M.V., Korolev S.A. Assessment of technological resources for the production of composite products based on mathematical methods. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 934, 2020, art. ID 012003. DOI: 10.1088/1757-899X/934/1/012003

- 
- [3] Aglietti G.S. Current Challenges and Opportunities for Space Technologies. *Frontiers in Space Technologies*, 2020, vol. 1, p. 1. DOI: 10.3389/frspt.2020.00001
  - [4] Blazewicz J., Moseley B., Pesch E., Trystram D., Zhang G. New perspectives in scheduling theory. *Journal of Scheduling*, 2021, no. 24, pp. 455–457. DOI: 10.1007/s10951-021-00693-8
  - [5] Shevlyakov A.O., Matveev M.G. Reshenie RCPSP pri nechetkikh trudozatratakh vypolneniya operatsii [The RCPSP solution for fuzzy labor costs of performing operations]. *Vestnik VGU. Ser. Systemnyi analiz i informatsionnye tekhnologii* [Vestnik VSU. Ser. System analysis and information technology], 2015, no. 4, pp. 121–125. (In Russ.).
  - [6] Sotskov Yu.N., Egorova N.G., Matveichuk N.M. Algoritmy planirovaniya rabochego vremeni v usloviyakh interval'noi neopredelennosti [Algorithms of working time planning in conditions of interval uncertainty]. *Informatika* [Informatics], 2020, vol. 17, no. 2, pp. 86–102. DOI: 10.37661/1816-0301-2020-17-2-86-102 (In Russ.).

УДК 338

## Перспективы устойчивого развития авиакосмической отрасли

Курцев Николай Олегович  
ООО «Аксенчев»

kno15b361@student.bmstu.ru

Выполнен анализ актуальных задач авиакосмической отрасли в рамках концепции устойчивого развития. Предложен комплекс подходов и технологий для снижения углеродных выбросов в окружающую среду на всех этапах цепочки создания стоимости, а также выделены области их потенциального применения. Рассмотрены барьеры в области устойчивого развития мировой авиакосмической отрасли, и возможные пути их решения.

**Ключевые слова:** устойчивое развитие, декарбонизация, нулевые выбросы, цепочка создания стоимости

На сегодняшний день коммерческий сектор авиакосмической отрасли испытывает серьёзные трудности из-за COVID-19 — пандемия привела к резкому снижению спроса на авиасообщения. Международная ассоциация воздушного транспорта (IATA) объявила о результатах глобального пассажиропотока за 2020 г., показав, что спрос упал на 65,9 % по сравнению с 2019 г., что на сегодняшний день является самым резким спадом перевозок в истории авиации [1]. В 2021 спрос восстановился лишь на 18 %, достигнув 40 % от докризисного уровня 2019 г. [2]. Однако восстановление спроса является лишь краткосрочной проблемой. По прогнозам экспертов, спрос преодолеет допандемический уровень в течение следующих 30 лет [3], в то время как, доля глобальных выбросов от коммерческой авиации может увеличиться вплоть до 22 %, если не принять меры по снижению выбросов в окружающую среду. Приняв этот факт во внимание, IATA одобрила резолюцию для мировой авиатранспортной отрасли о достижении нулевых выбросов углерода к 2050 г. В настоящий момент прибыль отрасли подвергается все большему риску по мере роста осведомлённости о влиянии авиаперелетов на окружающую среду. Требования инвесторов стимулируют компании прилагать больше усилий для обеспечения высоких экологических, социальных и управленических показателей (ESG), а у потребителей происходят изменения в предпочтениях и поведении — они выбирают альтернативный вид транспорта. Поэтому научоемкие компании должны продемонстрировать целенаправленный подход к устойчивому развитию, придерживаться

ся строгих этических стандартов и вести ответственный бизнес по всем своим направлениям.

Когда ставится вопрос о повышении устойчивого развития бизнеса, большинство научноемких предприятий учитывают выбросы в окружающую среду на всех этапах цепочки создания стоимости, выделяя три основные категории выбросов. Выбросы 1-й категории подразумевают углерод, образующийся в ходе собственного, например, природный газ, используемый для питания оборудования компании. Выбросы 2-й категории включают углерод,косвенно производимый в процессе производства и эксплуатации, например, приобретение электроэнергии, произведенной третьими сторонами на основе ископаемого топлива [4]. К настоящему моменту авиакосмические компании уже добиваются существенных успехов в сокращении выбросов в 1-й и 2-й категориях. Для этого ими используется ряд стратегий — разработка научёмкой продукции с использованием передовых технологий, поиск экологически чистых альтернативных материалов в производственных процессах, сочетание интеллектуальных технологий и зеленой энергии для строительства заводов, оказывающих гораздо меньшее воздействие на окружающую среду, а также оптимизация доставки и распределения деталей за счет изменения цепочки поставок и рационализации торговых маршрутов для сокращения выбросов углерода.

Однако важно отметить, что выбросы 1-й и 2-й категорий в авиакосмической отрасли составляют лишь около 30 % от общего углеродного следа научёмких компаний. Остальные 70 % — это выбросы 3-й категории, которые образуются при эксплуатации авиакосмической продукции, поэтому их гораздо сложнее контролировать. Для снижения выбросов 3-й категории научёмким компаниям авиакосмической отрасли необходимо использовать следующий комплекс подходов и инновационных технологий, чтобы добиться максимально высоких результатов декарбонизации:

- инновационная конструкция летательного аппарата: авиационным компаниям необходимо инвестировать в развитие передовых технологий, которые повысят топливную эффективность и уменьшат воздействие продукции на окружающую среду. Помимо разработки более экономичных двигателей, производителями в перспективе могут быть изобретены инновационные аэродинамические конструкции, усовершенствованные покрытия и более легкие композиционные материалы;

- инновационные двигатели: двигатели с открытым ротором, состоящие из двух неуправляемых винтов, врачающихся в противоположных направлениях, приводимых в действие турбиной, могут обеспечивать уровни эффективности между реактивными двигателями и турбовинтовыми двигателями. Открытые роторы — это проверенная технология, которая может быть введена в эксплуатацию к 2030 году, что снизит выбросы CO<sub>2</sub> примерно на 20 % по сравнению с двигателями существующих конструкций. Данные технологии в настоящий момент находятся лишь на стадии разработки и с высокой степенью вероятности потребуют значительного изменения конструкции самолетов. Сотрудничество с автомобильной промышленностью по вопросам плотности аккумуляторных батарей и хранения водорода, а также со специалистами по судоходству для разработки силовых агрегатов, работающих на водороде, потенциально может помочь ускорить прогресс;

- устойчивое авиационное топливо (SAF): передовое горючее для реактивных авиационных двигателей, является альтернативой ископаемому топливу. SAF сертифицировано как экологически безопасное, его производят из устойчивых источников, от растительного масла до лесных отходов и водорослей. Его применение позволяет снизить выбросы CO<sub>2</sub> до 80 % по сравнению с обычным авиационным топливом [5].

Единственный недостаток — пока не будет достигнут эффект масштаба производства, эти виды топлива будут значительно дороже обычного топлива. В этом случае, налоговые льготы для производителей SAF, финансовая поддержка авиакомпаний, переходящих на SAF, и национальные предписания смешивать SAF с традиционными видами топлива в перспективе помогут увеличить потребление и снизить выбросы углерода;

- эффективное управление воздушным движением: модернизация управления воздушным пространством для установления более эффективных траекторий полета (прямые маршруты означают меньшее потребление энергии) остается ключевым решением для снижения энергопотребления и выбросов. Активное взаимодействие отрасли с регулирующими органами позволит уменьшить фрагментацию воздушного пространства, что еще больше повысит эффективность траекторий;

- создание вспомогательной инфраструктуры и управление ею: для внедрения инноваций в виде новых силовых установок и SAF, необходимо разработать соответствующую глобальную сеть инфраструктуры, которая будет снабжать электричеством, необходимым для подзарядки электрических самолетов, водородом, необходимым для приведения в движение самолетов, и SAF в качестве замещающего топлива в как можно большем количестве аэропортов.

Несмотря на то что потенциальные способы сокращения углеродных выбросов для авиакосмической отрасли уже найдены, открытым вопросом остается поиск источников финансирования для внедрения перечисленных подходов и инновационных технологий. Аудиторская и консалтинговая фирма Deloitte оценивает, что затраты на переход только на электрические и водородные двигатели к 2050 году могут составить 125 миллиардов долларов США [4]. Безусловно, финансирование сыграет ключевую роль в ускорении перехода к авиационным технологиям с нулевым уровнем выбросов. Авиационные и аэрокосмические компании будут сотрудничать с государственным сектором, чтобы стимулировать исследовательскую и инновационную деятельность, а также привлекать финансирование для разработки прорывных технологий. Наличие четкой дорожной карты и продуманной стратегии позволит научёмким компаниям привлечь необходимые им фонды прямых инвестиций.

Таким образом, для достижения нулевых выбросов к 2050 году авиакосмической отрасли нужен комплексный подход по снижению негативных воздействий на климат. В частности, научёмким предприятиям необходимо сосредоточиться сразу на всех этапах цепочки создания стоимости — снижении вредных выбросов при производстве, разработке инновационных авиакосмических технологий и поиску возможных альтернатив авиационному топливу, использование которых позволит снизить выбросы углерода, таких как экологически чистое авиационное топливо (SAF) и электрификация самолетов. Если не будет совершено никаких действий, компании могут столкнуться с ограничениями, влияющими на доходы и количество рабочих мест. Компаниям отрасли необходимо плотно сотрудничать с правительствами и инвесторами, существующими игроками отрасли и стартапами, чтобы обеспечить приток инвестиций, которые помогут вывести инновационные технологии на рынок и создать необходимую нормативную базу и инфраструктуру.

## Литература

- [1] 2020 Worst Year in History for Air Travel Demand // The International Air Transport Association (IATA). Available at: <https://www.iata.org/en/pressroom/pr/>

- 2021-02-03/#:~:text=International%20passenger%20demand%20in%202020,down%2048.8%25%20compared%20to%202019 (accessed December 28, 2021).
- [2] Economic Performance of the Airline Industry // The International Air Transport Association (IATA). Available at: <https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/airline-industry-economic-performance---october-2021---report/> (accessed December 28, 2021).
- [3] Decarbonising Aviation: Cleared for Take-off // Shell. Available at: [shell.com/energy-and-innovation/the-energy-future/decarbonising-aviation.html?utm\\_source=&utm\\_medium=Deloitte&utm\\_content=Deloitte\\_web\\_link\\_001\\_&utm\\_campaign=decarbonisingaviation\\_sep-dec\\_2021](https://shell.com/energy-and-innovation/the-energy-future/decarbonising-aviation.html?utm_source=&utm_medium=Deloitte&utm_content=Deloitte_web_link_001_&utm_campaign=decarbonisingaviation_sep-dec_2021) (accessed December 28, 2021).
- [4] Decarbonizing aerospace: A road map for the industry's lower-emissions future // Deloitte. Available at: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/aerospace-defense/decarbonizing-aerospace.html> (accessed December 28, 2021).
- [5] Chiaramonti D. Sustainable Aviation Fuels: the challenge of decarbonization // Energy Procedia. 2019. Vol. 158. Pp. 1202–1207. DOI: 10.1016/j.egypro.2019.01.308

## The Prospects of Sustainability for Aerospace Industry

Kurtsev Nikolay Olegovich

kno15b361@student.bmstu.ru

Accenture LLC

*The analysis of the urgent tasks of the aerospace industry in the framework of the concept of sustainable development has been carried out. A complex of approaches and technologies for reducing carbon emissions into the environment at all stages of the value chain is proposed, and areas of their potential application are highlighted. The barriers in the field of sustainable development of the global aerospace industry and possible ways of their solution are considered.*

**Keywords:** aerospace industry, value chain, zero emissions, decarbonization, sustainability

## References

- [1] 2020 Worst Year in History for Air Travel Demand. The International Air Transport Association (IATA). Available at: <https://www.iata.org/en/pressroom/pr/2021-02-03/#:~:text=International%20passenger%20demand%20in%202020,down%2048.8%25%20compared%20to%202019> (accessed December 28, 2021).
- [2] Economic Performance of the Airline Industry. The International Air Transport Association (IATA). Available at: <https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/airline-industry-economic-performance---october-2021---report/> (accessed December 28, 2021).
- [3] Decarbonising Aviation: Cleared for Take-off. Shell. Available at: [shell.com/energy-and-innovation/the-energy-future/decarbonising-aviation.html?utm\\_source=&utm\\_medium=Deloitte&utm\\_content=Deloitte\\_web\\_link\\_001\\_&utm\\_campaign=decarbonisingaviation\\_sep-dec\\_2021](https://shell.com/energy-and-innovation/the-energy-future/decarbonising-aviation.html?utm_source=&utm_medium=Deloitte&utm_content=Deloitte_web_link_001_&utm_campaign=decarbonisingaviation_sep-dec_2021) (accessed December 28, 2021).
- [4] Decarbonizing aerospace: A road map for the industry's lower-emissions future. Deloitte. Available at: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/aerospace-defense/decarbonizing-aerospace.html> (accessed December 28, 2021).
- [5] Chiaramonti D. Sustainable Aviation Fuels: the challenge of decarbonization. Energy Procedia, 2019, vol. 158, pp. 1202–1207. DOI: 10.1016/j.egypro.2019.01.308

УДК 629.7:351

## Некоторые аспекты информационной безопасности долгосрочных космических проектов

**Леун Евгений Владимирович**

leunev@laspace.ru

АО «НПО Лавочкина»

**Гупалова Татьяна Николаевна**

gupalova@rgau-msha.ru

АО «НПО Лавочкина»

**Пчелкин Сергей Евгеньевич**

ser13765@mail.ru

АО «НПО Лавочкина»

*Рассмотрены отличительные особенности долгосрочных космических проектов. Показана важность вопросов в современных реалиях экономической эффективности и безопасности, важной составляющей которой является информационная безопасность. Представлены три основные группы аспектов, наиболее сильно влияющих на информационная безопасность. Наиболее полно обсуждаются меры минимизации последствий снижения информационной безопасности третьей группы, связанной с утратой информации.*

**Ключевые слова:** космический проект, информационная безопасность, экономическая эффективность, утрата информации

Новая ракетно-космическая техника (РКТ), создаваемая и используемая на предприятиях ВПК, относится к высоким технологиям каждой страны, непосредственно участвующей в космических исследованиях и деятельности или опосредованно в виде производства составных частей и комплектующих (узлов, блоков, научной аппаратуры и др.) по кооперации. Такие вопросы являются одним из центральных приоритетного развития России не только из-за важности обеспечения обороноспособности страны, но и из-за престижа и преемственности лидерства во многих научных космических проектах и исследований.

Из-за большого количества сложных производственных цепочек, высокой зависимости от результатов НИОКР, высоких требований к надежности и отказоустойчивости многие проекты в космической отрасли являются долгосрочными. Современная реалии в значительной мере определяют необходимость обеспечения экономической эффективности и безопасности таких долгосрочных проектов, важной составляющей которой является информационная безопасность (ИБ).

Отличительной особенностью долгосрочных космических проектов является их высокая уязвимость от изменений нормативной документации, коммерческих и договорных условий, в том числе условий закупок, подготовки конструкторской документации, многократного изменения правовой формы предприятий и правил работы. Большие надежды возлагаются на активное и широкое внедрение различных средств цифровизации [1, 2] в соответствии со «Стратегией развития информационных технологий Госкорпорации «Роскосмос» на период до 2025 г. и перспективу до 2030 г.», которые среди прочего призваны минимизировать отрицательные последствия снижения ИБ. Предполагается, что данная ИТ-стратегия должна дать импульс для развития всей отрасли.

Все вопросы угроз и рисков ИБ можно условно разбить на три основные группы: несанкционированный доступ к информации, в том числе связанную с киберпреступностью [3]; утечка информации и утрату информации.

Вопросы обеспечения кибербезопасности, позволяющие минимизировать последствия и/или полностью пресечь несанкционированный доступ к информации к настоящему времени стал достаточно актуален во многих областях жизнедеятельности. Это сфера в настоящее время выделилась в отдельное направление всех производств РКТ. Одна из проблем, осложняющих минимизацию последствий этой составляющей ИБ связана с увеличением числа частных фирм [4, 5].

Отъезд специалистов в ведущие технологически развитые страны, особенно в 90-е годы XX века и начала XXI века, которую обычно обозначают как «утечка мозгов», можно отнести к вопросам утечки информации.

Третья группа, связанная с утратой информации, является вероятно наиболее характерной для производств РКТ и наиболее специфической для российского ВПК. В первую очередь это обусловлено большой «кадровой ямой», появление которой вызвано большим оттоком специалистов высокой квалификации с предприятий ракетно-космической отрасли в годы реформ: 90-е годы XX века и начала XXI века. До настоящего времени эта демографическая проблема полностью не решена, т.к. бывший отток специалистов нескомпенсирован приходом молодых специалистов, существенно нарушив научную, техническую и технологическую преемственность. Средний возраст специалистов среднего звена до сих пор составляет почти 50 лет.

К дополнительным обстоятельствам опосредованно ухудшающими ИБ долгосрочных космических проектов можно отнести следующее:

- изменение состава соисполнителей, связанное как с естественными причинами изменениями кадрового состава каждого из них, так и обновлением на рынке списка поставщиков оборудования и услуг;
- изменение курса валюты, как правило, в сторону ухудшения и соответственно стоимости импортных составных частей и комплектующих;
- изменения сроков этапов проектов в сторону сдвига общего и поэтапного финансирования.

Некоторая минимизация рисков и угроз, связанных с утратой информации и знаний, возможна при осуществлении опережающих нестандартных организационно-правовых мероприятий:

- активное патентование новых технических решений (способов, устройств и программ), позволяющих защитить их приоритет, в том числе и на международной арене;
- активная научно-исследовательская деятельность работников предприятия ВПК, позволяющая новыми исследованиями компенсировать ранее утраченную информацию;
- активная публикационная деятельность в научно-технических журналах, позволяющая фиксировать и сохранять особенности новой техники и технологий;
- перенос конструкторской документации на цифровые носители, архивирование и создание баз данных, в том числе с управляемым контролем доступа к ним;
- сохранение неформализованной информации за счет создания заархивированных пояснительных и инженерных записок по различным вопросам проектов, в том числе содержащих мемуары и воспоминания работников, активно участвовавших на их начальных этапах.

В зависимости от сложности и важности долгосрочных проектов к возможным методам минимизации утраты ценной информации также можно отнести изменениям трудовых отношений с целью использования знаний пенсионеров, бывших работников ВПК с облегченным режимом работы.

## Литература

- [1] Федина А.А., Воронина М.Е. Внедрение цифровых технологий на предприятиях космической отрасли как фактор повышения конкурентоспособности на мировом рынке // XLV Академические чтения по космонавтике (Королёвские чтения — 2021): сб. тез.: в 4 т. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021. Т. 2. С. 196–197.
- [2] Кашеварова Н.А., Иванов Н.А. Перспективы цифровой трансформации российской космической отрасли // XLV Академические чтения по космонавтике (Королёвские чтения — 2021): сб. тез.: в 4 т. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021. Т. 2. С. 101–103.
- [3] Себекин С. Кибербезопасность космической инфраструктуры: векторы развития международного сотрудничества // ПИР-Центр. 30.08.2020. URL: <http://www.pircenter.org/blog/view/id/423> (дата обращения 17.12.2021).
- [4] Кравченко Д.Б., Бауров А.Ю. Государственно-частное партнерство в сфере космической деятельности в период структурной реформы отрасли // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2016. № 3 (245). С. 48–58. DOI: 10.5862/JE.245.
- [5] Подрезов А.С., Дадонов В.А. Частная космонавтика как драйвер развития будущей космической отрасли России // XLV Академические чтения по космонавтике (Королёвские чтения — 2021): сб. тез.: в 4 т. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021. Т. 2. С. 86–88.

## Some Aspects of Information Security of Long-Term Space Projects

**Leun Evgeny Vladimirovich**

leunev@laspace.ru

Lavochkin Association

**Gupalova Tatiana Nikolaevna**

gupalova@rgau-msba.ru

Lavochkin Association

**Pchelkin Sergey Evgenevich**

ser13765@mail.ru

Lavochkin Association

*The paper discusses the distinctive features of long-term space projects. The importance of issues in the modern realities of economic efficiency and security and their important component — information security is shown. Three main groups that most strongly affect information security are presented for consideration. The measures to minimize the consequences of reducing the information security of the third group associated with the loss of information are most fully discussed.*

**Keywords:** space project, information security, economic efficiency, loss of information

## References

- [1] Fedina A.A., Voronina M.E. Vnedrenie tsifrovyykh tekhnologii na predpriyatiyakh kosmicheskoi otrrasli kak faktor povysheniya konkurentospособnosti na mirovom rynke [Introduction of digital technologies at space industry enterprises as a factor of increasing competitiveness in the world market]. XLV Akademicheskie chteniya po kosmonavtike (Korolevskie chteniya — 2021) [XLV Academic Readings on cosmonautics (Korolev Readings — 2020)]: collection of abstracts: in 4 vols. Moscow, BMSTU Press, 2021, vol. 2, pp. 196–197. (In Russ.).
- [2] Kashevarova N.A., Ivanov N.A. Perspektivnye tsifrovoi transformatsii rossiiskoi kosmicheskoi otrrasli [Prospects of digital transformation of the Russian space industry]. XLV Akademicheskie chteniya po kosmonavtike (Korolevskie chteniya — 2021) [XLV Academic Readings on cosmonautics (Korolev Readings — 2020)]: collection of abstracts: in 4 vols. Moscow, BMSTU Press, 2021, vol. 2, pp. 101–103. (In Russ.).
- [3] Sebekin S. Kiberbezopasnost' kosmicheskoi infrastruktury: vektory razvitiya mezhdunarodnogo sotrudnichestva [Cybersecurity of space infrastructure: vectors of development of international

- cooperation]. PIR-Tsentr [PIR-Center]. 30.08.2020. Available at: <http://www.pircenter.org/blog/view/id/423> (accessed December 17, 2021). (In Russ.).
- [4] Kravchenko D.B., Baurov A.Yu. Gosudarstvenno-chastnoe partnerstvo v sfere kosmicheskoi deyatel'nosti v period strukturnoi reformy otrassli [Public-private partnership in the field of space activities during the structural reform of the industry]. Nauchno-tehnicheskie vedomosti SPbGPU. Ekonomicheskie nauki [Scientific and Technical Bulletin of SPbPU. Economic sciences], 2016, no. 3 (245), pp. 48–58. DOI: 10.5862/JE.245.5 (In Russ.).
- [5] Podrezov A.S., Dadonov V.A. Chastnaya kosmonavтика kak draiver razvitiya budushchei kosmicheskoi otrassli Rossii [Private cosmonautics as a driver of the development of the future space industry of Russia]. XLV Akademicheskie chteniya po kosmonavtike (Korolevskie chteniya — 2021) [XLV Academic Readings on cosmonautics (Korolev Readings — 2020)]: collection of abstracts: in 4 vols. Moscow, BMSTU Press, 2021, vol. 2, pp. 86–88. (In Russ.).

УДК 629.7:65.014.12

## **Проектирование организационной структуры управления предприятия ракетно-космической промышленности: принципы, методы и подход к реализации**

**Ляхович Дмитрий Геннадьевич**

dlyakhovich@bmstu.ru

**МГТУ им. Н.Э. Баумана**

*Выявлена, исследована и обоснована проблема менеджмента проектирования организационной структуры управления предприятия ракетно-космической промышленности. Осуществлен сравнительный анализ и представлены система принципов и методы проектирования организационной структуры управления предприятия ракетно-космической промышленности, предложен и обоснован подход к их реализации. Работа адресована специалистам в области теории и практики производственного менеджмента и организации управления развитием предприятия ракетно-космической промышленности.*

**Ключевые слова:** организационная структура управления, управление, проектирование, предприятие, ракетно-космическая промышленность

Организационная структура управления (ОСУ) предприятия — состав, взаимосвязи и соподчиненность совокупности организационных единиц (подразделений) управления, выполняющих различные функции управления предприятием.

Основные элементы ОСУ предприятия: состав и структура функций управления; состав и численность работников управления; численность работников управления по функциям; состав и численность структурных подразделений; число уровней управления и распределения работников между ними; централизация управления; информационные взаимосвязи.

Проектирование новых и рационализация действующих ОСУ предприятия ракетно-космической промышленности (РКП) возможны только на научной методологической основе, которой является система принципов формирования ОСУ [1–3].

Основой проектирования эффективных ОСУ предприятия РКП является использование научно обоснованных методов их проектирования и рационализации. Под методами проектирования ОСУ понимают научно-теоретические основы их разработки, используемые при построении системы управления предприятием, а также при проведении крупных организационных мероприятий. К методам рационализации

ОСУ относят те способы и приемы, которые применяют на практике по совершенствованию управления предприятием. Методы проектирования ОСУ позволяют получить укрупненные и усредненные величины параметров ОСУ предприятия, методы рационализации ОСУ — выявить направления повышения их эффективности.

Проектирование ОСУ предприятия РКП должно быть осуществлено с использованием опытных, экстраполяционных и аналитических методов и методов, основанных на применении экономико-математических моделей [2–4].

Проектирование эффективного процесса управления предприятия РКП требует обоснования параметров моделирования его организационной структуры и может быть реализовано в следующей последовательности этапов: определение состава и содержания функций управления предприятием РКП; расчет численности работников управления предприятием РКП по каждой функции; определение числа структурных подразделений предприятия РКП на основе норм управляемости; определение числа уровней управления с учетом средней нормы управляемости для руководителей подразделений предприятия РКП; распределение работников предприятия РКП по установленным уровням управления, обеспечивающее рациональную степень централизации управления; утверждение руководством предприятия РКП изменений в положениях о структурных подразделениях и должностных инструкциях для работников.

Моделирование является эффективным инструментом проектирования и рационализации ОСУ предприятия РКП, позволяющим находить оптимальные варианты их построения, прогнозировать их развитие, проводить оперативную диагностику состояния действующей структуры и устанавливать ее соответствие реальным производственно-техническим условиям, оценивать различные варианты построения ОСУ предприятия.

## Литература

- [1] Ягудина Г.Р. Процесс проектирования организационной структуры управления // Теория и практика современной науки. 2018. № 12. С. 557–561.
- [2] Burton R., Obel B., H konsson D. Organizational design: A step-by-step approach. Cambridge: Cambridge University Press, 2020. 264 р.
- [3] Стуруя К.О., Водчиц А.С., Ляхович Д.Г. и др. Проектирование организационной структуры управления предприятия машиностроения: принципы, методы и подход к реализации // Будущее машиностроения России: сб. докл. XIII всерос. конф. молод. учен. и спец.: в 3 т. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2020. Т. 2. С. 377–379.
- [4] Белоносов К.Ю., Терентьева З.С., Ляхович Д.Г. Разработка модульной организационной структуры предприятия на основе принципа многомерности // Проблемы теории и практики управления. 2019. № 3–4. С. 63–68.

## **Designing the Organizational Structure of Management of the Enterprise of the Rocket and Space Industry: Principles, Methods and Approach to Implementation**

**Lyakhovich Dmitry Gennadevich**  
**BMSTU**

dlyakhovich@bmstu.ru

*The problem of design management of the organizational structure of the enterprise of the rocket and space industry is revealed, investigated and substantiated. A comparative analysis is carried out and a system of principles and methods for designing the organizational structure of*

*management of an enterprise in the rocket and space industry is presented, an approach to their implementation is proposed and substantiated. The work is addressed to specialists in the field of theory and practice of production management and organization of management of the development of an enterprise in the rocket and space industry.*

**Keywords:** organizational management structure, management, design, enterprise, rocket and space industry

## References

- [1] Yagudina G.R. Protsess proektirovaniya organizatsionnoi struktury upravleniya [Process of designing the organizational management structure]. Teoriya i praktika sovremennoi nauki [Theory and practice of modern science], 2018, no. 12, pp. 557–561. (in Russ.).
- [2] Burton R., Obel B., H konsson D. Organizational design: A step-by-step approach. Cambridge, Cambridge University Press, 2020, 264 p.
- [3] Sturua K.O., Vodchits A.S., Lyakhovich D.G. et al. Proektirovaniye organizatsionnoi struktury upravleniya predpriyatiya mashinostroeniya: printsipy, metody i podkhod k realizatsii [Designing an organizational management structure of a mechanical engineering enterprise: principles, methods and approach to implementation]. Budushchee mashinostroeniya Rossii: Sb. dokl. XIII vseros. konf. molod. uchen. i spets.: [Proc. XIII All-Russ. conf. of young scientists and specialists (with international participation) "The future of mechanical engineering in Russia"]: in 3 vols. Moscow, BMSTU Press, 2020, vol. 2, pp. 377–379. (in Russ.).
- [4] Belonosov K.Yu., Terenteva Z.S., Lyakhovich D.G. Razrabotka modul'noi organizatsionnoi struktury predpriyatiya na osnove printsipa mnogomernosti [Development of modular organizational structure of the enterprise based on the principle of multidimensionality]. Problemy teorii i praktiki upravleniya [Problems of theory and practice of management], 2019, no. 3-4, pp. 63–68. (in Russ.).

УДК 629.7:65.014.12

## Модульная организационная структура предприятия ракетно-космической промышленности: особенности и функциональная схема

Ляхович Дмитрий Геннадьевич

dlyakhovich@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана

*На основе результатов анализа публикаций российских и зарубежных ученых и специалистов в области производственного менеджмента и организационного проектирования предложен подход к формированию организационной структуры предприятия ракетно-космической промышленности. Представлена функциональная схема модульной организационной структуры предприятия ракетно-космической промышленности. Работа адресована специалистам в области теории и практики производственного менеджмента и организации управления развитием предприятия ракетно-космической промышленности.*

**Ключевые слова:** организационная структура управления, управление, проектирование, предприятие, ракетно-космическая промышленность

Отсутствие эффективных управленческих решений по формированию и (или) изменению организационной структуры предприятия обусловлены недостаточной гибко-

стью и несовершенством используемых их руководством методов, моделей и механизмов [1, 2].

Модульная организационная структура предприятия ракетно-космической промышленности (РКП) формируется набором отдельных платформ, которые, соединяясь вместе, образуют единое целое. Роль каждой платформы заключается в реализации тех или иных процессов предприятия РКП. Каждая платформа образуется совокупностью модулей, схожих по своим характеристикам. Отношения и взаимодействия платформ определяются исходя из главной цели и (или) задач предприятия РКП и вместе интегрируются в единое целое. Каждая платформа и формирующие ее модули функционируют как независимые подсистемы, имеют возможность самостоятельного регулирования, и в то же время остаются частями единого целого, что позволяет максимально гибко и эффективно реагировать на требования конкурентной среды [3, 4]. Такой тип организационной структуры позволяет руководству предприятия РКП варьировать его структурой и перераспределять процессы в соответствие с изменениями внутренней и внешней среды.

Технологии, которые используются на предприятии РКП, разрабатываются и реализуются модулями входной платформы как элемента функциональной схемы модульной организационной структуры предприятия РКП. Взаимодействие между ними и всеми прочими модулями должно быть организовано по принципу внутреннего рынка — это позволит получать высокие результаты как их деятельности, так и модулей выходной платформы.

Производство продукции обеспечивается модулями выходной платформой как элемента функциональной схемы модульной организационной структуры предприятия РКП. Они представляют собой набор частично или полностью самофинансируемых операционных единиц. Модули выходной платформы обеспечивают достижение предприятием РКП главной цели и (или) задач, а их автономность и самостоятельность должна увеличиваться до тех пор, пока это не начинает сказываться на целостности и работоспособности всей организационной структуры.

Взаимодействие с потребителями, поиск и поддержка процессов управления реализацией и продвижением результатов деятельности предприятия РКП обеспечиваются модулями рыночной платформой как элемента функциональной схемы модульной организационной структуры предприятия РКП. Ее процессами являются связи с общественностью, в том числе защита интересов потребителей внутри предприятия РКП, а также реализации и продвижения готовой продукции.

Модульная организационная структура предприятия РКП на основе принципа многомерности может позволить его руководству переключить внимание с процессов управления его элементами на процессы управления их взаимодействием и достичь необходимого уровня гибкости и маневренности в его деятельности.

## Литература

- [1] Бурыкин А.Д., Кваша В.А. Организационная структура управления предприятием и факторы, влияющие на ее эффективность // Экономика и управление: проблемы, решения. 2018. Т. 2, № 7. С. 55–64.
- [2] Ксенофонтова Т.Ю., Крикун В.П. Формирование организационной структуры управления предприятием в целях повышения уровня его конкурентоспособности // Экономика и менеджмент систем управления. 2018. Т. 30, № 4–2. С. 210–217.

- [3] Gharajedaghi J. Systems thinking: Managing chaos and complexity: A platform for designing business architecture. San Francisco: Morgan Kaufmann Publ., 2011, 376 p.
- [4] Белоносов К.Ю., Терентьева З.С., Ляхович Д.Г. Разработка модульной организационной структуры предприятия на основе принципа многомерности // Проблемы теории и практики управления. 2019. № 3–4. С. 63–68.

## Modular Organizational Structure of the Enterprise of the Rocket and Space Industry: Features and Functional Diagram

**Lyakhovich Dmitry Gennadevich**

dlyakhovich@bmstu.ru

BMSTU

*Based on the results of the analysis of publications of Russian and foreign scientists and specialists in the field of production management and organizational design, an approach to the formation of the organizational structure of an enterprise in the rocket and space industry is proposed. The functional diagram of the modular organizational structure of the enterprise of the rocket and space industry is presented. The work is addressed to specialists in the field of theory and practice of production management and organization of management of the development of an enterprise in the rocket and space industry.*

**Keywords:** organizational management structure, management, design, enterprise, rocket and space industry

### References

- [1] Burykin A.D., Kvasha V.A. Organizatsionnaya struktura upravleniya predpriyatiem i factory, vliyayushchie na ee effektivnost' [The organizational structure of enterprise management and factors influencing its effectiveness]. Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya [Economics and Management: Problems, Solutions], 2018, vol. 2, no. 7, pp. 55–64. (in Russ.).
- [2] Ksenofontova T.Yu., Krikun V.P. Formirovaniye organizatsionnoi struktury upravleniya predpriyatiem v tselyakh povysheniya urovnya ego konkurentospособности [Formation of organizational structure of enterprise management in order to improve its level of competitiveness]. Ekonomika i menedzhment sistem upravleniya [Economics and management of control systems], 2018, vol. 30, no. 4–2, pp. 210–217. (in Russ.).
- [3] Gharajedaghi J. Systems thinking: Managing chaos and complexity: A platform for designing business architecture. San Francisco, Morgan Kaufmann Publ., 2011, 376 p.
- [4] Belonosov K.Yu., Terenteva Z.S., Lyakhovich D.G. Razrabotka modul'noi organizatsionnoi struktury predpriyatiya na osnove printsipa mnogomernosti [Development of modular organizational structure of the enterprise based on the principle of multidimensionality]. Problemy teorii i praktiki upravleniya [Problems of theory and practice of management], 2019, no. 3-4, pp. 63–68. (in Russ.).

УДК 316.422.44

## Анализ перспективных технологий цифровизации в наукоемком секторе экономики

**Марченкова Ольга Владимировна**

marchenkovaolya113@gmail.com

*МГТУ им Н.Э. Баумана*

**Шиболденков Владимир Александрович**

vshiboldenkov@mail.ru

*МГТУ им. Н.Э. Баумана*

*Рассмотрена необходимость поиска новых технологий, которые не только помогут оптимизировать работу бизнеса и повысить прибыль, но также будут сочетаться с уже установленными в компании программами. Внедрение технологий нового поколения, получивших наименование «сквозных», по причине масштабов и глубины их распространения, позволяет говорить о развитии цифровой экономики. К ней относят разнообразную деятельность, в которой применение цифровой информации и знаний занимает ведущее место в процессе изготовления продукта. Сделан вывод, что ядром всех преобразований на сегодняшний день является цифровая трансформация экономики.*

**Ключевые слова:** экономика, цифровизация, инновации, цифровые технологии, конкуренция, рынок B2C (*Business to Customer*)

В современном мире, где стремительно происходит развитие торгового сектора экономики для предприятия необходимо иметь конкурентное преимущество. На успешность бизнеса влияет множество факторов как внутри компании, так и за ее пределами. Поэтому многие компании озабочены поиском новых технологий, которые не только помогут оптимизировать работу бизнеса и повысить прибыль, но также будут сочетаться с уже установленными в компании программами, чтобы компании процветали [1]. Для эффективной деятельности компаниям научоемких отраслей экономики необходимо контролировать и управлять производством продукции на каждом этапе цепочки создания стоимости, что качественно сделать без использования вспомогательных инструментов представляется практически невозможным [2].

Для решения ряда вопросов, связанных с успешным ведением бизнеса, используются различные системы и платформы, которые упрощают, сокращают и оптимизируют работу в компании в самых разных отделах и на самых разных уровнях организации. Сектор услуг получает весьма заслуженное внимание в связи с его неизбежной ролью в экономическом развитии страны. Несмотря на все усилия, такие проблемы, как взаимосвязь между технологическим прогрессом и развитием услуг, еще предстоит выявить с точки зрения новых приложений, которые организации хотят разрабатывать и внедрять.

Основываясь на специфике бизнеса, например, на его стратегической мотивации и видении; разные предприятия по-разному реагируют на колебания рынка. Изменения на рынке в значительной степени зависят либо от изменения восприятия и потребностей клиентов, либо от непредсказуемого поведения подсистем в системной иерархии. Изменяющееся поведение подсистем может быть объяснено с использованием различных потребностей клиентов, что является результатом внедрения новых технологий, продуктов и услуг на рынке. Цифровизация — это процесс, который предполагает использование цифровых технологий и оцифрованных данных для трансформации бизнес-процессов, бизнес-моделей, бизнес-операций [3].

Широкое внедрение цифровых технологий увеличивает конкуренцию на мировых рынках и стимулирует ведущие промышленно развитые страны проводить соответствующую промышленную политику и увеличивать инвестиции в исследования и разработки. На данный момент можно выделить основные тренды цифровой экономики, а именно: инновационные инструменты управления, быстрое изменение бизнес-моделей, цифровые рынки, Интернет вещей и искусственный интеллект [4].

На данный момент ряд отраслей уже внедрили технологии цифровизации для повышения эффективности производства, например, в нефтегазовой отрасли идет активное применение цифровых технологий, чтобы осуществлять основные функции контроля количества и качества нефти и нефтепродуктов в онлайн-режиме, для чего необходима максимальная автоматизация бизнес-процессов контроля качества, современного технического и технологического уровня. Цифровизация дает возможность снизить время на бурение скважины с 20 до 13 дней, что является действенным инструментом повышения эффективности производства наряду с нетрадиционной добычей нефти [5].

Таким образом, ядром всех преобразований на сегодняшний день является цифровая трансформация экономики. Все бизнес-процессы любой организации и даже отдельного человека отображаются некоторым цифровым дубликатом, для работы с которым необходимо существенное усиление автономности и интеллектуальности всей бизнес-экосистемы [6].

## Литература

- [1] Обзор мировых трендов цифровизации экономики. Cyberleninka. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-mirovyh-trendov-tsifrovizatsii-ekonomiki> (дата обращения 15.11.2021).
- [2] Шиболденков В.А., Ваняшкина А.Ю., Пахомова О.О. Сравнительный анализ программ цифровизации стратегических отраслей промышленности Российской Федерации // XLV Академические чтения по космонавтике (Королёвские чтения — 2021): сб. тез.: в 2 т. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021. Т. 2. С. 185–187.
- [3] Основные понятия цифровизации. Cyberleninka. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-ponyatiya-tsifrovizatsii/viewer> (дата обращения 15.11.2021).
- [4] Тренды в развитии цифровой экономики. Cyberleninka. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/trendy-v-razvitiyu-tsifrovoy-ekonomiki/viewer> (дата обращения 15.11.2021).
- [5] Дроговоз П.А., Харин Н.И. Экономический эффект от внедрения технологий цифрового производства в нефтегазовой отрасли // Финансы и кредит. 2021. Т. 27, № 3. С. 672–692. DOI: <https://doi.org/10.24891/fc.27.3.672>
- [6] Кашеварова Н.А., Шиболденков В.А. Развитие производственных экосистем и платформ в условиях цифровой трансформации промышленности // IX Чарновские чтения: сб. тр. Всеросс. науч. конф. М: НОЦ «Контроллинг и управленические инновации», 2019. С. 71–79.

## Analysis of Leading-edge Technology in Knowledge-based Economy

**Marchenkova Olga Vladimirovna**  
BMSTU

marchenkovaolya113@gmail.com

**Shiboldenkov Vladimir Alexandrovich**  
BMSTU

vshiboldenkov@mail.ru

*Economic trends in industrialized countries indicate that digitalization processes are global in nature. The introduction of new generation technologies, called "end-to-end", due to the scale*

*and depth of their distribution, makes it possible to talk about the development of the digital economy. It includes a variety of activities in which the use of digital information and knowledge takes a leading place in the process of manufacturing a product.*

**Keywords:** economy, digitalization, innovation, market, digital technologies, competition

## References

- [1] Obzor mirovykh trendov tsifrovizatsii ekonomiki [Overview of global trends in the digitalization of the economy]. Cyberleninka. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-mirovyh-trendov-tsifrovizatsii-ekonomiki> (accessed November 15, 2021). (In Russ.).
- [2] Shiboldenkov V.A., Vanyashkina A.Yu., Pakhomova O.O. Sravnitel'nyy analiz programm tsifrovizatsii strategicheskikh otrrasley promyshlennosti Rossiyskoy Federatsii [Comparative analysis of digitalization programs of strategic industries of the Russian Federation]. XLV Akademicheskiye chteniya po kosmonavtike (Korolevskiy chteniya — 2021) [XLV Academic Readings on cosmonautics (Korolev Readings — 2021)]: collection of abstracts: in 2 vols. Moscow, BMSTU Press, 2021, vol. 2, pp. 185–187. (In Russ.).
- [3] Osnovnyye ponyatiya tsifrovizatsii [Basic concepts of digitalization]. Cyberleninka. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-ponyatiya-tsifrovizatsii/viewer> (accessed November 15, 2021). (In Russ.).
- [4] Trendy v razvitiy tsifrovoy ekonomiki [Trends in the development of the digital economy]. Cyberleninka. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/trendy-v-razvitiy-tsifrovoy-ekonomiki/viewer> (accessed November 15, 2021). (In Russ.).
- [5] Drogovoz P.A., Kharin N.I. Ekonomicheskiy effekt ot vnedreniya tekhnologiy tsifrovogo proizvodstva v neftegazovoy otrassli [The economic benefits of digitalization in the oil and gas industry]. Finansy i kredit [Finance and Credit], 2021, vol. 27, no. 3, pp. 672–692. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24891/fc.27.3.672>
- [6] Kashevarova N.A., Shiboldenkov V.A. Razvitiye proizvodstvennykh ekosistem i platform v usloviyakh tsifrovoy transformatsii promyshlennosti [Development of production ecosystems and platforms in the conditions of digital transformation of industry]. IX Charnovskiy chteniya: sb. tr. Vseross. nauch. konf. [IX Charnov readings: proceedings of the All-Russian Scientific Conference]. Moscow, NOTS “Kontrolling i upravlencheskiye innovatsii” Publ., 2019, pp. 71–79. (In Russ.).

УДК 338.984

## Проблемы управления сроками выполнения заказов в ракетно-космической отрасли

**Масленникова Юлия Леонидовна**

[maslennikova.yuliya@yandex.ru](mailto:maslennikova.yuliya@yandex.ru)

**МГТУ им. Н.Э. Баумана**

**Бром Алла Ефимовна**

[allabrom@bmstu.ru](mailto:allabrom@bmstu.ru)

**МГТУ им. Н.Э. Баумана**

*Описана специфика продукции ракетно-космической отрасли, этапов ее создания, особенности позаказного производства. Выделены основные причины сложности оперативного планирования на позаказном производстве, заключающиеся в «потоках возврата». Из-за возвратных операций возникают внеплановые заказы, оказывающие воздействие на характер производственного процесса. Авторы ставят перед собой задачу разработки инструментов оперативного планирования, учитывающего появление внеплановых заказов.*

**Ключевые слова:** ракетно-космическая отрасль, производство, возвратная операция, внеплановый заказ, интервальное оценивание, интервальные оценки, интервальное планирование

Ракетно-космическая отрасль играет главную роль в обеспечении оборонной и экономической безопасности страны. Ракетно-космическая промышленность (РКП) включает в себя более 100 научно-исследовательских институтов и предприятий, которые занимаются разработкой, производством и запуском космических аппаратов. РКП характеризуется единичным, либо мелкосерийным типом производства, высокими объемами научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, длительными циклами разработки и производства изделий, широкой внутриотраслевой кооперацией, технологичностью производственных процессов, высокой наукоемкостью, сложностью, дороговизной, уникальностью и инновационностью изделий [1–3].

Такая продукция является сложной системой, состоящей из множества элементов. Детали ракетно-космической техники являются наиболее ответственными, к ним предъявляются высочайшие требования по качеству и эксплуатационным свойствам, они отличаются высокой сложностью поверхностей, высокими параметрами точности, прочности и другими характеристиками.

Для создания ракетно-космической техники ведется отдельная и совместная работа различных научных центров, лабораторий, конструкторских бюро. Несмотря на использование современных технологий, автоматизированных систем проектирования, создание единой среды цифрового пространства, работы конструкторов, расчетчиков, технологов и других инженеров от проектирования до готового продукта характеризуется высокой длительностью.

Производство ракетно-космической техники можно считать позаказным производством. При позаказном производстве фактически каждый заказ является уникальным изделием. Новая номенклатура требует проведения ряда операций по разработке макета и прототипа, технологической подготовке производства, включающие разработку техпроцесса изготовления, нормирование, создание оснастки и др.

На крупносерийном, массовом производстве каждое оборудование в технологической цепочке используется один раз. Для позаказного единичного производства каждая номенклатура изделия имеет собственный маршрут движения на производстве. Технологический процесс может быть построен таким образом, что для выполнения очередной технологической операции деталь повторно поступает на обработку на один и тот же станок. Более того, в силу уникальности и сложности продукции РКП детали возвращаются на доработку с производства в конструкторские бюро и научные лаборатории. Это приводит к возникновению «потоков возврата» и существенно усложняет планирование производства [4]. Большое число операций, прикрепляемых к одному рабочему месту, создает обстановку часто меняющихся производственных условий на рабочих местах, что выражается в частых изменениях настройки оборудования, заменах инструмента и приспособлений, смене на рабочих местах сортов и марок материала, подвергающегося обработке, в постоянном освоении новых работ по новым чертежам и техническим условиям. Более того, различия технологических маршрутов обуславливают неравномерность загрузки оборудования, что приводит к простоям, либо к скоплению очередей, отражаясь на длительности производственного цикла. Все это требует дополнительного времени, которое должно учитываться при планировании. Возникает проблема сложности планирова-

ния длительности производственного цикла РКП. Так как процесс производства не детерминирован, предлагается длительность каждой операции принять за случайную величину и подойти к оценке длительности выполнения заказа как к случайному процессу. Длительность выполнения всего заказа будет представлена в виде интервальной оценки с заданным доверительным интервалом.

Для получения оценки длительности одной операции необходимо ввести следующие параметры:

пусть  $f_1, f_2, \dots, f_n$  — плотности распределения случайных величин, которые указали эксперты (начальник цеха, начальник отдела планирования, конструктор, технолог), оценивая наиболее реалистичные длительности выполнения операции;  $C_1, C_2, \dots, C_n$  — веса экспертных данных;  $\gamma$  — заданный уровень доверия.

Экспертам предлагается использовать три вида распределений: равномерное ( $U$ ), треугольное ( $T$ ) и трапециевидное ( $Tr$ ), как наиболее подходящих и удобных в оперировании.

Основная идея агрегации экспертных оценок заключается в том, что время выполнения одной операции рассматривается, как случайная величина со смешанным распределением:

$$f = \sum_{k=1}^n C_k f_k.$$

Вероятность того, что случайная величина примет значение, лежащее в интервале  $(a, b)$ , равна определенному интегралу в пределах от  $a$  до  $b$ , от плотности распределения этой случайной величины:

$$P(a < X < b) = \int_a^b f(x) dx,$$

где  $a$  и  $b$  — искомые значения интервала длительности выполнения операции;  $f(x)$  — функция распределения СВ.

Для нахождения значений  $a, b$  примем сл. уравнения:

$$\begin{cases} b - a \rightarrow \min \\ \int_a^b f(x) dx \geq \gamma \end{cases}$$

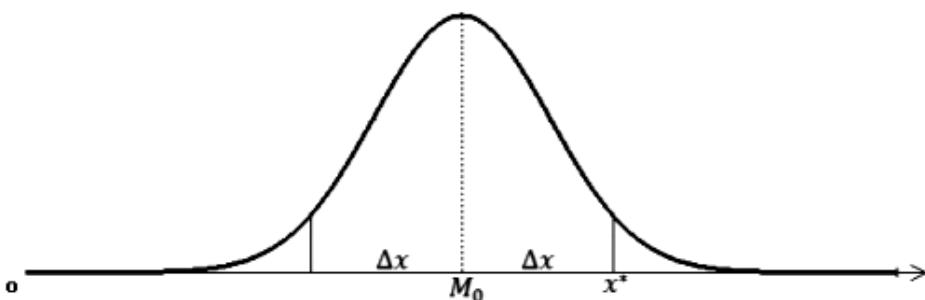
Необходимо решать эту задачу численно.

С целью определения интервала длительности выполнения всего заказа необходимо просуммировать случайные величины каждой операции, интервал также будет удовлетворять заранее заданному уровню доверия  $\gamma$ .

Случайная величина сходится по распределению к стандартной нормально распределенной случайной величине  $N(0,1)$ . Необходимо найти наибольший отрезок, интеграл по которому от плотности распределения будет равен  $\gamma$ . Учитывая, что нормальное распределение симметрично относительно математического ожидания  $M_0$  и, что значение плотности распределения монотонно убывает при удалении от  $M_0$ , то искомый интервал будет так же симметричен относительно  $M_0$ . Таким образом, можно искать лишь половину интервала, например, в сторону большую, чем  $M_0$ . Для этого необходимо решить следующее уравнение:

$$F(x) - F(M_0) = \gamma/2.$$

Если обозначим решение уравнения как  $x^*$  и введем обозначение  $\Delta x = x^* - M_0$ , то получим интервал дат выполнения всего заказа  $[M_0 - \Delta x, M_0 + \Delta x]$  (рис. 1).



**Рисунок 1.** Нахождение интервала дат из нормального распределения

В работе приведен инструмент, на основании которого возможно принять решение об определении срока исполнения заказа, который будет прописан в договоре. Более того инструмент интервальной оценки позволит координировать взаимодействие проектировщиков, конструкторов, производственных рабочих и отдел планирования и координации заказов. Инструмент позволяет минимизировать возможность срыва сроков исполнения контракта, что влечет выплату неустойки за просрочку исполнения обязательств по договору и потерю деловой репутации.

### Литература

- [1] Садовская Т.Г., Кашеварова Н.А. Проектирование системы управления жизненным циклом объектов интеллектуальной собственности на предприятиях ракетно-космической отрасли // Инженерный журнал: наука и инновации. 2013. Вып. 3. URL: <http://engjournal.ru/articles/649/649.pdf> (дата обращения 08.12.2021).
- [2] Карпов А.С. Ракетно-космическая промышленность Российской Федерации: современное состояние и перспективы // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2008. № 12 (33). С. 43–48.
- [3] Кохно П., Вейко А. Экономический механизм развития ракетно-космической отрасли // Общество и экономика. 2016. № 9. С. 75–104.
- [4] Бром А.Е., Масленникова Ю.Л. Оценка организационной устойчивости опытного производства с учетом приоритетности выполнения заказов // Автоматизация в промышленности. 2021. № 8. С. 39–42.

### Problems of Order Lead Time Management in the Rocket and Space Industry

**Maslennikova Yuliya Leonidovna**  
BMSTU

maslennikova.yuliya@yandex.ru

**Brom Alla Efimovna**  
BMSTU

allabrom@bmstu.ru

*The paper describes the specifics of rocket and space industry products, the stages of their creation, and the peculiarities of order-based production. The main reasons for the complexity of operational planning in order-order production, consisting in "return flows", are highlighted. Be-*

*cause of return operations, unscheduled orders arise, which have an impact on the nature of the production process. The authors set themselves the task of developing an operational planning tool that takes into account the appearance of unscheduled orders.*

**Keywords:** production composition of the order, return operation, unscheduled ordering, Interval estimation, interval scheduling, production

## References

- [1] Sadovskaya T.G., Kashevarova N.A. Proektirovaniye sistemy upravleniya zhiznennym tsiklom ob"ektov intellektual'noi sobstvennosti na predpriyatiyakh raketno-kosmicheskoi otrassli [Designing a life cycle management system for intellectual property objects at enterprises of the rocket and space industry]. Inzhenernyi zhurnal: nauka i innovatsii [Engineering Journal: Science and Innovation], 2013, iss. 3. Available at: <http://engjournal.ru/articles/649/649.pdf> (accessed December 8, 2021). (In Russ.).
- [2] Karpov A.S. Raketno-kosmicheskaya promyshlennost' Rossiiskoi Federatsii: sovremennoe sostoyanie i perspektivy [Rocket and space industry of the Russian Federation: current state and prospects]. Natsional'nye interesy: prioritety i bezopasnost' [National interests: priorities and security], 2008, no. 12 (33), pp. 43–48. (In Russ.).
- [3] Kokhno P., Veiko A. Ekonomicheskii mekhanizm razvitiya raketno-kosmicheskoi otrassli [The economic mechanism of the development of the rocket and space industry]. Obshchestvo i ekonomika [Society and Economics], 2016, no. 9, pp. 75–104. (In Russ.).
- [4] Brom A.E., Maslennikova Yu.L. Otsenka organizatsionnoi ustoichivosti opytnogo proizvodstva s uchetom prioritetnosti vypolneniya zakazov [Assessment of the organizational stability of pilot production taking into account the priority of order fulfillment]. Avtomatizatsiya v promyshlennosti [Automation in industry], 2021, no. 8, pp. 39–42. (In Russ.).

УДК 338.27

## Влияние развития космической промышленности на показатель валового внутреннего продукта страны

**Мелик-Асланова Нармина Октай**

melik-aslanova@yandex.ru

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)

**Горбунов Григорий Леонидович**

gorbunovgl@mail.ru

ПАО «РКК «Энергия»;

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)

**Алисенов Алисен Сакинович**

a.alisenov@mail.ru

Российская академия народного хозяйства и государственной службы  
при Президенте Российской Федерации

*Рассмотрена деятельность предприятий космической отрасли в России. Исходя из этого планируется изучить вопрос влияния развития космической промышленности на показатель валового внутреннего продукта (ВВП) как показателя развития экономики страны. Предложены задачи, решение которых поможет обосновать необходимость развития деятельности организаций космической отрасли в контексте повышения роста показателя ВВП Российской Федерации.*

**Ключевые слова:** космическая отрасль, ВВП, экономическая эффективность, валовой внутренний продукт

Одной из целей космической промышленности является содействие экономическому развитию РФ, повышение благосостояния населения путем рационального и эффективного использования космической техники, космических материалов и космических технологий, а также расширение масштабов их использования.

Доля России на мировом космическом рынке составляет менее одного процента. Россия запускает в космос коммерческие аппараты, производит и продает за рубеж спутники, ракеты и ракетные двигатели, отправляет космонавтов на Международную космическую станцию.

В настоящее время ведущие организации космической отрасли входят в состав Федерального космического агентства (Роскосмос), созданного в августе 2015 г. В состав Роскосмоса входит 75 организаций, а также 13 системообразующих организаций.

Большой объем инвестиций государством в космическую отрасль вызывает ряд вопросов, связанных с эффективностью вложений. Насколько целесообразны эти инвестиции? Какова динамика деятельности организаций космической отрасли? Как экономика страны зависит от развития космической промышленности?

Исходя из цели космической деятельности и вышеперечисленных вопросов, возникает необходимость в исследовании влияния развития космической отрасли на показатель валового внутреннего продукта (ВВП) как показателя развития экономики.

Основные проблемы и роль космической деятельности раскрыты в трудах многих отечественных и зарубежных авторов. Среди них следует выделить труды таких ученых как П.А. Дроговоза [1], Н.А. Кашеваровой [2], Н.П. Капрана [2], В.И. Латышева [4], В.А. Шиболденкова [3], Д.А. Кореньковой [3], И.Н. Омельченко [5], А.А. Янки [6].

В результате исследования развития деятельности организаций космической отрасли и показателей развития экономики разработана цель исследовательской работы и поставлены задачи, решение которых поможет достижению этой цели.

Цель исследовательской работы — оценить влияние развития космической отрасли на показатели эффективности развития экономики, в частности, на показатель ВВП.

Задачи исследования: исследовать деятельность ведущих предприятий космической отрасли в период 2011–2021 гг.; классифицировать организации космической отрасли по производимой продукции; изучить влияние развития организаций космической отрасли на социально-экономические показатели страны; изучить методы расчета показателя ВВП и проанализировать влияние деятельности организаций космической отрасли на показатель ВВП страны.

Несомненно, решение разработанных задач и достижение поставленной цели поможет обосновать необходимость развития космической деятельности для экономического развития страны.

Результаты исследования основываются на применении современных методов научных исследований, включая метод экспертных оценок, методы системного анализа и прогнозирования экономических показателей.

## Литература

- [1] Drogovoz P.A., Filobokova L.Y., Drobkova O.S. An approach to the integration-balanced management of industrial complexes development in the space industry // AIP Conference Proceedings. 2021. Vol. 2318. Art. ID 070008. DOI: 10.1063/5.0035927

- 
- [2] Drogovoz P.A., Kashevarova N.A., Kapran N.P. Approach to valuation of aerospace technologies commercialization capability // AIP Conference Proceedings. 2021. Vol. 2318. Art. ID 070003. DOI: 10.1063/5.0035767
  - [3] Drogovoz P.A., Kashevarova N.A., Shiboldenkov V.A., Korenkova D.A. Specifics of applying Agile methods in the space industry // AIP Conference Proceedings. 2021. Vol. 2318. Art. ID 070004. DOI: 10.1063/5.0035762
  - [4] Drogovoz P.A., Latyshev V.I. Modeling of nonlinear socio-economie processes at critical information infrastructure enterprises // AIP Conference Proceedings. 2021. Vol. 2318. Art. ID 070005. DOI: 10.1063/5.0035786
  - [5] Omelchenko I., Drogovoz P., Gorlacheva E., Shiboldenkov V., Yusufova O. The modeling of the efficiency in the new generation manufacturing-distributive systems based on the cognitive production factors // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 630. Art. ID 012020. DOI: 10.1088/1757-899X/630/1/012020
  - [6] Яник А.А. Космическая трансформация экономики: предвестники и тенденции. Исследования космоса. 2019. № 1. С. 1–14. DOI: 10.7256/2453-8817.2019.1.31049

## The Impact of the Development of the Space Industry on the Gross Domestic Product of the Country

**Melik-Aslanova Narmina Oktay**

melik-aslanova@yandex.ru

*Moscow Aviation Institute (National Research University)*

**Gorbunov Grigory Leonidovich**

gorbunovgl@mail.ru

*S.P. Korolev Rocket and Space Public Corporation Energia;  
Moscow Aviation Institute (National Research University)*

**Alisenov Alisen Sakinovich**

a.alisenov@mail.ru

*The Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration*

*The activity of the space industry in Russia is considered. Based on this, it is planned to study the impact of the development of the space industry on the gross domestic product (GDP) as an indicator of the development of the country's economy. In this regard, tasks have been developed, the solution of which will help justify the need to develop the activities of space industry organizations in the context of increasing the growth of the GDP indicator of the Russian Federation.*

**Keywords:** space industry, GDP, economic efficiency, gross domestic product

## References

- [1] Drogovoz P.A., Filobokova L.Y., Drobkova O.S. An approach to the integration-balanced management of industrial complexes development in the space industry. AIP Conference Proceedings, 2021, vol. 2318, art. ID 070008. DOI: 10.1063/5.0035927
- [2] Drogovoz P.A., Kashevarova N.A., Kapran N.P. Approach to valuation of aerospace technologies commercialization capability. AIP Conference Proceedings, 2021, vol. 2318, art. ID 070003. DOI: 10.1063/5.0035767
- [3] Drogovoz P.A., Kashevarova N.A., Shiboldenkov V.A., Korenkova D.A. Specifics of applying Agile methods in the space industry. AIP Conference Proceedings, 2021, vol. 2318, art. ID 070004. DOI: 10.1063/5.0035786
- [4] Drogovoz P.A., Latyshev V.I. Modeling of nonlinear socio-economie processes at critical information infrastructure enterprises. AIP Conference Proceedings, 2021, vol. 2318, art. ID 070005. DOI: 10.1063/5.0035786
- [5] Omelchenko I., Drogovoz P., Gorlacheva E., Shiboldenkov V., Yusufova O. The modeling of the efficiency in the new generation manufacturing-distributive systems based on the cognitive produc-

- tion factors. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2019, vol. 630, art. ID. 012020. DOI: 10.1088/1757-899X/630/1/012020
- [6] Yanik A.A. Kosmicheskaya transformatsiya ekonomiki: predvestniki i tendentsii [Cosmic transformation of the economy: harbingers and trends]. Issledovaniya kosmosa [Space exploration], 2019, no. 1, pp. 1–14. DOI: 10.7256/2453-8817.2019.1.31049 (in Russ.).

УДК 881.3

## Цифровая экономика в индустриальном обществе

Меняев Михаил Федорович

2505mmf@mail.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Показана взаимосвязь развития машиностроительных технологий, реализации цифровых инструментов обработки информации и развития экономических методов для управления ресурсами предприятия. Сформулировано понятие «Цифровая экономика предприятия», которое обозначает необходимость постоянного оперативного учета в деятельности предприятия во взаимосвязи с его различными технологическими, материальными, финансовыми и трудовыми ресурсами. Определена значимость цифрового бизнеса, осуществляемого с помощью цифровых технологий и представляющего собой форму экономических отношений, в которой юридические и физические лица предприятия могут постоянно контактировать между собой в процессе совместной деятельности.

**Ключевые слова:** цифровая экономика, индустриальное общество, цифровая среда предприятия, цифровой менеджмент, цифровые данные, машиностроение

Формирование современного индустриального общества предполагает активное применение цифровых технологий не только для повышения эффективности труда, но прежде для поиска инновационных путей его развития. На пути этого процесса важным становится разработка и использование соответствующих цифровых инструментов, позволяющих найти и использовать эти инновации. Его особенность в том, что в процессе применения этих инструментов происходит трансформация производственного, экономического, социального, культурного и других аспектов в жизни общества, в итоге изменяет само общество [1].

Преимущества цифровых технологий на предприятии первоначально были направлены на повышение эффективности системы учета и планирования ресурсов предприятия, на поддержку необходимого уровня качества продукции и (или) услуг. Для этого анализировали оперативные данные, полученные в результате экономической деятельности подразделений предприятия и представленные в цифровой форме [2].

Реализация потребностей индустриального развития общества приводит к формированию инновационных технологических решений, развитию цифровой индустрии, экономических механизмов управления предприятием. Этапы такого развития можно представить в виде временной взаимосвязь достижений индустриальной технологии, становления цифровых технологий и разработки экономических методов управления предприятием на протяжении последнего столетия.

Например, в начале прошлого столетия инновационное развитие промышленности шло по пути использования конвейерных технологий в интересах обеспечения массовой продукции, что предполагало использование электромеханических счетных

устройств и применения объемных методов планирования, то в середине прошлого века промышленность в области дальней авиации, ракетных технологий использовала полупроводниковые ЭВМ, применяя методы планирования необходимых ресурсов. В начале нового тысячелетия развитие робототехнического производства потребовало развития сетевых технологий, систем искусственного интеллекта, космонавтики, что повлияло на формирование современного парка цифровых и сетевых технологий, применение методов планирования необходимых ресурсов предприятия.

Индустриальное развитие определяет необходимость разработки инновационных решений в области цифровых технологий, что, в свою очередь, инициирует процессы формирования и применения новых экономических механизмов управления, как производства, так и всего общества. Таким образом, потребности инновационного развития технологических решений в производстве, инициируют развитие цифровых технологий, что позволяет найти инструменты для формирования новых методов управления экономикой предприятия. Эти инструменты не только позволяют реализовать инновационные производства, но и через общественные институты становятся достоянием населения, формируя принципиально новые отношения, изменяя формы его организации.

Следовательно, возможность реализации постоянных инноваций в индустрии, предполагающая постоянную реорганизацию самого производства, требуют постоянного совершенствования экономической основы системы управления организаций, следовательно применения новых форм организации его цифрового базиса.

Иными словами, возможность инновационного развития предприятия на современном этапе связана и с использованием новых цифровых технологий, с развитием системы управления предприятием, реализованных на базе соответствующих цифровых инструментов. На современном этапе индустриальных преобразований эта возможность определяют понятием «Цифровая экономика предприятия». Оно означает необходимость постоянного оперативного учёта в деятельности предприятия во взаимосвязи с различными технологическими, материальными, финансовыми и трудовыми ресурсами. Формирование и использование такой взаимосвязи определяет содержание понятия «Цифровой ресурс предприятия» [2].

Организация индустриального предприятия во многом сегодня связана с развитием его цифрового ресурса. По мере формирования технологического процесса предприятие формирует и развивает свою деятельность в области проведения научно-исследовательских (НИР) и опытно конструкторских работ (ОКР). Взаимодействие отделов НИР и ОКР обеспечивает инновационные технологические процессы, данные о которых становятся частью цифрового информационного пространства предприятия.

По мере своего развития предприятие использует преимущества корпоративного образования, реализуя производство на своих отдельных предприятиях. Для управления корпоративным образованием предприятие расширяет свое информационное пространство, используя соответствующий цифровой ресурс, который охватывает всю совокупность источников данных и информационных потоков организации, а также аппаратные, сетевые и программные средства, используемые для накопления, хранения, анализа и распространения цифровой информации. Его реализуют с помощью цифровой платформы предприятия на соответствующем технологическом уровне, что позволяет использовать его и как источник формирования нового знания, реализации новых направлений в деятельности предприятия [2].

Экономическая деятельность индустриального предприятия в среде глобальных цифровых сетей и их сервисов использует новые виртуальные потоки, что расширяет

цифровой ресурс предприятия, стимулируя его постоянное развитие. Таким образом осуществляют переход от контроля за физическими операциями, к виртуальной экономической деятельности, создавая условия для формирования новых организационных решений за счет извлечения прибыли новыми средствами — оперативной обработкой сетевой информации.

Затраты на использование цифровых технологий возрастают по мере увеличения решаемых производственных задач. Однако, современное предприятие может использовать цифровые технологии, сторонних организаций, как для надежного хранения цифровых данных, так и для решения задач цифрового управления производством, что позволяет экономить финансовые ресурсы на поддержку и развитие цифровых технологий и дает возможность сосредоточить свои усилия на накоплении и обработке массивов цифровых данных [3].

При использовании цифровых технологий данные направляют» на удаленные места накопления и хранения (в облака), которые либо принадлежат самой организации, либо являются собственностью сторонних организаций — провайдеров. Они обеспечивают защищенное хранение данных и разрешенный доступ к ним, а также предоставляют различные вычислительные услуги как сервис. Тем самым машиностроительные предприятия могут ограничить расходы на цифровые технологии, исключив затраты на закупку, амортизацию основных средств и заменяя их платой за услуги (цифровой сервис) [2].

Обработка удаленно размещенных данных в условиях реализации инструментов цифровой экономики позволяет найти пути, как для повышения экономической эффективности производства, так и для получения дополнительной прибыли за счет анализа накапляемой информации, а также для управления знаниями при подготовке инновационных экономических и технологических решений.

Знание о текущем экономическом состоянии технологии производства позволяет сформировать предложения, для нахождения пути, своего развития в целях, как сохранения самой собственности, так и своевременного приобретения дополнительной собственности. Основное отличие этой формы экономической деятельности в том, что она, как и само знание, неисчерпаема.

Поиск и применение новых технологических решений предполагает использование результатов исследования цифровой экономической информации в сетевом пространстве. Эти результаты позволяют не только найти пути к разработке нового изделия, оказанию новой услуги, но и обеспечить экономически оправданный риск выбора нового направления в производстве, присутствия на новом рынке, организации новой экономической ниши.

Виртуализация управления производственными процессами позволяет уменьшить время на получение необходимой информации, позволяя определить и использовать оптимальные значения рисков, не только для повышения качества управления предприятием, но и для формирования виртуальных отношений в деловой среде. Цифровая экономика предприятия получает преимущества с помощью средств виртуализации бизнеса.

Расширение инструментального парка цифровых технологий, применяемых на предприятии, направлено на активное использование глобального сетевого пространство, которое сегодня определяет сеть Интернет. «Окном» в это пространство служит веб-сайт предприятия. Его основная экономическая функция состоит в повышении эффективности производства. Этую поддержку можно выразить в следующих основных направлениях деятельности: продвижение товаров и услуг предприятия в сети

Интернет, расширение клиентской базы, создание дилерской сети, формирование положительного имиджа компании, поддержка клиентов и партнеров, оптимизация бизнес-процессов внутри компании, использование сети для взаимодействия ее различных подразделений и др. [4].

Применение сетевых инструментов цифровой технологии на предприятии привело к формированию понятия «Цифровой бизнес», определяющий хозяйственную деятельность, осуществляющую с помощью цифровых технологий (цифровых сетей) и представляющий собой экономическую среду, в которой юридические и физические лица могут контактировать между собой в процессе совместной деятельности. Экономическая основа цифрового бизнеса состоит в значительном расширении аудитории участников бизнеса, повышении эффективности маркетинга, ускорении процессов покупок и продаж товаров и услуг всех видов.

Важным компонентом в системе цифровизации предприятием стала система искусственного интеллекта, которая позволяет анализировать инновационные общественные запросы к предприятию с помощью цифровых сетей, ориентируясь на потребности рынка продуктов и услуг. Цифровой анализ таких потребностей с помощью экономических методов позволяет определить возможные флуктуации на этом рынке. Интеллектуальная система предприятия, определяет возможные изменения, как в области требований к технологии, материалам, финансам и кадровому обеспечению, так и к организации производства, обосновывая переход на инновационное производство. В процессе операционной деятельности информацию о работе оборудования и персонала, необходимых ресурсах направляют в систему управления предприятием, которая обеспечивает оперативный мониторинг работы оборудования, персонала, технологии, наличия материальных ресурсов, что повышая эффективность производства на предприятии.

Активное применение цифровых технологий в индустриальном обществе определяет возможность и необходимость реализовать ожидания эффективного развития предприятия, быть в тренде мировой экономики, ведения поиска инновационных путей развития производства и бизнеса, что, в свою очередь, позволяет реализовать ожидания общества.

## Литература

- [1] Программа «Цифровая экономика Российской Федерации». Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р. URL: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79l5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf> (дата обращения 09.11.2021).
- [2] Меняев М.Ф. Цифровая экономика предприятия. М.: Инфра-М, 2020. 369 с.
- [3] Акперов И.Г., Сметанин А.В., Коноплева И.А. Информационные технологии в менеджменте. М.: ИНФРА-М, 2012. 400 с.
- [4] Быстренина И.Е. Электронная коммерция. М.: ИТК Дашков и К, 2018. 90 с.

## Digital Economy in an Industrial Society

*Menyaev Mikhael Fedorovich  
BMSTU*

*2505mmf@mail.ru*

*The interrelation between the development of machine-building technologies, the implementation of digital tools for information processing and the development of economic tools for*

*managing enterprise resources is shown. The concept of "Digital economy of the enterprise" is formulated, which means the need for constant operational accounting in the activities of the enterprise in connection with its various technological, material, financial and labor resources. The importance of digital business carried out with the help of digital technologies is determined, which is a form of economic relations in which legal entities and individuals of the enterprise can constantly contact each other in the process of joint activities.*

**Keywords:** digital economy, industrial society, digital environment of the enterprise, digital management, digital data, mechanical engineering

## References

- [1] Programma «Tsifrovaya ekonomika Rossiiskoi Federatsii». Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii ot 28 iyulya 2017 g. № 1632-r. [The program "Digital Economy of the Russian Federation". Decree of the Government of the Russian Federation of July 28, 2017 No. 1632-R.]. Available at: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79l5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf> (accessed November 9, 2021).
- [2] Menyaev M.F. Tsifrovaya ekonomika predpriyatiya [Digital economy of the enterprise]. Moscow, Infra-M, 2020, 369 p. (In Russ.).
- [3] Akperov I.G., Smetanin A.V., Konopleva I.A. Informatsionnye tekhnologii v menedzhmente [Information technologies in management]. Moscow, Infra-M, 2012, 400 p. (In Russ.).
- [4] Bystrenina I.E. Elektronnaya kommersiya [E-commerce: a textbook for bachelors]. Moscow, ITK Dashkov i K, 2018, 90 p. (In Russ.).

УДК 338.3

## Статистический анализ динамики стратегического соответствия факторов внешней и внутренней среды ПАО РКК «Энергия»

Михненко Павел Александрович

pmihnenko@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана

*Предложен новый метод стратегического анализа, учитывающий динамику и статистичность оценок стратегического соответствия факторов внутренней и внешней среды предприятия. Приведены выборочные результаты проведения такого анализа для сегмента «Пилотируемые космические системы» ПАО «РКК «Энергия». Намечены перспективные направления стратегического развития и организационных преобразований предприятия.*

**Ключевые слова:** стратегический анализ, стратегические факторы, космическая отрасль, статистика

Использование традиционного SWOT-анализа в условиях динамичной и неопределенной внешней среды не позволяет экспертам современных предприятий точно оценивать сильные и слабые стороны, возможности и угрозы, а также синтезировать стратегию развития. Классический метод предполагает, что эксперты способны дать детерминированные оценки состояния и взаимосвязи факторов в статике, и на их основе может быть разработана стратегия предприятия на несколько лет вперед [1].

В качестве актуального метода стратегического анализа предлагается статистический анализ динамики стратегического соответствия. Термин «стратегическое соответствие» означает, что конкретный стратегический фактор внутренней среды мак-

симально полно соответствует своим содержанием конкретному фактору внешней среды, обеспечивая тем самым сильную стратегическую позицию предприятия и возможность получения максимального экономического эффекта. Например, сочетание такого внешнего фактора, как цифровая трансформация в отрасли с внутренним фактором — высокий уровень цифровой зрелости предприятия — указывает на наличие стратегического соответствия.

Однако в условиях постоянного изменения и неопределенности факторов стратегическое соответствие является не статическим, а динамическим явлением: современные предприятия демонстрируют, как положительную — рост стратегического соответствия, так и отрицательную динамику — спад стратегического соответствия, или иначе — рост стратегического несоответствия факторов.

Высокий темп роста стратегического соответствия указывает на то, что предприятие имеет сильную стратегическую позицию и высокий потенциал для развития при использовании сочетания этих факторов. Например, темпы роста цифровой зрелости предприятия превышают темпы роста цифровой трансформации в отрасли. Низкий темп роста стратегического соответствия указывает на то, что предприятие имеет приемлемую стратегическую позицию и достаточный потенциал стратегического развития. Например, темпы роста цифровой зрелости ниже темпов роста цифровой трансформации отрасли. Низкий темп роста стратегического несоответствия указывает на то, что предприятие имеет слабую стратегическую позицию и низкий потенциал для развития при использовании данных факторов. Например, цифровая зрелость предприятия достигла определенного уровня и далее не растет, в то время как темпы роста цифровой трансформации в отрасли очень высоки. Высокий темп роста стратегического несоответствия говорит о критически слабой стратегической позиции и отсутствии потенциала развития предприятия при использовании данного сочетания факторов. Например, предприятие стремительно теряет свои цифровые компетенции, в то время как темпы роста цифровой трансформации в отрасли очень высоки.

Используя термины SWOT-анализа, один и тот же внутренний фактор, можно называть как сильной, так и слабой стороной, в зависимости от направления и темпа динамики стратегического соответствия. Это позволяет отказаться от априорного, и часто искусственного, разделения внутренних факторов на «силы» и «слабости» предприятия. То же относится и к внешним факторам.

Термин «стохастический» в названии метода говорит о том, что экспертные оценки состояния стратегических факторов, как правило, имеют заметный разброс. Более сложной задачей является определение динамики стратегического соответствия факторов. Поэтому такие оценки следует рассматривать в вероятностной постановке. Следовательно, актуальной задачей экспертов является определение направления и темпа изменения стратегического соответствия факторов. Аналитической задачей является расчет итоговых оценок с учетом дисперсии индивидуальных экспертных оценок. Такая итоговая оценка отражает динамические и стохастические аспекты стратегической позиции предприятия.

Конечной целью стратегического анализа является формирование основы для разработки стратегии предприятия. Реализация стратегии требует проведения организационных изменений. Исходя из этих тезисов предлагается метод расчета итоговых оценок динамики стратегического соответствия на основе формулы для расчета интенсивности стратегических организационных изменений [2]:

$$A = \sqrt{2E/\sigma},$$

где  $A$  — оценка динамики стратегического соответствия факторов;  $E$  — средняя экспертная оценка темпов роста стратегического соответствия (несоответствия), вычисляемая по формуле:

$$E = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_i,$$

где  $n$  — количество экспертов;  $e_i$  — оценка отдельного эксперта;  $s$  — стандартное отклонение оценок экспертов — модель вариативности экспертных оценок.

Методика расчета включает в себя алгоритмы «мнимый эксперт» для решения вычислительной проблемы обнуления стандартного отклонения оценок, а также нормировки итоговых оценок.

На основе использования открытых данных был проведен стохастический анализ динамики стратегического соответствия стратегических факторов ПАО «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» (далее — Предприятие) в сегменте «Пилотируемые космические системы» [3, 4]. Привлеченные к анализу независимые эксперты (пять человек) использовали шкалу оценки стратегического соответствия (2, 1, 0, -1, -2), где 2 — высокий темп роста стратегического соответствия, -2 — высокий темп роста стратегического несоответствия.

В качестве значимых факторов внутренней среды предприятия (*Internal*) экспертами были определены следующие (выборка):

$Int_1$  — предприятие оказывает услуги по доставке и возвращению экипажей МКС и до 2020 г. являлось монополистом в сегменте мирового рынка пилотируемых космических полетов;

$Int_2$  — предприятие сохраняет лидирующую позицию в части доставки топлива на МКС;

$Int_3$  — в сегменте мирового рынка по доставке грузов на МКС Предприятие не является монополистом;

$Int_4$  — разработка конструкции космических кораблей, орбитальных комплексов, средств выведения с применением 3D-моделирования и выпуск рабочей конструкторской документации (РКД) в электронной форме;

$Int_5$  — разработка и освоение новых методов управления и реализации бизнес-процессов на всех этапах жизненного цикла изделий;

$Int_6$  — реализация программы уменьшения себестоимости и снижения удельных издержек производства и развитие системы менеджмента качества продукции;

$Int_7$  — цифровая трансформация и организационные инновации;

В качестве значимых факторов внешней среды (*External*) были выбраны:

$Ext_1$  — после успешного ввода в эксплуатацию кораблей Crew Dragon и Starliner доля Предприятия на рынке пилотируемых космических полетов сократится до 33 %;

$Ext_2$  — в 2021–2023 гг. состоится развертывание Китайской орбитальной станции (ОС), для транспортно-технического обслуживания которой используются пилотируемый корабль Shenzhou и грузовой корабль Tianzhou;

$Ext_3$  — в 2022 г. в этом сегменте рынка появится новый участник — компания Sierra Nevada Corporation с кораблем Dream Chaser;

$Ext_4$  — лидером по возвращению полезных грузов с МКС является компания SpaceX;

$Ext_5$  — в сегменте создания перспективных обитаемых модулей международная конкуренция пока отсутствует.

После обработки результатов экспертизы была получена нормированная матрица анализа динамики стратегического соответствия факторов (табл. 1).

*Таблица 1.* Нормированная матрица анализа динамики стратегического соответствия стратегических факторов ПАО «РКК «Энергия» (выборка)

AInt/Ext	Ext1, %	Ext2, %	Ext3, %	Ext4, %	Ext5, %
Int1	-78	-68	-71	-61	5
Int2	2	14	-3	0	25
Int3	-66	-80	-10	-9	47
Int4	8	12	54	2	84
Int5	-22	-47	-42	-38	-8
Int6	32	44	40	38	65
Int7	20	14	-25	-5	78

Как следует из табл. 1, наиболее выраженной основой для разработки стратегии внутренних преобразований Предприятия является наличие критических стратегических несоответствий:

$A_{32} = -80\%$  — утрата конкурентных преимуществ Предприятия на фоне развертывания китайской ОС;

$A_{11} = -78\%$  — снижение конкурентных преимуществ Предприятия на фоне успешного ввода в эксплуатацию кораблей Crew Dragon и Starliner.

Причем, отрицательные оценки динамики стратегического соответствия характерны для всех сочетаний в строке  $Int_5$ , что говорит о необходимости интенсификации разработки и освоения новых методов управления и реализации бизнес-процессов на всех этапах жизненного цикла изделий.

В качестве основы для разработки направлений стратегического развития Предприятия выделяются соотношения:

$A_{45} = 84\%$  — разработка конструкции изделий с применением 3D-моделирования и электронной РКД, как способ повышения эффективности производства на фоне перспектив международной конкуренции в сегменте создания обитаемых модулей;

$A_{75} = 78\%$  — необходимость увеличения темпов цифровой трансформации и внедрения организационных инноваций на фоне перспектив международной конкуренции в сегменте создания обитаемых модулей.

Высокие положительные оценки в столбце  $Ext_5$  указывают на перспективность участия Предприятия в международных и отечественных программах создания обитаемых модулей.

Таким образом, применение предлагаемой методики анализа позволяет точнее определять направления развития и внутренних преобразований предприятий в условиях динамичной и неопределенной внешней среды.

## Литература

- [1] Kangas J., Kajanus M., Leskinen P., Kurttila M. Incorporating MCDS and voting into SWOT — basic idea and experiences // Serbian Journal of Management. 2016. Vol. 11 (1). Pp. 1–13.

- [2] Mikhnenko P.A. The mathematical models for organizational development and organizational changes // Revista de Metodos Cuantitativos para la Economia y la Empresa. 2018. Vol. 25. Pp. 42–53.
- [3] Паспорт программы инновационного развития ПАО «РКК «Энергия» на 2019–2025 годы. URL: <https://www.energia.ru/ru/corporation/passport.html> (дата обращения 10.12.2021).
- [4] Годовой отчет публичного акционерного общества «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королёва» за 2020 г. URL: <https://e-disclosure.ru/portal/files.aspx?id=1615&type=2> (дата обращения 10.12.2021).

## **Stochastic Analysis of the Strategic Matching Dynamics of External and Internal Factors of PJSC "Energia"**

**Mikhnenko Pavel Alexandrovich**  
BMSTU

pmihnenko@bmstu.ru

*A new method of strategic analysis is proposed, which takes into account dynamics and stochasticity of assessments of strategic compliance of factors of internal and external environment of the enterprise. Selected results of such an analysis for RSC Energia's Manned Space Systems segment are presented. Prospective directions of strategic development and organizational transformations of the enterprise are substantiated.*

**Keywords:** strategic analysis, strategic factors, space industry, stochastics

### **References**

- [1] Kangas J., Kajanus M., Leskinen P., Kurttila M. Incorporating MCDS and voting into SWOT — basic idea and experiences. Serbian Journal of Management, 2016, vol. 11 (1), pp. 1–13.
- [2] Mikhnenko P.A. The mathematical models for organizational development and organizational changes. Revista de Metodos Cuantitativos para la Economia y la Empresa, 2018, vol. 25, pp. 42–53. (In Russ.).
- [3] Passport programmy innovatsionnogo razvitiya PAO "RKK "Energiya" na 2019–2025 gody [Passport of RSC Energia Innovative Development Program for 2019–2025]. Available at: <https://www.energia.ru/ru/corporation/passport.html> (accessed December 10, 2021). (In Russ.).
- [4] Annual Report of Korolev Rocket and Space Corporation Energia Public Joint Stock Company for 2020. URL: <https://e-disclosure.ru/portal/files.aspx?id=1615&type=2>. Date of access: 10.12.2021.

УДК 336.025

## **Налоговые преференции как инструмент развития государственно-частного партнерства в наукоемких отраслях экономики**

**Морозова Надежда Григорьевна** mng14@mail.ru

Государственный университет управления

**Корзоватых Жанна Михайловна** Korzovatykh@ya.ru

Государственный университет управления

*Развитие космической отрасли как одной из наукоемких является приоритетным направлением для роста национальной экономики нашей страны. Рассмотрены ба-*

рьеры, препятствующие дальнейшему развитию космической отрасли России, в связи с чем проанализированы экспертные ожидания и предложены стимулирующие меры с целью сохранения лидерства России в мировой космической сфере. Сделаны выводы о необходимости разработки мер налогового стимулирования для развития перспективного направления космической отрасли – государственно-частного партнерства.

**Ключевые слова:** налоговое стимулирование, налоговые преференции, налоговые льготы, государственно-частное партнерство, развитие наукоемких отраслей экономики

Стремительно меняющиеся рыночные условия диктуют новые направления развития наукоемких отраслей, включая наиболее перспективную из них — космическую. Космическая отрасль находится под пристальным вниманием ведущих экономик мира, не только с точки зрения geopolитической позиции, проявляющейся в исследовании новых возможностей освоения космического пространства, но и коммерческой. Экспертное сообщество выделяет институциональное, технологическое и стратегическое направления развития данной отрасли, акцентируя внимание на удержании и усилении позиций России посредством решения кадровой проблемы, актуализации нормативно-законодательной базы, регламентирующей космическую деятельность, создания инфраструктуры для развития частного бизнеса, модернизации и цифровизации ракетно-промышленного производства, повышения амбициозности космических программ, определения собственных целей и участия в проектах освоения космоса в рамках международных альянсов, расширения финансирования [1].

В исследовании были использованы: метод научных абстракций, экспертных оценок, системный подход, а также методы аналитической оценки содержания нормативно-правовых документов. В качестве информационной базы использованы мнения экспертов и специалистов в публикациях периодических и информационных изданий. Для обоснования авторских положений использовались данные институциональных регуляторов, основанные на результатах анализа практики налогообложения частных высокотехнологичных компаний.

В качестве основных направлений развития отрасли на сегодняшний день можно выделить следующие.

1. Фундаментальные космические исследования.

2. Создание современной космической техники.

3. Расширение рынка сбыта космических услуг и повышение их востребованности другими отраслями (сельским хозяйством, медициной, геодезией и пр.).

4. Развитие экспорта услуг космической отрасли.

Частные высокотехнологичные компании обеспечивают наибольшие темпы экономического роста развитых государств, создают высокооплачиваемые рабочие места, способствуют повышению качества жизни населения, а также составляют значительную долю несырьевого экспорта, являясь при этом ключевым драйвером экономического роста и одной из основных целевых групп государственной поддержки. При этом в России частные высокотехнологичные компании находятся в уязвимом положении, так как большинство из них перерастает критерии субъектов малого и среднего бизнеса и теряет соответствующую государственную поддержку, не достигнув масштабов крупных системообразующих компаний [2].

Недоступность кредитных ресурсов и недостаток соответствующих кредитных продуктов (залог нематериальных активов, кредитование в валюте экспортных операций) существенно снижают возможность их использования в инвестиционных целях для большинства высокотехнологичных компаний ввиду сложности соблюдений

требующихся условий поручительств и предоставления высоколиквидных залогов, значительно превышающих суммы займов, высоких процентных ставок и небольших сроков.

Коммерциализация космической деятельности будет способствовать развитию космического рынка, однако необходимо создание соответствующей экосистемы космического бизнеса, стимулирующей возникновение космических стартапов.

Эксперты сходятся во мнении, что приоритет необходимо отдавать также развитию частной космонавтики, о чем свидетельствует успешный опыт США и Китая, где частные инвестиции в космическую отрасль получили широкое распространение, который в своей интерпретации мог бы успешно применяться и в России.

Для успешного развития частного космического бизнеса в России необходима его государственная поддержка (в данном секторе и смежных отраслях), стимулирование бизнеса к инвестированию, создание благоприятного инвестиционного климата и устранение бюрократических процедур, разработка специальных кредитных продуктов для высокотехнологичных компаний, предусматривающих кредитование по ставкам на уровне или близким к значению ключевой ставки Центрального Банка РФ на срок до 10 лет, а также для пополнения оборотных средств высокотехнологичных компаний и другие меры, повышающие доступность финансовых ресурсов под залог прав на объекты интеллектуальной собственности. Таким образом, основным направлением для реализации публично значимых проектов космической отрасли является использование государственно-частного партнерства, широко применяемого в мировой практике.

Основная составляющая государственно-частного партнерства — это инвестиции и вопросы их правового и экономического регулирования. Несомненно, ключевая роль отводится денежным средствам частных инвесторов, а государство выступает субъектом определения стратегий развития, целей и основных задач будущих проектов. Государственное финансирование играет в данном партнерстве вспомогательную роль, содействуя привлечению и эффективному использованию частных вложений.

Развитие государственно-частного партнерства позволит создать платформу не только для увеличения капиталов инвесторов за счет перспективных проектов, но и для дальнейшего развития космической отрасли и ее коммерциализации.

Создание привлекательных условий для частного инвестора в настоящее время является основной приоритетной задачей для государства. В современных условиях хозяйствования возможно только экономически заинтересовать частных инвесторов в финансировании проектов:

- по созданию вертикальной экосистемы, предусматривающей передачу инновационных разработок из космоса на Землю и в обратном направлении;
- развитию имеющегося потенциала формирования рынка различных сервисов на основе взаимодействия космической отрасли с гражданскими отраслями.

Исследования основных барьеров, препятствующих дальнейшему развитию космической отрасли России, позволяют сделать вывод о необходимости применения различных форм и методов налогового, финансового, экономического стимулирования.

Важным элементом создания благоприятного инвестиционного климата, способствующим формированию комфортных условий для развития частного космического бизнеса является налоговая составляющая. Приоритетное значение отводится мерам налогового стимулирования, что подтверждается и Планом мероприятий («дорожной карты») по развитию инструментария государственно-частного партнерства, утвержденным Правительством РФ 05 марта 2018 г. № 1775п-П9 [3].

Действующие в настоящее время налоговые льготы (пп. 5 п. 1 ст. 164 Налогового кодекса Российской Федерации) по применению налогоплательщиками ставки налога на добавленную стоимость в размере 0 % при реализации товаров (работ, услуг) в области космической деятельности [4], могут быть распространены и на вложенные денежные средства частного инвестора, направленные на реализацию публично значимых проектов космической сферы.

Налоговые льготы по инвестициям частного сектора, задействованного в публично значимых проектах космической отрасли, позволят снизить налоговые риски [5].

Следует также предусмотреть различные формы и методы налогового стимулирования, в зависимости от стадий инновационного процесса по реализации публично значимого проекта. Необходимо отметить, что космическая отрасль имеет свои специфические особенности, на которые необходимо обратить внимание при разработке мер налогового стимулирования на отдельных стадиях жизненного цикла проекта. Целесообразно предусмотреть налоговые льготы по наиболее значимым налогам для частных инвесторов на этапах фундаментальных исследований, НИОКР и внедрения публично значимых проектов, так как именно на данных стадиях жизненного цикла продукта требуются значительные капиталовложения. Однако, необходимо уделить особое внимание не только и не столько налоговым льготам, но и определенному порядку осуществления налоговых процедур. Например, введение специального налогового режима наделяет не только налогоплательщика рядом преимуществ, но и государство по сравнению с применением налоговых льгот для решения поставленной задачи.

Дальнейшее развитие налоговой системы необходимо ориентировать на создание условий благоприятствующих внедрению инноваций в производственные процессы, что позволит увеличить производительность труда и прибыль от результатов научных исследований не только разработчикам, но и пользователям и потребителям итоговых достижений и продуктов. Опыт внедрения в России и за рубежом, отражает эффективность применения механизмов уточнения налогообложения сделок, совершенных в высокотехнологичных наукоемких отраслях, в том числе с использованием интеллектуальной собственности.

Действенность государственных методов стимулирования развития космической отрасли и инноваций доказана международным опытом и демонстрирует ожидаемый стабильный экономический рост и повышение конкурентоспособности разрабатываемых технологий. Развитие фискальных стимулов направленно на увеличение гибкости и комбинирования механизмов, различающихся по форме и срокам действия, при достижении поставленных правительством целей.

Несовершенство действующего законодательства снижает заинтересованность налогоплательщиков в инвестировании и использовании доступных способов снижения налоговой нагрузки, что в свою очередь влечет возникновение завышенных транзакционных издержек, обусловленных необходимостью доказать права на пользование налоговыми преференциями и льготами.

## Литература

- [1] Российская космическая отрасль: ожидания бизнеса и общества (Результаты экспертного исследования. Москва, 2019). URL: [https://pltf.ru/wp-content/uploads/2019/11/otchet\\_26.11.1500.pdf](https://pltf.ru/wp-content/uploads/2019/11/otchet_26.11.1500.pdf) (дата обращения 01.11.2021).
- [2] Корзоватых Ж.М., Морозова Н.Г. Инновационные направления развития космической отрасли России // XLV Академические чтения по космонавтике (Королёвские чтения — 2021): сб. тез. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021. Т. 2. С. 208–209.

- [3] План мероприятий («дорожная карта») по развитию инструментария государственно-частного партнерства. Утв. Правительством РФ 05.03.2018 № 1775п-П9. URL: <https://sudact.ru/law/plan-meropriatiis-dorozhnaia-karta-po-razvitiu-instrumentariia/> (дата обращения 11.11.2021).
- [4] Корзоватых Ж.М., Морозова Н.Г. Практические аспекты обложения НДС космической отрасли // XLIV Академические чтения по космонавтике (Королевские чтения — 2020): сб. тез. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2020. Т. 1. С. 423–426.
- [5] Korzovatykh Z.M., Morozova N.G. Tax risks when applying VAT to the space industry // AIP Conference Proceedings. 2021. Vol. 2318. Art. no. 070019. DOI: 10.1063/5.0036938

## **Tax Preferences as a Tool for the Development of Public-Private Partnership in Knowledge-Intensive Sectors of the Economy**

**Morozova Nadezhda Grigorievna**

mng14@mail.ru

*State University of Management*

**Korzovatykh Zhanna Mikhailovna**

Korzovatykh@ya.ru

*State University of Management*

*The development of the space industry, as one of the most science-intensive, is a priority for the growth of the national economy of our country. The article discusses the barriers to the further development of the Russian space industry, in connection with which expert expectations are analyzed and incentive measures are proposed in order to maintain Russia's leadership in the global space sector. Conclusions are drawn about the need to develop tax incentives for the development of a promising area of the space industry — public-private partnership.*

**Keywords:** tax incentives, tax preferences, tax benefits, public-private partnership, development of knowledge-intensive sectors of the economy.

### **References**

- [1] Rossiiskaya kosmicheskaya otrisl': ozhidaniya biznesa i obshchestva (Rezul'taty ekspertnogo issledovaniya. Moskva, 2019) [The Russian space industry: expectations of business and society (Results of an expert study. Moscow, 2019)]. Available at: [https://pltf.ru/wp-content/uploads/2019/11/otchet\\_26.11.1500.pdf](https://pltf.ru/wp-content/uploads/2019/11/otchet_26.11.1500.pdf) (accessed November 1, 2021).
- [2] Korzovatykh Zh.M., Morozova N.G. Innovatsionnye napravleniya razvitiyu kosmicheskoi otrasi Rossii [Innovative directions of development of the space industry of Russia]. XLV Akademicheskie chteniya po kosmonavtike (Korolevskie chteniya — 2021) [XLV Academic readings on cosmonautics (Korolev Readings — 2021)]: collection of abstracts. Moscow, BMSTU Press, 2021, vol. 2, pp. 208–209. (In Russ.).
- [3] Plan meropriyatiis ("dorozhnaya karta") po razvitiyu instrumentariya gosudarstvenno-chastnogo partnerstva [The action plan ("roadmap") for the development of public-private partnership tools]. Approved by the Government of the Russian Federation. 05.03.2018 No. 1775p-P9. Available at: <https://sudact.ru/law/plan-meropriatiis-dorozhnaia-karta-po-razvitiu-instrumentariia/> (accesse3d November 11, 2021).
- [4] Korzovatykh Zh.M., Morozova N.G. Prakticheskie aspeki oblozheniya NDS kosmicheskoi otrasi [Practical aspects of VAT taxation of the space industry ]. XLIV Akademicheskie chteniya po kosmonavtike (Korolevskie chteniya — 2020) (Korolev Readings — 2020): collection of abstracts. Moscow, BMSTU Press, 2020, vol. 1, pp. 423–2426. (In Russ.).
- [5] Korzovatykh Z.M., Morozova N.G. Tax risks when applying VAT to the space industry. AIP Conference Proceedings, 2021, vol. 2318, art. no. 070019. DOI: 10.1063/5.0036938

---

УДК 338.012

## Анализ моделей организационного управления информационной безопасностью предприятий ракетно-космической промышленности

**Москвичева Наталья Валерьевна**

moskvichevanatalia@mail.ru

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

**Захаров Александр Сергеевич**

19zahar94@mail.ru

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

*Рассмотрены понятия и сущность информационной безопасности и критических информационных систем. Проведен анализ базовой структуры информационной безопасности и моделей организационного управления информационной безопасностью предприятий с учетом отраслевой специфики. На основе анализа сформулированы основные проблемы характерной модели организационного управления. Исследованы основные риски информационной безопасности. Предложены пути совершенствования моделей управления информационной безопасностью.*

**Ключевые слова:** информационная безопасность, критические информационные системы, промышленное предприятие, риски, угрозы

Информационная безопасность промышленных предприятий стратегически важных отраслей экономики является элементом национальной безопасности. Этим объясняется огромное количество нормативно-правовых документов, регулирующих деятельность и действия субъектов в области информационной безопасности, защиты баз данных, конфиденциальной информации и т. д.: не менее десяти федеральных законов, пятнадцати указов Президента, двенадцати постановлений Правительства, двадцати приказов ФСТЭК, семи приказов ФСБ, пятидесяти ГОСТов и девяти международных стандартов (ISO/IEC, NIST SP). Строгие требования по соблюдению мер предъявляются, прежде всего, субъектам критической информационной инфраструктуры, перечень которых содержится в Федеральном Законе от 26 июля 2017 г. № 187-ФЗ «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» [1].

Основной задачей исследования является анализ моделей управления информационной безопасностью на предприятиях, разрабатывающих и выпускающих наукоемкую продукцию. Объектом изучения в исследовании стало предприятие ракетно-космической промышленности и сложившиеся там практики обеспечения защиты информации от внешних и внутренних уязвимостей и угроз. В рамках исследования анализировались работы А.Ю. Попова, Д.А. Зефирова, П.А. Дроговоза, А.А. Бурдиной, К.Б. Добровой, И.В. Бутусова, А.А. Романова, Е.Н. Карташева, В.С. Красовского [2–5].

Систему управления информационной безопасностью составляют организационные структуры, формализованная политика, процедуры по выявлению, идентификации и оценке рисков, разработке модели угроз и модели нарушителя, внешний и внутренний аудит.

Управление информационной безопасностью заключается в руководстве и администрировании, каждое из которых может быть централизованным и децентрализованным. Функции руководства относятся к органам управления, обладающими соответствующими полномочиями и компетенциями для принятия решений в интересах

обеспечения информационной безопасности предприятия. К основным задачам относятся разработка высокоуровневых документов, включая политику информационной безопасности, и бюджетирование системы информационной безопасности. Администрирование относится к функциям органа управления, обеспечивающего исполнение процедур системы информационной безопасности в соответствии с утвержденной политикой.

Различают четыре типовые модели организационного управления информационной безопасностью предприятия в зависимости от централизации или децентрализации функций управления и администрирования. Крупными промышленными предприятиями чаще всего используется сочетание «централизованное управление/децентрализованное администрирование» — один центральный орган управления информационной безопасностью отвечает за разработку политик, применяемых во всей организации; все административные функции управления информационной безопасностью выполняются персоналом в рамках нескольких цепочек подчиненности [6].

Организационная инфраструктура управления информационной безопасностью на предприятии должна способствовать инициированию и осуществлению контроля за внедрением системы информационной безопасности. Ключевые участники процесса управления и их основные функции:

- руководство: поддержка и анализ системы управления информационной безопасностью, утверждение политик информационной безопасности, распределение ключевых ролей и ответственности, определение критерии принятия рисков, общий контроль за управлением информационной безопасностью и т. п.;
- комитет по управлению вопросами информационной безопасности: стратегическое управление, утверждение ключевых документов и бюджета информационной безопасности;
- координационный комитет: вопросы внедрения мероприятий по управлению информационной безопасностью;
- служба информационной безопасности: оперативное управление, реализация мероприятий по обеспечению безопасности и уменьшению соответствующих рисков;
- служба управления рисками информационной безопасности: анализ и оценка рисков информационной безопасности, подготовка и контроль реализации решений руководства по обработке рисков, коммуникация и мониторинг рисков и т. д.;
- служба внутреннего аудита: независимый контроль и оценка эффективности деятельности всех подразделений, включая риск-менеджмент, информационную безопасность, ИТ и других участников процессов обеспечения информационной безопасности;
- служба ИТ: реализация программно-технических средств управления информационной безопасностью в зоне своей ответственности совместно или под контролем службы информационной безопасностью

Основным недостатком модели является риск возможного конфликта интересов участников децентрализованных процессов. Избежать этого можно только за счет четко выстроенной и регламентированной системы взаимодействия. Кроме того, в исследовании отмечается проблема авторитарного стиля руководства, при котором часть предложений и разработок не принимается к рассмотрению по ряду причин: «требует большой объем ресурсов», «не актуально, есть более значимые вопросы и проблемы», «противоречит нашей концепции» и т. п. Часто в «корзине» оказываются потенциально перспективные предложения или проекты. Хуже, если они окажутся у конкурентов.

Важным элементом в системе управления информационной безопасностью является риск-менеджмент. Основные задачи: идентификация, документирование, оценка рисков и их приоритетности, планирование ответных действий, мониторинг. Для промышленных предприятий ракетно-промышленного комплекса характерны три подхода к управлению рисками информационной безопасности:

Для некритичных систем предприятия обычно применяются стандартные требования по обеспечению информационной безопасности, определяемые стандартами, законами, лучшими практиками, опытом. Для критичных систем проводится выбор объектов с наибольшими рисками информационной безопасности; далее требуется проведение высокоуровневой оценки рисков с неформальными качественными подходами с учетом положений регламентирующих документов. Для особо критичных систем организации необходима детальная оценка рисков информационной безопасности для всех объектов [6].

Исследование показало, что данный элемент управления безопасностью требует совершенствования. На предприятии разработано большое количество документов по анткоррупционным рискам. С точки зрения системы управления рисками это самый проработанный элемент. Риски информационной безопасности включены в классификатор, есть карта рисков, проводится оценка. Приоритет у риска информационной безопасности один из самых низких, с чем сложно согласиться: даже при низком уровне вероятности реализации риска, уязвимость должна оцениваться высоко. Информационные системы сегодня тесно связаны с технологическими и производственными процессами, не говоря уже о разработках наукоемких инновационных продуктов. Утечка информации, сбои системы, кибератаки и т. д. могут весьма существенно повлиять на уровень возможных ресурсных потерь и иных проблем, связанных с критическими системами и государственной тайной.

В исследовании проводится анализ организационной модели управления информационной безопасностью и системы управления рисками защиты информации. Авторами разработана усовершенствованная модель управления информационной безопасностью, предложен классификатор рисков, карта рисков. Назначены владельцы рисков в четком соответствии с организационной структурой управления. Предложена методика оценки рисков, учитывающая обязательный анализ согласованности мнений экспертов.

## Литература

- [1] Федеральный Закон от 26 июля 2017 г. № 187-ФЗ «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации».
- [2] Burdina A.A., Bondarenko A.V. Assessing the strategic efficiency of aviation projects // Russian Engineering Research. 2020. Vol. 40, № 5. Pp. 439–441. DOI: 10.3103/S1068798X2005007X
- [3] Братченко А.И., Бутусова И.В., Романова А.А. Безопасность информации предприятий ОПК // Арсенал Отечества. 2019. № 1 (39). URL: <https://arsenal-otechestva.ru/article/1213-bezopasnost-informatsii-predpriyatiij-opk> (дата обращения 15.11.2021).
- [4] Drogovoz P.A., Latyshev V.I. Modeling of nonlinear socio-economic processes at critical information infrastructure enterprises // AIP Conference Proceedings. 2021. Vol. 2318, art. no. 070005. DOI: 10.1063/5.0035786
- [5] Доброда К.Б. Проблемы обеспечения информационной безопасности инновационной деятельности в интегрированных промышленных структурах // Russian Journal of Innovation Economics. 2017. Т. 7, № 4. С. 349–360. DOI: 10.18334/vinec.7.4.38559
- [6] Бирюков А.А. Информационная безопасность: защита и нападение. М.: ДМК Пресс, 2012. 474 с.

## Analysis of Models of Organizational Management of Information Security of Enterprises of the Rocket and Space Industry

**Moskvicheva Nataliya Valeriyevna**

moskvichevanatalia@mail.ru

*Moscow Aviation Institute (National Research University)*

**Zakharov Alexander Sergeevich**

zakharoff00@gmail.com

*Moscow Aviation Institute (National Research University)*

*The study considers the concepts and essence of information security and critical information systems. The analysis of basic structure of information security and models of organizational management of information security of enterprises, taking into account industry specifics, is carried out. On the basis of the analysis the main problems of the characteristic model of organizational management are formulated. The basic risks of information security are considered. Ways to improve information security management models are proposed.*

**Keywords:** information security, critical information systems, industrial enterprise, risks, threats

### References

- [1] Federal'nyy Zakon ot 26 iyulya 2017 g. no. 187–FZ "O bezopasnosti kriticheskoy informatsionnoy infrastruktury Rossiyskoy Federatsii" [Federal Law No. 187-FZ of July 26, 2017 "On the Security of the Critical Information Infrastructure of the Russian Federation]. (In Russ.).
- [2] Burdina A.A., Bondarenko A.V. Assessing the strategic efficiency of aviation projects. Russian Engineering Research, 2020, vol. 40, no. 5, pp. 439–441. DOI: 10.3103/S1068798X2005007X
- [3] Bratchenko A.I., Butusova I.V., Romanova A.A. Bezopasnost' informatsii predpriyatij OPK [Information security of defense industry enterprises]. Arsenal Otechestva [Arsenal of the Fatherland], 2019, no. 1 (39). Available at: <https://arsenal-otchestva.ru/article/1213-bezopasnost-informatsii-predpriatij-opk> (accessed November 15, 2021). (In Russ.).
- [4] Drogovoz P.A., Latyshev V.I. Modeling of nonlinear socio-economic processes at critical information infrastructure enterprises. AIP Conference Proceedings, 2021, vol. 2318, art. no. 070005. DOI: 10.1063/5.0035786
- [5] Dobrova K.B. Problemy obespecheniya informatsionnoy bezopasnosti innovatsionnoy deyatel'nosti v integrirovannykh promyshlennykh strukturakh [Problems of ensuring information security of innovation activity in integrated industrial structures]. Russian Journal of Innovation Economics, 2017, vol. 7, no. 4, pp. 349–360. (In Russ.). DOI: 10.18334/vinec.7.4.38559
- [6] Biryukov A.A. Informatsionnaya bezopasnost': zashchita i napadenie [Information security: defense and attack]. Moscow, DMK Press, 2012, 474 p. (In Russ.).

УДК 338.45

## Подходы к оценке комплексной эффективности разработки и создания авиационных двигателей нового поколения

**Набиева Диана Гумяровна** ms.nabieva@bk.ru

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

**Горелов Борис Алексеевич** melikyan\_lm@mail.ru

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

**Бурдина Анна Анатольевна** annaburdina555@mail.ru

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

*Проведен анализ схем и организации рабочего процесса турбореактивных двигателей с изменяемым рабочим процессом, выполненных на основе двухконтурных двигателей. Выполнено моделирование цифрового аналога двигателя нового поколения с изменяемым рабочим процессом и регулируемым расходом через третий контур. Разработаны подходы к оценке комплексной эффективности разработки и создания авиационных двигателей нового поколения. Сделан вывод, что трехконтурная схема двигателя позволяет заметно улучшить согласование входного устройства, двигателя и выходного устройства в составе силовой установки многоцелевого сверхзвукового самолета.*

**Ключевые слова:** анализ, комплексная эффективность, экономическая эффективность, оценка эффективности, экономическая оценка, многоуровневая модель, многодисциплинарная модель

Целесообразность исследования обусловлена необходимостью интеграции российской промышленности в индустрию 5.0, необходимостью создания авиационной продукции нового поколения, определяющей составной частью которой является двигатель. Эти двигатели будут максимально интегрированы с летательным аппаратом и по своим показателям существенно превосходят вводимые в эксплуатацию двигатели пятого поколения. Для создания этого двигателя разрабатываются технологии, позволяющие получить высокие параметры рабочего процесса, управлять течением в лопаточных машинах и горением в камере сгорания, эксплуатировать двигатель с допустимым уровнем повреждения деталей.

Целью исследования — разработка подхода к реализации многоуровневых и многодисциплинарных моделей создания двигателя нового поколения, разработка рекомендаций по оценки эффективности создания двигателя нового поколения.

Принципиальная сложность разработки многорежимных двигателей сверхзвуковых самолетов связана с кардинальной противоположностью требований к двигателям на режимах полета со сверхзвуковой скоростью (высокая удельная и максимальная тяга и, как следствие, небольшая степень двухконтурности) и на режимах крейсерского полета с дозвуковой скоростью (относительно низкая потребная тяга, пониженная удельная тяга для повышения полетного КПД двигателя и, как следствие, повышенная степень двухконтурности [1]. В ГТД обычных схем это противоречие разрешается компромиссным выбором расчетных параметров двигателя с учетом назначения ЛА. Альтернативным подходом является применение двигателей изменяемого рабочего процесса (ДИП), в которых имеется возможность независимого управления основными параметрами цикла двигателя, что позволяет получить вы-

сокую тягу на сверхзвуковых режимах и высокую экономичность на дозвуковых крейсерских режимах полета [1].

Изучены ДИП, в которых положения регулируемых элементов позволяет в широких пределах изменять параметры термодинамического цикла и степень двухконтурности. Конструкция такого двигателя получается очень сложной, что, несомненно, влияет на увеличение его удельной массы [2].

Проведенное исследование показало, что возможно создание модели цифрового двойника двигателя. Однако при оценке эффективности реализации многоуровневых и многодисциплинарных моделей в двигателестроении необходимо учитывать технологические, материально-технические, кадровые финансовые возможности предприятий, участвующих в создании двигателя нового поколения. В исследовании, разработана система показателей оценки эффективности создания двигателя нового поколения с учетом экономических производственных параметров:

- значение КПД;
- запас динамической прочности;
- запас газодинамической устойчивости;
- масса двигателя;
- надежность работы на протяжении всего срока эксплуатации;
- ремонтопригодность и технологичность;
- стоимость производства двигателя нового поколения;
- показатель оценки необходимости обновления, модернизации основных производственных фондов предприятий-производителей двигателя нового поколения;
- показатель оценки необходимости переподготовки кадров предприятий-производителей двигателя нового поколения.

Благодаря широкому регулированию узлов и наличию независимо регулируемого третьего контура адаптивный двигатель позволяет обеспечить низкий удельный расход топлива при длительном крейсерском полете с дозвуковой скоростью и барражировании, свойственный двигателям с большой степенью двухконтурности, и высокий уровень удельной тяги на разнообразных боевых режимах, включая короткий взлет и посадку, сверхзвуковой полет, боевое маневрирование, перехват и др., свойственные двигателям малой степени двухконтурности. Кроме того, наличие третьего контура позволяет обеспечить оптимальное тепловое регулирование интегрированной системы охлаждения силовой установки и самолета.

Математическая модель двигателя нового поколения в программном комплексе ThermoGTE построена на основе численного решения систем нелинейных алгебраических уравнений (СНАУ), независимые переменные в которых характеризуют параметры режима работы элементов двигателя, а правые части определяются алгоритмически исходя из физических принципов совместной работы этих элементов.

Надежность решения системы уравнений должна обеспечить работу программы без аварийных остановов и зависаний. Особое внимание в данном программном комплексе удалено быстродействию и устойчивости работы процедуры численного решения СНАУ. В результате временные затраты на проведение весьма объемных расчетов сведены к минимуму. Устойчивая и экономичная процедура решения системы нелинейных алгебраических уравнений сочетается с возможностью интерактивного задания начальных приближений.

Таким образом, проведено моделирование цифрового аналога двигателя нового поколения с изменяемым рабочим процессом и регулируемым расходом через третий контур [3–6]. Показано, что трехконтурная схема двигателя позволяет заметно улуч-

шить согласование входного устройства, двигателя и выходного устройства в составе силовой установки многоцелевого сверхзвукового самолета. При создании цифрового двойника двигателя нового поколения необходимо учитывать технологические, материально-технические, кадровые финансовые возможности предприятий для реального создания двигателя нового поколения. В исследовании, разработаны подходы к оценке комплексной эффективности разработки и создания авиационных двигателей нового поколения.

## Литература

- [1] Ma B., Zhou Z. Progress and development trends of composite structure evaluation using noncontact nondestructive testing techniques in aviation and aerospace industries // Hangkong Xuebao/Acta Aeronautica et Astronautica Sinica. 2014. July. Vol. 35 (7). Pp. 1787–1803. DOI: 10.7527/S1000-6893.2013.0490
- [2] Barkalov S., Moiseev S., Poryadina V., Kvasov D. Economic security evaluation model of enterprises based on the latent variables theory // E3S Web Conf. 2020. Vol. 164. P. 09050. DOI: 10.1051/e3sconf/202016409050
- [3] Tie-Cheng G., Heng-Fei G., Chuan-Zhen Z., Wu B. Progress of nondestructive testing techniques for aerospace composites // Journal of Tianjin Polytechnic University. 2017. Vol. 36 (1). Pp. 71–76. DOI: 10.3969/j.issn1671-024x.2017.01.013
- [4] Klychova G., Zakirova A., Dyatlova A., Klychova A., Zaugarova A., Zalyalova N. Methodological tools to ensure economic security in the personnel management system of enterprises // E3S Web Conf. 2019. Vol. 135, no. 04008. DOI: 10.1051/e3sconf/201913504008
- [5] Popkova E., Abramov S.A., Ermolina L.V., Gandin E.V. Strategic effectiveness evaluation as integral part of the modern enterprise management // Asian Social Science. 2015. Vol. 11 (20). DOI: 10.5539/ass.v11n20p16
- [6] Tsybulevsky S.E., Murakaev I.M., Studnikov P.E., Ryapukhin A.V. Approaches to the clustering methodology in the rocket and space industry as a factor in the formation of a universal production model for the economic development in the space industry // INCAS Bulletin. 2019. Vol. 11 (S). Pp. 213–220. DOI: 10.13111/2066-8201.2019.11.S.21

## Approaches to Assessing the Integrated Effectiveness of the Development and Creation of New Generation Aircraft Engines

**Nabieva Diana Gumyarovna** ms.nabieva@bk.ru

*Moscow Aviation Institute (National Research University)*

**Gorelov Boris Alekseevich** melikyan\_lm@mail.ru

*Moscow Aviation Institute (National Research University)*

**Burdina Anna Anatolevna** annaburdina555@mail.ru

*Moscow Aviation Institute (National Research University)*

*The analysis of the schemes and organization of the workflow of turbojet engines with variable workflow, made on the basis of two-circuit engines, is carried out. The simulation of a digital analogue of a new generation engine with a variable workflow and adjustable flow rate through the third circuit is carried out. Approaches to the assessment of the integrated efficiency of the development and creation of new generation aircraft engines have been developed. It is concluded that the three-circuit engine circuit makes it possible to significantly improve the coordination of the input device, the engine and the output device as part of the power plant of a multipurpose supersonic aircraft.*

**Keywords:** analysis, complex efficiency, economic efficiency, efficiency evaluation, economic evaluation, multi-level model, multi-disciplinary model

## References

- [1] Ma B., Zhou Z. Progress and development trends of composite structure evaluation using noncontact nondestructive testing techniques in aviation and aerospace industries. Hangkong Xuebao/Acta Aeronautica et Astronautica Sinica, 2014, July, vol. 35 (7), pp. 1787–1803. DOI: 10.7527/S1000-6893.2013.0490
- [2] Barkalov S., Moiseev S., Poryadina V., Kvasov D. Economic security evaluation model of enterprises based on the latent variables theory. E3S Web Conf., 2020, vol. 164, p. 09050. DOI: 10.1051/e3sconf/202016409050
- [3] Tie-Cheng G., Heng-Fei G., Chuan-Zhen Z., Wu B. Progress of nondestructive testing techniques for aerospace composites. Journal of Tianjin Polytechnic University, 2017, vol. 36 (1), pp. 71–76. DOI:10.3969/j.issn1671-024x.2017.01.013
- [4] Klychova G., Zakirova A., Dyatlova A., Klychova A., Zaugarova A., Zalyalova N. Methodological tools to ensure economic security in the personnel management system of enterprises. E3S Web Conf., 2019, vol. 135, no. 04008. DOI: 10.1051/e3sconf/201913504008
- [5] Popkova E., Abramov S.A., Ermolina L.V., Gandin E.V. Strategic effectiveness evaluation as integral part of the modern enterprise management. Asian Social Science, 2015, vol. 11 (20). DOI: 10.5539/ass.v11n20p16
- [6] Tsybulevsky S.E., Murakaev I.M., Studnikov P.E., Ryapukhin A.V. Approaches to the clustering methodology in the rocket and space industry as a factor in the formation of a universal production model for the economic development in the space industry. INCAS Bulletin, 2019, vol. 11 (S), pp. 213–220. DOI: 10.13111/2066-8201.2019.11.S.21

УДК 338.28:658.51

## Комплексный подход к управлению проектами предприятий ракетно-космической отрасли

Найдис Ольга Александровна

naidis@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Обоснована актуальность исследования в области управления проектами (работами) предприятий ракетно-космической отрасли. Рассмотрено текущее состояние и особенности работы предприятий ракетно-космической отрасли. Приведены наиболее эффективные методы управления проектами и методы моделирования бизнес-процессов. Предложен комплексный подход к управлению проектами предприятий ракетно-космической отрасли с применением метода сетевого моделирования в сочетании с несколькими нотациями моделирования бизнес-процессов. Этапы предложенного подхода рассмотрены на примере проекта управления испытаниями компонентов высокотехнологичных изделий предприятий ракетно-космической отрасли.

**Ключевые слова:** моделирование, бизнес-процесс, управление проектами, испытания, сетевой график, ракетно-космическая отрасль

Россия продолжает активно развиваться в области ведения полномасштабной космической деятельности, и на протяжении многих лет остается несменным лидером в сфере космонавтики. В связи с таким активным развитием, регулярно проводятся

различные фундаментальные и прикладные научно-космические исследования, разрабатывается космическая техника, навигационные системы и прочая техника, и технология, необходимая для освоение космического пространства [1, 2].

Для обеспечения непрерывного функционирования разрабатываемой космической техники и различных аппаратов в течение всего срока их активного существования, необходимо в процессе создания проводить определённый объем наземной экспериментальной отработки, позволяющей воспроизвести различные нагрузки и воздействия на технику и аппараты, схожие с теми, что могут возникнуть в космосе. Благодаря такому подходу создается надежная техника и аппараты пригодные для освоения космоса.

На территории Российской Федерации есть предприятия, занимающиеся научно-исследовательской и испытательной деятельностью, в чью компетенцию входит проведение подобных работ. Эти предприятия задействованы не только в отечественных разработках в области ракетно-космической техники (РКТ), но и участвуют в международных космических проектах. Специалисты данных предприятий ведут расчетно-теоретические работы, экспериментальные работы, проводят комплексные исследования по оптимизации направлений развития РКТ, т. е. занимаются различной проектной деятельностью [3, 4].

Любая проектная деятельность в области РКТ направлена на достижение заранее определённого результата или на создание определённого уникального космического продукта или услуги. И, как известно, любой проектной деятельностью необходимо управлять, чтобы принимать обоснованные и своевременные управленические решения [3, 5].

На практике существует множество методов управления проектами [6, 7]. Все они имеют свои плюсы и минусы, а некоторые имеют и ряд ограничений при использовании. К наиболее эффективным методам управления проектами относят методы сетевого планирования и управления такие как: метод критического пути (CPM), метод оценки и обора программ (PERT), метод графической оценки и анализа (GERT), метод построения диаграммы Ганта, метод Монте-Карло, метод Agile (заключается в разборе одного большого проекта на мини-проекты), Scrum (метод управления проектами, разбивающий его на части, он сочетает в себе классический и гибкий подход), Lean (предусматривает разбивку проектов и мини-проектов на задачи и подзадачи, максимально конкретизируя процесс), Kanban (метод позволяет оставить неоконченную задачу на одном из этапов, если ее приоритет изменился и появлялись более срочные задачи) [8, 9].

Если принять во внимание тот факт, что управление проектами — это такая организация процесса, которая приводит проект к цели вовремя и в рамках бюджета, то здесь имеет место и использование методов моделирования бизнес-процессов. К наиболее распространенным методам моделирования бизнес-процессов относятся такие как: метод функционального моделирования SADT (IDEFO — структурирование деятельности предприятия в соответствии с ее бизнес-процессами); метод моделирования процессов IDEF3 (предназначен для моделирования последовательности выполнения действий и взаимозависимости между ними в рамках процессов); моделирование потоков данных DFD (представляет иерархию функциональных процессов, связанных потоками данных); метод ARIS (комплекс средств анализа и моделирования деятельности предприятия); метод Ericsson-Penker (применение языка объектного моделирования UML для моделирования бизнес-процессов) [10].

В работе предлагается комплексный подход к управлению проектами предприятий ракетно-космической отрасли (РКО) с применением метода сетевого планирования в сочетании с несколькими нотациями моделирования бизнес-процессов.

Алгоритм реализации комплексного подхода состоит из четырех этапов.

1. Описание и построение функциональной модели AS-IS («как есть») проекта (работы) с применением нотации IDEF0.

2. Доработка функциональной модели бизнес-процессов проекта (работы) в нотациях «Процесс» и «Процедура».

3. Для диаграмм бизнес-процессов проекта, построенных через нотации «Процесс» и «Процедура», используя требования метода критического пути (CPM), построить сетевой график.

4. Выявление недостатков в организации бизнес-процессов и доработка созданной модели AS-IS («как есть») с учетом выявленных недостатков в модель ТО-ВЕ («как будет»).

Предложенный комплексный подход к управлению проектами предприятий РКО с применением метода сетевого планирования в сочетании с нотациями «Процесс» и «Процедура» позволит принимать обоснованные управленческие решения, своевременно выявлять и ликвидировать проблемы в проекте, тем самым улучшаться показатели деятельности предприятий РКО.

## Литература

- [1] Золкин В.Н., Найдис О.А. Совершенствование управления испытаниями компонентов высокотехнологичных изделий ракетно-космической отрасли на основе современных информационных технологий // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2016. Т. 5. № 3. С. 115–118.
- [2] Найдис О.А., Старостин А.В. Присоединение России к ВТО: интересы предприятий ракетно-космической отрасли (РКО) // Актуальные проблемы социально-экономического развития России. 2017. № 4. С. 38–41.
- [3] Цисарский А.Д. Управление проектами по созданию перспективных изделий ракетно-космической техники. М.: Экономическая газета, 2015. 152 с.
- [4] Омельченко И.Н., Александров А.А., Канчавели Т.Г. и др. Проектирование организационно-управленческой структуры подразделения стратегического инновационно-ориентированного развития предприятия ракетно-космической промышленности // XLII Академические чтения по космонавтике (Королёвские чтения — 2018): сб. тез. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. С. 157–158.
- [5] Фалько С.Г., Бойко В.П. Контроллинг инновационных проектов в ракетно-космической промышленности. М.: НП «Объединение контроллеров», 2019. 128 с.
- [6] Кокуева Ж.М. Управление проектами. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. 144 с.
- [7] Конопатов С.Н., Салиенко Н.В., Ляхович Д.Г. Организационные структуры управления проектами: сравнительный анализ // Управление научно-техническими проектами: Матер. II междунар. науч.-техн. конф. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. С. 103–105.
- [8] Терентьева З.С., Хализова И.А. Гибкие методы управления проектами, анализ и сравнение // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2019. Т. 8. № 1. С. 374–376.
- [9] Горбатков С.А., Фархиева С.А., Лучникова Н.И. Математические методы в управлении проектами. М.: Прометей, 2018. 86 с.
- [10] Точилкина Т. Е. Моделирование бизнес-процессов. Практикум. М.: Кнорус, 2021. 167 с.

## An Integrated Approach to Project Management of Enterprises in the Rocket and Space Industry

Naydis Olga Alexandrovna  
BMSTU

naidis@bmstu.ru

*The relevance of research in the field of project (work) management of enterprises in the rocket and space industry has been substantiated. The current state and features of the work of the enterprises of the rocket and space industry are considered. The most effective methods of project management and methods of modeling business processes are presented. An integrated approach to project management of enterprises in the rocket and space industry is proposed using the method of network modeling in combination with several notations for modeling business processes. The stages of the proposed approach are considered on the example of a project for controlling tests of components of high-tech products of enterprises of the rocket and space industry.*

**Keywords:** project management, modeling, business process, testing, network schedule, rocket and space industry

### References

- [1] Zolkin V.N., Naydis O.A. Sovershenstvovanie upravleniya ispytaniyami komponentov vysokotekhnologichnykh izdelii raketno-kosmicheskoi otrassli na osnove sovremennykh informatsionnykh tekhnologii [Improving the control of testing components of high-tech products of the rocket and space industry on the basis of modern information technologies]. Azimut nauchnykh issledovanii: ekonomika i upravlenie [Azimut of scientific research: economics and management], 2016, vol. 5, no. 3, pp. 115–118. (In Russ.).
- [2] Naydis O.A., Starostin A.V. Prisoedinenie Rossii k WTO: interesy predpriyatiy raketno-kosmicheskoi otrassli (RKO) [Russia's accession to the WTO: interests of enterprises of the rocket and space industry (RKO)]. Aktual'nye problemy sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Rossii [Actual problems of socio-economic development of Russia], 2017, no. 4, pp. 38–41. (In Russ.).
- [3] Tsisarskii A.D. Upravlenie proektami po sozdaniyu perspektivnykh izdelii raketno-kosmicheskoi tekhniki [Project management for the creation of promising products of rocket and space technology]. Moscow, Ekonomicheskaya gazeta Publ., 2015, 152 p. (In Russ.).
- [4] Omelchenko I.N., Aleksandrov A.A., Kanchaveli T.G. et al. Proektirovanie organizatsionno-upravlencheskoy strukturny podrazdeleniya strategicheskogo innovatsionno-orientirovannogo razvitiya predpriyatiya raketno-kosmicheskoy promyshlennosti [Designing the organizational and managerial structure of the strategic innovation-oriented development unit of the rocket and space industry enterprise]. XLII Akademicheskie chteniya po kosmonavtike (Korolevskie chteniya — 2018) [XLII Academic Readings on cosmonautics (Korolev Readings — 2018)]: collection of abstracts. Moscow, BMSTU Press, 2018, pp. 157–158. (In Russ.).
- [5] Falko S.G., Boiko V.P. Kontrolling innovatsionnykh proektov v raketno-kosmicheskoi promyshlennosti [Controlling innovative projects in the rocket and space industry]. Moscow, NP "Ob"edinenie kontrollerov", 2019, 128 p. (In Russ.).
- [6] Kokueva Zh.M. Upravlenie proektami [Project Management]. Moscow, BMSTU Press, 2018, 144 s. (In Russ.).
- [7] Konopatov S.N., Salienko N.V., Lyakhovich D.G. Organizatsionnye struktury upravleniya proektami: sravnitel'nyi analiz [Organizational structures of project management: comparative analysis]. Upravlenie nauchno-tehnicheskimi proektami [Management of scientific and technical projects]: Mater. II International scientific and technical conf. Moscow, BMSTU Press, 2018, pp. 103–105. (In Russ.).
- [8] Terenteva Z.S., Khalizova I.A. Gibkie metody upravleniya proektami, analiz i sravnenie [Flexible methods of project management, analysis and comparison]. Azimut nauchnykh issledovanii:

- ekonomika i upravlenie [Azimut of scientific research: economics and management], 2019, vol. 8, no. 1, pp. 374–376. (In Russ.).
- [9] Gorbatkov S.A., Farkhieva S.A., Luchnikova N.I. Matematicheskie metody v upravlenii proektami [Mathematical methods in project management]. Moscow, Prometei Publ., 2018, 86 p. (In Russ.).
- [10] Tochilkina T.E. Modelirovaniye biznes-protsessov. Praktikum [Modeling of business processes. Practicum]. Moscow, Knorus Publ., 2021, 167 p. (In Russ.).

УДК 338.23

## Влияние нематериальных активов на эффективность деятельности предприятий космической отрасли

Николенко Татьяна Юрьевна

engecin@mail.ru

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)

Сёмина Лидия Викторовна

info@diomenmai.ru

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)

В процессе исследования обоснована актуальность повышения уровня финансовой устойчивости предприятий космической отрасли в связи с важностью результатов их работы для развития национальной экономики. Рассмотрено предложение по совершенствованию процедуры финансового анализа деятельности путем внедрения дополнительного этапа оценки влияния нематериальных активов на имеющийся производственный и инновационный потенциал хозяйствующего субъекта. Показана целесообразность измерения уровня согласованности решений специалистов экспертной группы для устранения субъективных результатов оценки. Сделаны выводы о росте эффективности принятия управленческих решений в случае применения усовершенствованной последовательности анализа финансового положения предприятия.

**Ключевые слова:** космическая отрасль, финансовый анализ, нематериальные активы, экспертный метод

Космическая отрасль характеризуется реализацией большого числа высокотехнологичных инновационных проектов, что способствует развитию национальной экономики. Прорывные технологии определяют темпы роста конкурентоспособности страны на мировом рынке [1]. Переход к цифровой экономике способствует повышенному интересу к предприятиям космической отрасли как к двигателям научно-технического прогресса. Наземная инфраструктура, отличающаяся сложностью и высокой инновационностью, формирует весомый потенциал для обеспечения бесперебойной работы многих отраслей [2]. Космические технологии в современных условиях определяют функционирование экономики. Ежедневно люди, компании и государства осуществляют мониторинг климатических показателей, используют систему глобальной навигации, передают информацию через космос, пользуются спутниковым интернетом, борются с пандемией, осуществляют мониторинг природных катастроф, работают удаленно. Ускорение динамики освоения космоса, развитие текущих космических рынков и возникновение новых, проникновение космических технологий в другие отрасли подтверждают значение космоса для современной экономики [3].

Предприятия любой отрасли нуждаются в сохранении финансовой устойчивости для продолжения эффективной деятельности. Важность космической отрасли на ми-

ровом уровне предопределяет исследование вопросов укрепления текущего положения хозяйствующих субъектов данной направленности. В связи с тем, что поддержание устойчивых позиций зависит не только от финансовых, трудовых и материальных ресурсов, а и от грамотного использования активов, остро встает вопрос о влиянии наличия неликвидных активов на финансовое состояние предприятий космической отрасли. Основным инструментом мониторинга уровня имеющегося потенциала для непрерывной и эффективной деятельности предприятия является финансовый анализ, одним из этапов которого выступает оценка ликвидности. Однако существует объективная необходимость в совершенствовании данного процесса путем внедрения дополнительного этапа в виде детального изучения факторов влияния неликвидных активов на текущее положение предприятия.

Для поддержания высокого уровня эффективности деятельности высокотехнологичных и научноемких предприятий необходимо принимать своевременные управленические решения в целях сохранения финансовой устойчивости [4]. В связи с этим целесообразно ввести в штат отдела планирования дополнительную штатную единицу — специалист по обеспечению финансовой устойчивости. Задача данного сотрудника организовать процедуру анализа текущего финансового положения предприятия с учетом влияния неликвидных активов. Основные этапы последовательности оценки:

- 1) структурный анализ активов;
- 2) выявление неликвидных единиц;
- 3) расчет показателей ликвидности;
- 4) создание экспертной группы;
- 5) определение факторов влияния неликвидных активов;
- 6) оценка согласованности мнений экспертов;
- 7) разработка направлений улучшения финансового положения.

Структурная оценка активов производится с помощью применения методов горизонтального и вертикального анализа. Расчет коэффициентов ликвидности и рассмотрение их в динамике обеспечивает выявление закономерностей и причин возможной потери платежеспособности предприятия [5]. После обнаружения неликвидных единиц среди совокупности всех активов аналитическая группа, которая включает в себя высококвалифицированных специалистов, экспертным методом определяет факторы влияния неликвидных активов на потенциал предприятия, а также силу их воздействия. Под факторами влияния неликвидных активов понимаются показатели, динамика которых оказывает прямое воздействие на их возникновение. Путем присвоения рангов, выделяются наиболее значимые факторы и нивелируется сила их воздействия, что бесспорно приведет к снижению риска возникновения неликвидных активов.

Исследование проводится с учетом необходимой согласованности мнений экспертов, что гарантирует максимально объективную оценку. Для определения достаточности уровня согласованности мнений экспертов применяется коэффициент конкордации Кендалла. В случае выявления высокой степени отклонений целесообразно провести корректирующие меры в виде коллективного обсуждения результатов или расформирования экспертной группы [6].

Предложенный метод совершенствования анализа ликвидности предприятий космической отрасли позволит своевременно оценить имеющиеся неликвидные активы, а также силу влияния факторов их возникновения. При определении рангов наиболее значимых факторов неликвидных активов открывается возможность перераспределения усиленных действий по укреплению финансового положения предприятия. Меры по устранению неудовлетворительных показателей будут точно

направлены на наиболее приоритетные направления, что усилит эффективность управлеченческих решений. Недостатком метода является имеющаяся доля субъективных экспертных оценок, что можно свести к минимуму путем ужесточения процедуры отбора специалистов в аналитическую группу.

Таким образом, исследование показало важность оценки влияния неликвидных активов на финансовое состояние предприятий космической отрасли. Данный вид активов требует повышенного внимания, что предопределяет необходимость внедрения этапа их анализа в процедуру оценки финансового положения. Рассмотрение текущего положения и выявление проблемных мест в структуре активов позволит осуществить дальнейшее прогнозирование развития предприятия и динамики его финансовой устойчивости.

## **Литература**

- [1] Бурдина А.А., Москвичева Н.В. Проблемы формирования, наращивания и реализации инновационного, инвестиционного и интеллектуального потенциала предприятий авиационной промышленности в современных и прогнозируемых социально-экономических условиях // Вестник МГТУ «Станкин». 2018. № 1. С. 121–128.
- [2] Burdina A.A., Bondarenko A.V. Assessing the strategic efficiency of aviation projects // Russian Engineering Research. 2020. Vol. 40, no. 5. Pp. 439–441.
- [3] Скрыль Т.В., Марков А.Ю. Проблемы реализации потенциала космической отрасли в процессе формирования цифровой экономики // ЦИТИСЭ. 2021. № 3. С. 96–105.
- [4] Бондаренко А.В., Бурдин С.С. Стратегическая эффективность и стратегический риск научоемкой продукции как факторы цифровой трансформации // Экономика и предпринимательство. 2020. № 10. С. 223–228.
- [5] Мелик-Асланова Н.О. Обоснование эффективного развития предприятия // Финансовая жизнь. 2021. № 3. С. 101–104.
- [6] Нехрест-Бобкова А.А., Бурдина А.А., Геращенко Н.Н. Совершенствование процедуры контроля финансового результата с помощью нейросетевого моделирования // Экономика и предпринимательство. 2019. № 6. С. 703–706.

## **Impact of Illiquid Assets on the Efficiency of the Space Industry Enterprises**

*Nikolenko Tatiana Yurievna*                    *engecin@mail.ru*

*Moscow Aviation Institute (National Research University)*

*Semina Lidiya Viktorovna*                    *info@diomenmai.ru*

*Moscow Aviation Institute (National Research University)*

*In the course of the research, the relevance of increasing the level of financial stability of space industry enterprises is substantiated due to the importance of the results of their work for the development of the national economy. The paper considers a proposal to improve the procedure for financial analysis of activities by introducing an additional stage of assessing the impact of illiquid assets on the existing production and innovation potential of an economic entity. The expediency of measuring the level of consistency of decisions of experts of the expert group to eliminate subjective evaluation results is shown. Conclusions are drawn about the increase in the efficiency of managerial decision-making in the case of the application of an improved sequence of analysis of the financial situation of the enterprise.*

**Keywords:** space industry, financial analysis, illiquid assets, expert method

**References**

- [1] Burdina A.A., Moskvicheva N.V. Problemy formirovaniya, narashchivaniya i realizatsii innovatsionnogo, investitsionnogo i intellektual'nogo potentsiala predpriyatiy aviatsionnoi promyshlennosti v sovremennykh i prognosiruemых sotsial'no-ekonomicheskikh usloviyah [Problems of formation, development and implementation of innovative, investment and intellectual potential of aviation industry enterprises in modern and predictable socio-economic conditions]. Vestnik MGTU "Stankin" [Bulletin of MSTU "Stankin"], 2018, no. 1, pp. 121–128. (In Russ.).
- [2] Burdina A.A., Bondarenko A.V. Assessing the strategic efficiency of aviation projects. Russian Engineering Research, 2020, vol. 40, no. 5, pp. 439–441.
- [3] Skryl' T.V., Markov A.Yu. Problemy realizatsii potentsiala kosmicheskoi otrazhi v protsesse formirovaniya tsifrovoi ekonomiki [Problems of realizing the potential of the space industry in the process of forming the digital economy]. TsITISE, 2021, no. 3, pp. 96–105. (In Russ.).
- [4] Bondarenko A.V., Burdin S.S. Strategicheskaya effektivnost' i strategicheskii risk naukoemkoi produktsii kak faktory tsifrovoi transformatsii [Strategic efficiency and strategic risk of high-tech products as factors of digital transformation]. Ekonomika i predprinimatel'stvo [Economics and entrepreneurship], 2020, no. 10, pp. 223–228. (In Russ.).
- [5] Melik-Aslanova N.O. Obosnovanie effektivnogo razvitiya predpriyatiya [Justification of the effective development of the enterprise]. Finansovaya zhizn' [Financial Life], 2021, no. 3, pp. 101–104. (In Russ.).
- [6] Nekhrest-Bobkova A.A., Burdina A.A., Gerashchenko N.N. Sovershenstvovanie protsedyury kontrolinga finansovogo rezul'tata s pomoshch'yu neirosetevogo modelirovaniya [Improving the procedure for controlling financial results using neural network modeling]. Ekonomika i predprinimatel'stvo [Economics and entrepreneurship], 2019, no. 6, pp. 703–706. (In Russ.).

УДК 339.9

## Мировой космический кластер: экономика и безопасность

Панкова Людмила Владимировна

lpankova@imemo.ru

НИИ мировой экономики и международных отношений имени Е.М. Примакова РАН

Новый эволюционный рубеж космической деятельности обуславливает необходимость системного интегрированного подхода к оценке ее современного состояния и перспектив развития. Рассмотрено возрастающее значение космических технологий как важных источников мирового технологического прогресса. Дано определение космического кластера. Изучено его воздействие на перспективы («Видение 2030+») развития экономики космоса и обеспечение международной безопасности в контексте революционизации процессов космической деятельности, растущей востребованности по расширению международных взаимодействий в сфере космических исследований и разработок при общем неуклонном росте количества стран-участниц освоения космического пространства.

**Ключевые слова:** космическая деятельность, новый космос, экономика, орбитальный мусор, конкуренция, оборона, безопасность, международное взаимодействие, технологии

Объем мировой космической деятельности неуклонно возрастает. Экономика космоса, определяемая как обширный спектр активности и использования ресурсов, создающих цепочку ценностей и способствующих получению экономических выгод при эксплуатации, исследованиях и использовании космического пространства, приближается к 400 млрд. долл. в год [1]. А к 2030 г. объем глобальной космической экономики прогнозируется в 600 млрд. долл. [2]. Высокая динамика цифро-технологических сдвигов в

целом, способствует значительным изменениям научно-технологического ландшафта в сфере космической деятельности (КД). При этом космический кластер, представляющий собой совокупность важнейших перспективных космических технологий, обладающих высокой научной ценностью и тройным использованием (военным, гражданским, а также и коммерческим) приобретает все более важное значение, как драйвер экономического, технологического и военно-технологического развития. Причем это относится как к национальному, так и международному уровням.

Крупные достижения в области космических технологий и астрономических наблюдений, разработка микроспутников, наноматериалов, искусственный интеллект и робототехника, технологии дополненной реальности и автономизация, а также перспективные проекты в области межорбитальных буксиров, новых источников энергии и др. «обещают беспрецедентные возможности для исследований, множество научных открытий и большую экономическую отдачу» [3].

Возрастает востребованность международной кооперации. Несмотря на всю сложность и неопределенность политической обстановки в мире, спектр возможных и необходимых взаимодействий в космосе достаточно широк. Важнейшими точками соприкосновения являются необходимость решение проблемы борьбы с космическим мусором; обмена данными экологического характера (мониторинг окружающей среды, изменение климата, качество воздуха, предсказания погоды и т. д.); анализа земной гравитации и магнитных полей; научных исследований космической среды и планет Солнечной системы. Достаточно велик потенциал взаимодействия в области распределения орбитально-частотных ресурсов космоса, удовлетворения спроса на ресурсы по поддержке мега созвездий спутников на низкой околоземной орбите и обеспечение глобального спроса на широкополосную связь и др. В целях роста безопасности КД потребуется и решение вопросов стандартизации и адаптации транспортных космических систем. Остро стоит и вопрос обеспечение безопасности функционирования космических объектов информационной космической инфраструктуры, особенно в условиях возрастания значимости двойного использования информационных космических систем, усиливая взаимосвязь экономики, обороны и безопасности. Более 80 % мировой спутниковой группировки — это информационно-коммуникационные системы командования, контроля, связи, компьютеризации, разведки, наблюдения и рекогносцировки, а также системы навигации и позиционирования. И без этих систем, практически все созданные и находящиеся в разработке, например, транспортные системы гражданского и военного назначения *неэффективны, а зачастую неработоспособны и неуправляемы*. Возрастающее стратегическое и коммерческое значение орбитальной космической инфраструктуры в условиях роста загруженности околоземных орбит гарантирует усиление соперничества в области доступа в космос, его использование и контроля. Разворачивание противоспутниковых технологий может интенсифицировать глобальную напряженность.

В целом, находясь под мощным многофакторным прессингом фундаментальных изменений по широкому спектру внутренних и внешних изменений [4], космическая деятельность занимает все более важное место в сфере обеспечения безопасности, как национальной, так и международной.

Конкуренция в космосе нарастает, увеличивается количество субъектов космической деятельности, наблюдается радикальная интенсификация коммерческой деятельности (только коммерческие спутники США по данным на конец второго десятилетия XXI века составляли более 28 % общего количества спутников на орbitах [5]).

Развитие космической деятельности в странах стратегического треугольника (США, Россия, Китай) и их взаимодействие в сфере реализации общих глобальных интересов в космической сфере в 2020-е годы определит перспективы развития КД на десятилетия вперед [4], закладывая основы ее будущего за пределами 2030 г. В совокупности на США, Россию и Китай по данным на конец второго десятилетия XXI века приходилось более 70 % обращающихся на орбитах спутников, не говоря уже о широких возможностях вывода объектов в космос, обеспечении работы космических станций и т. д. Ключевой вопрос сегодня — смогут ли космические державы, и прежде всего Китай, Россия и США, согласиться на выработку (дополнительно к существующему) обновленного свода правил (норм) поведения в сфере космоса при том уровне стратегического противостояния между ними, который существует на настоящий момент.

## Литература

- [1] Space Economy Initiative. 2020 Outcome Report. January 2021. United Nations Office for Outer Space Affairs. Available at: [https://www.unoosa.org/documents/pdf/Space20%Economy/Space\\_Economy\\_Initiative\\_2020\\_Outcome\\_Report\\_Jan\\_2021.pdf](https://www.unoosa.org/documents/pdf/Space20%Economy/Space_Economy_Initiative_2020_Outcome_Report_Jan_2021.pdf) (accessed November 1, 2021).
- [2] Stanley M. Space: Investing in the Final Frontier. 2020. Available at: <https://www.morganstanley.com/ideas/investing-in-space> (accessed November 1, 2021).
- [3] Шваб К., Дэвис Н. Технологии Четвертой промышленной революции. М.: Бомбара, 2018. 320 с.
- [4] Pankova L.V. Competition in space: Opportunities, consequences and risks to international security // AIP Conference Proceedings. 2021, February. Vol. 2318, no. 1. Art. no. 070020. DOI: 10.1063/5.0035827
- [5] Grego L. New Update of the UCS Satellite Database. January 6, 2018. Available at: <https://allthingsnuclear.org/lgrago/ucs-satellite-database-update-8-31-17> (accessed November 3, 2021).

## World Space Cluster: Economy and Security

Pankova Lyudmila Vladimirovna

lpankova@imemo.ru

Primakov National Research Institute of World Economy and International Relations,  
Russian Academy of Sciences

*New evolutionary frontier of the space activity necessitates the systematic integrated approach to the estimation of its current state and the perspective of the development. The increasing significance of the space technologies as an important source of the world technological progress is considering. The determination of the space technological cluster is defined. Its influence over the outlook of the development of the space economy and ensuring of the international security ("Vision 2030+") is examined in the context as follows: revolutionizing processes of the space activity, growing demand for the enlargement of international interactions in the sphere of space research and development under the common steadfast growth of the quantity of the countries participating in space exploration.*

**Keywords:** space activity, technology, new space, economy, orbital debris, competition, defense, security, international interactions

## References

- [1] Space Economy Initiative. 2020 Outcome Report. January 2021. United Nations Office for Outer Space Affairs. Available at: [https://www.unoosa.org/documents/pdf/Space20%Economy/Space\\_Economy\\_Initiative\\_2020\\_Outcome\\_Report\\_Jan\\_2021.pdf](https://www.unoosa.org/documents/pdf/Space20%Economy/Space_Economy_Initiative_2020_Outcome_Report_Jan_2021.pdf) (accessed November 1, 2021).

- 
- [2] Stanley M. Space: Investing in the Final Frontier. 2020. Available at: <https://www.morganstanley.com/ideas/investing-in-space> (accessed November 1, 2021).
  - [3] Shvab K., Devis N. Tekhnologii Chetvertoi promyshlennoi revolyutsii [Technologies of the Fourth Industrial Revolution]. Moscow, Bombora Publ., 2018, 320 p. (In Russ.).
  - [4] Pankova L.V. Competition in space: Opportunities, consequences and risks to international security. AIP Conference Proceedings, 2021, February, vol. 2318, no. 1, art. no. 070020. DOI: 10.1063/5.0035827
  - [5] Grego L. New Update of the UCS Satellite Database. January 6, 2018. Available at: <https://allthingsnuclear.org/lgrago/ucs-satellite-database-update-8-31-17> (accessed November 3, 2021).

УДК 330.341

## Венчурные инвестиции как драйвер развития инновационного развития космической отрасли

Подрезов Александр Сергеевич  
МГТУ им. Н.Э. Баумана

Vdubus@yandex.ru

В данной работе рассматриваются технологические стартапы, возникающие в сфере космической деятельности, кратко исследуются состояние и современная структура рынка венчурного капитала. Анализируется различия в управлении государственного и частного сектора в космической деятельности человека. Обозначена роль инновационного развития космической отрасли с развитием технологических космических стартапов. Сделан вывод, что современный мир вступает в новую эру коммерциализации космоса, ориентированную на получение прибыли от запуска спутников, космического туризма, добычи полезных ископаемых на астероидах, разработки с этой целью космических технологий и создания внеземных добывающих предприятий.

**Ключевые слова:** стартапы, космическая отрасль, частный сектор, предпринимательство, инновации

Одним из основополагающих фундаментов инновационной среды, является формирование благоприятных условий ведения частного бизнеса. Для современной конкурентоспособной экономики наиболее важно развитие инновационного предпринимательства [1], которое будет определять скорость экономического роста отрасли и страны в целом. С понятием инновации и инновационный бизнес неразрывно связано такое понятие как венчурный капитал — одна из разновидностей прямых инвестиций, которые являются одним из главных источников капитала для технологических стартапов.

Венчурный капитал, являясь крупнейшим видом инвестиций среди космических стартапов, которые составляют 25 % от общего финансирования и в последние годы становятся все более значимыми. 77 % инвестиций в развивающуюся космическую деятельность основаны на акционерном капитале, причем все большую долю составляют венчурные капиталисты. Венчурные инвесторы в настоящий момент определяют космическую отрасль как отрасль с потенциалом высокой доходности в долгосрочной перспективе, и это привело к тому, что венчурные инвестиции — это наиболее востребованная форма финансирования со стороны развивающихся космических компаний.

Венчурные капиталисты придерживаются бизнес-модели, при которой большинство стартапов, на которые они делают ставки, потерпят неудачу. Классическая статистика по стартапам говорит о том, что 9 из 10 стартапов терпят неудачу, однако в некоторых из последних исследований говорится, что только 1 из 12 компаний добиваются успеха [2]. Инвесторы готовы принять такие риски, потому что те стартапы, которые действительно преуспевают, обеспечивают прибыль, которая на порядок превышает убытки. Характерная черта таких вложений в том, что значительная часть начинающих космических компаний, которые привлекли инвестиции за последние четыре или пять лет, еще не отчитались о доходах, не говоря уже о прибыли.

Между тем, государственные учреждения и фонды продолжают оказывать поддержку в виде грантов и премий, и на них приходится наибольшее количество инвестиций в развивающуюся космическую отрасль. Эти инвестиции обычно обусловлены стратегическими интересами и интересами экономического развития государства. Ожидается, что специальные космические фонды, созданные правительствами, такими как Япония, США, Россия и т. д., а также конкурсы в поддержку инноваций, будут стимулировать рост космической инфраструктуры за счет отечественных компаний. Наряду с программами краудфандинга и акселераторов/инкубаторов, такие методы позволяют повысить автономию и контроль над компанией для команд-основателей. Финансирование акселератора может дополнительно помочь открыть дверь для будущих возможностей венчурного капитала / бизнес-ангелов по мере развития бизнеса.

Модель централизованной, управляемой государством космической деятельности человека, зародившаяся в 1960-х годах, за последние два десятилетия уступила место новой модели, в которой государственные инициативы в космосе все чаще делят сцену с частными приоритетами [3]. Централизованные космические программы под руководством правительства неизбежно будут сосредоточены на космической деятельности, которая отвечает интересам общества, таким как национальная безопасность, фундаментальная наука и национальная гордость.

В отличие от правительств, частный сектор стремится отправить людей в космос, чтобы преследовать свои личные интересы, а не интересы государства, а затем удовлетворить спрос, который они создают. Это видение, движущее такими компаниями как SpaceX, Blue Origins и Virgin Galactic.

SpaceX за первые двадцать лет своего существования полностью перевернуло индустрию запуска ракет, завоевав 60% мирового рынка коммерческих запусков и создав все более крупные космические корабли, предназначенные для перевозки пассажиров не только на Международную космическую станцию, но и к предполагаемому поселению на Марсе. Virgin Galactic, первая в истории компания космического туризма, акции которой котируются на бирже и Blue Origin известная своими ракетами с вертикальным взлетом и посадкой [4]. Все эти наиболее известные стартапы вносят огромный вклад в развитие космических технологий.

Современный мир вступает в новую эру коммерциализации космоса, ориентированную на получение прибыли от запуска спутников, космического туризма, добычи полезных ископаемых на астероидах, разработки с этой целью космических технологий и создания внеземных добывающих предприятий. У России есть шанс вступить в эту гонку, но для этого необходимо уже сейчас прилагать усилия со стороны государства для привлечения венчурных инвестиций и развития частной космонавтики. Технологический потенциал страны способен обеспечить ей присутствие в космосе в течение ближайших нескольких десятилетий.

## Литература

- [1] Furman J., Porter M.E., Stern S. The determinants of national innovative capacity // Research Policy. 2002. Vol. 31. Pp. 899–933. DOI: 10.1016/S0048-7333(01)00152-4
- [2] Отчет от Startup Genome. StartupGenome. URL: <https://startupgenome.com/> (дата обращения 25.10.2021).
- [3] Эра коммерческого космоса уже наступила. HarvardBusinessReview. URL: <https://hbr.org/2021/02/the-commercial-space-age-is-here> (дата обращения 08.11.2021).
- [4] История Virgin Galactic. BSCExpress. URL: <https://bcs-express.ru/novosti-i-analitika/virgin-galactic-stanet-pervoi-publichnou-kompaniei-na-rynke-kosmicheskogo-turizma> (дата обращения 13.11.2021).

## Venture Investments as a Driver of Innovative Development of the Space Industry

**Podrezov Aleksandr Sergeevich**

Vdubus@yandex.ru

BMSTU

*This paper examines technological startups emerging in the field of space activities, briefly examines the state and modern structure of the venture capital market. The differences in the management of the public and private sectors in human space activities are analyzed. The role of innovative development of the space industry with the development of technological space startups in the country is outlined. Concluded that the modern world is entering a new era of space commercialization, focused on making a profit from the launch of satellites, space tourism, mining on asteroids, the development of space technologies for this purpose and the creation of extraterrestrial mining enterprises.*

**Keywords:** startups, space industry, business sector, entrepreneurship, innovations

## References

- [1] Furman J., Porter M.E., Stern S. The determinants of national innovative capacity. Research Policy, 2002, vol. 31, pp. 899–933. DOI: 10.1016/S0048-7333(01)00152-4
- [2] Otchet ot Startup Genome. StartupGenome. Available at: <https://startupgenome.com/> (accessed October 25, 2021).
- [3] Era kommercheskogo kosmosa uzhe nastupila. HarvardBusinessReview. Available at: <https://hbr.org/2021/02/the-commercial-space-age-is-here> (accessed November 08, 2021).
- [4] Istoriya Virgin Galactic. BSCExpress. Available at: <https://bcs-express.ru/novosti-i-analitika/virgin-galactic-stanet-pervoi-publichnou-kompaniei-na-rynke-kosmicheskogo-turizma> (accessed November 13, 2021). (In Russ.).

---

УДК 334.726

## Анализ тенденций развития и современного состояния сферы универсальных цифровых платформ для повышения эффективности наукоемкого производства

**Полукеев Даниил Сергеевич**

polukeevds@student.bmstu.ru

*МГТУ им. Н.Э. Баумана*

**Кашеварова Наталия Александровна**

n.kashevarova@bmstu.ru

*МГТУ им. Н.Э. Баумана*

**Шиболденков Владимир Александрович**

vshiboldenkov@mail.ru

*МГТУ им. Н.Э. Баумана*

*Рассмотрены основные тенденции развития универсальных цифровых платформ. Проведен анализ практического применения данных технологий в наукоемком производстве с целью повышения экономической эффективности предприятия. Выполнена оценка потенциала трансформации в универсальную цифровую платформу. Также сделан вывод, что анализ подтверждает высокую эффективность внедрения универсальных платформ на примере приведенных компаний.*

**Ключевые слова:** универсальные цифровые платформы, экосистема, цифровая экономика, цифровизация, экономическая эффективность

За последнее десятилетие список крупнейших мировых компаний по рыночной капитализации существенно изменился. Стремительный рост доминирования платформ-гигантов, наблюдаемый в последние годы, обусловлен, в том числе, увеличением размеров их экосистем. В 2008 году в десятку самых дорогих публичных компаний, большинство из которых были сырьевыми компаниями, входила только одна цифровая компания Microsoft, то сейчас лидирующие позиции в этом же рейтинге занимают восемь таких компаний (Apple, Microsoft, Alphabet (Google), Amazon, Facebook, Alibaba, Tencent, Visa), рыночная капитализация которых в сумме составляет около 6,8 трлн долл. Это более чем в 19 раз превышает объем российского фондового рынка (354 млрд долларов) [1]. В основном крупные цифровые компании на данный момент базируются в США и КНР, при этом имеются они также и в Великобритании, Японии, Германии, России и во многих других странах.

Тенденции развития цифровых платформ в России. ЦП распространены в России в виде социальных сетей, мессенджеров, поисковых систем, платежных систем, платформ в сфере электронной коммерции, финансов, туризма, занятости, образования, пассажирского транспорта и др. Российские цифровые платформы существенно уступают по рыночной капитализации отечественным сырьевым предприятиям. Таким образом, Россия все еще переживает ситуацию, аналогичную ситуации слабого присутствия платформенных компаний в мировом рейтинге в середине прошлого десятилетия. Мировые ЦП имеют достаточно сильные рыночные позиции в российской экономике. Их доля в общем объеме рынка ЦП в России составляет около 30 % (или 8 млрд долл.) [2].

На современном предприятии используемые цифровые технологии становятся точками роста, которые обеспечивают экономику цифровым ресурсом [3]. Если в начале прошлого столетия главной движущей силой мировой экономики были сырь-

евые, машиностроительные и горнодобывающие компании, то сейчас крупнейшими предприятиями являются представители цифровой экономики. Самым динамичным и важным сегментом в ЦЭ являются телекоммуникации и деятельность, касающаяся использования компьютерных устройств и информационных технологий, которая включает разработку ПО, консультирование, обработку информации, создание и использование баз данных и информационных ресурсов, в том числе Интернета, обслуживание вычислительной техники и т. д. Реагирование на такого рода внешние и внутренние изменения вызывает растущий спрос на развитие науки и техники. Возникает радикальная трансформация рынков за счет изменения основной базы технических средств [4, 5].

Исследование в данной работе проведено на основе рыночной стоимости (капитализации) компаний, которые активно трансформируются в универсальные цифровые платформы, также проведен анализ уровня проникновения цифровых платформ в жизнь населения страны.

В результате проведенного исследования более активный рост показали Instagram — в 13 раз, с 90 млн чел. в 2013 г. до 1,2 млрд чел. в 2020 г. [6] (CAGR — 45 %), и мессенджер WhatsApp — в 10 раз, с 200 млн чел. в 2013 г. до 2 млрд чел. к 2020 г. [7] (CAGR — 39 %). Внушительный рост среди неамериканских ЦП показала китайская платформа WeChat (Tencent Holdings) — в 23 раза, с 50 млн чел. в 2011 г. до 1,165 млрд чел. в 2020 г. [8] (CAGR — 42 %). Уровень проникновения цифровых платформ в России к концу 2019 года достиг 78 %, или около 116,35 млн граждан [9]. Лидером по проникновению в России среди цифровых платформ является видеочатинг YouTube (87 %), за ней следуют российские социальные сети Вконтакте (83 %) и Одноклассники (54 %). Ведущими мессенджерами являются WhatsApp (69 %) и Viber (47 %). Мировой лидер Facebook находится на седьмом месте (39 %) [10]. Российский рынок поисковых систем переживает олигополистическую конкуренцию между двумя явными лидерами универсальных цифровых платформ: американской поисковой системой Google и российским Яндексом [11].

Суммарная выручка российских платформенных компаний превышает 17 млрд долл. и составляет около 1 % ВВП России [2]. Главным источником доходов платформенных компаний в России являются денежные потоки от рекламы. Доходы Яндекса за 2017 г. составили 94,1 млрд руб., что вдвое превышает объем выручки российского подразделения Google (45,2 млрд р.) [2]. Основной источник доходов Яндекса — выручка от контекстной и медийной рекламы (93 % или 87,4 млрд р.). Выручка зарубежных социальных сетей в России также гораздо ниже доходов российских ЦП Вконтакте и Одноклассники [2]. Для сравнения стоит отметить, что совокупный объем прибыли головной компании Google по итогам 2017 г. составил 110 млрд долл., 95,4 из которых — рекламные доходы (87 %).

Также универсальные цифровые платформы дают возможность более быстрого выхода на новые территории открытых стран, запуская сервисы, для которых необходима подписка, цифровые корпорации могут одновременно начинать работу в большом количестве стран, единственное отличие будет состоять в валюте для оплаты данной подписки. Поэтому один из крупнейших производителей инновационных электронных устройств — Apple, начиная с 2015 года, перебросил большие силы для создания универсальных сервисов, которые предустановлены на сотни миллионов их устройств, ведь покупка устройства влечет за собой один платеж, а ежемесячная подписка большого количества своих пользователей дает компании большой денежный поток каждый месяц.

Из приведенных результатов можно сделать вывод, что перспективы универсальных цифровых платформ огромны, за последние пять лет компании, которые трансформировались в цифровые платформы [12], заняли первые восемь мест по рыночной капитализации, что подтверждает высокую эффективность внедрения универсальных платформ в данных компаниях.

## Литература

- [1] Капитализация ведущих компаний России // Информационный портал о фондах. URL: <https://investfunds.ru/stocks-leaders/> (дата обращения 15.12.2021).
- [2] Гелисханов И.З. и др. Цифровые платформы в экономике: сущность, модели, тенденции развития // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Сер. Экономические науки. 2018. № 6. С. 22–36.
- [3] Галкин Н.А., Дроговоз П.А. Трансформация наукоемких отраслей экономики в цифровые экосистемы // Будущее машиностроения России (Москва, 22–25 сентября 2020 г.): сб. докл. XXIII Всерос. науч. конф.: в 2 т. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2020. Т. 2. С. 289–295.
- [4] Кашеварова Н.А., Панова Д.А. Анализ современной практики применения технологии искусственного интеллекта в финансовой сфере и его влияния на трансформацию финансовой экосистемы // Креативная экономика. 2020. Т. 14, № 8. DOI: 10.18334/ce.14.8.110708
- [5] Кашеварова Н.А., Шиболденков В.А. Развитие производственных экосистем и платформ в условиях цифровой трансформации промышленности // IX Чарновские чтения (Москва, 6–7 дек. 2019 г.): сб. трудов всерос. науч. конф. М.: НОЦ «Контроллинг и управленические инновации», 2019. С. 71–79.
- [6] Количество активных пользователей Instagram // Портал сбора статистики Statista. URL: <https://www.statista.com/statistics/253577/number-of-monthly-active-instagram-users/> (дата обращения 16.12.2021).
- [7] Количество активных пользователей WhatsApp // Портал сбора статистики Statista. URL: <https://www.statista.com/statistics/260819/number-of-monthly-active-whatsapp-users/> (дата обращения 16.12.2021).
- [8] Количество активных пользователей WeChat // Портал сбора статистики Statista. URL: <https://www.statista.com/statistics/255778/number-of-active-wechat-messenger-accounts/> (дата обращения 16.12.2021).
- [9] Страны с наибольшим количеством активных интернет-пользователей // Портал сбора статистики Statista. URL: <https://www.statista.com/statistics/262966/number-of-internet-users-in-selected-countries/> (дата обращения 16.12.2021).
- [10] Самые популярные цифровые платформы России // Портал сбора статистики Statista. URL: <https://www.statista.com/statistics/284447/russia-social-network-penetration/> (дата обращения 16.12.2021).
- [11] Рейтинг поисковых платформ России // Портал SeoAuditor. URL: <https://gs.seo-auditor.com.ru/sep/2019/> (дата обращения 16.12.2021).
- [12] Шиболденков В.А., Подрезов А.С. Разработка модели оценки экономического эффекта от формирования интегративных, сетевых и платформенных отраслевых структур // XLV Академические чтения по космонавтике (Королёвские чтения — 2021): сб. тез.: в 4 т. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021. Т. 2. С. 162–164.

## Analysis of Trends in the Development and Current State of the Field of Universal Digital Platforms to Improve the Efficiency of Science-Based Companies

**Polukeev Daniil Sergeevich**

*BMSTU*

[polukeevds@student.bmstu.ru](mailto:polukeevds@student.bmstu.ru)

**Kashevarova Nataliya Alexandrovna**

*BMSTU*

[n.kashevarova@bmstu.ru](mailto:n.kashevarova@bmstu.ru)

**Shiboldenkov Vladimir Alexandrovich**

*BMSTU*

[vshiboldenkov@mail.ru](mailto:vshiboldenkov@mail.ru)

*The main trends in the development of universal digital platforms are considered. The analysis of the practical application of these technologies in high-tech production in order to increase the economic efficiency of the enterprise is carried out. The potential of transformation into a universal digital platform has been assessed. It is also concluded that the analysis confirms the high efficiency of the implementation of universal platforms on the example of the above companies.*

**Keywords:** universal digital platform, ecosystem, digital economy, digitalization, economic efficiency

### References

- [1] Kapitalizatsiya vedushchikh kompanii Rossii [Capitalization of Russia's leading companies]. Informatsionnyi portal o fondakh [Information portal about funds]. Available at: <https://investfunds.ru/stocks-leaders/> (accessed December 15, 2021). (In Russ.).
- [2] Geliskhanov I.Z. i dr. Tsifrovye platformy v ekonomike: sushchnost', modeli, tendentsii razvitiya [Digital platforms in the economy: essence, models, development trends]. Nauchno-tehnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. Ser. Ekonomicheskie nauki [Scientific and Technical Bulletin of St. Petersburg State Polytechnic University. Ser. Economic sciences], 2018, no. 6, pp. 22–36. (In Russ.).
- [3] Galkin N.A., Drogovoz P.A. Transformatsiya naukoemkikh otrraslei ekonomiki v tsifrovye ekosistemy [Transformation of high-tech sectors of the economy into digital ecosystems]. Budushchee mashinostroeniya Rossii (Moskva, 22–25 sentyabrya 2020 g.) [The future of machine building in Russia (Moscow, September 22–25, 2020)]: collection of reports of XXIII All-Russian Scientific Conference: in 2 vols. Moscow, BMSTU Press, 2020, vol. 2, pp. 289–295. (In Russ.).
- [4] Kashevarova N.A., Panova D.A. Analiz sovremennoi praktiki primeneniya tekhnologii iskusstvennogo intellekta v finansovoi sfere i ego vliyaniya na transformatsiyu finansovoi ekosistemy [Analysis of the modern practice of using artificial intelligence technology in the financial sphere and its impact on the transformation of the financial ecosystem]. Kreativnaya ekonomika [Creative Economy], 2020, vol. 14, no. 8. DOI: 10.18334/ce.14.8.110708 (In Russ.).
- [5] Kashevarova N.A., Shiboldenkov V.A. Razvitie proizvodstvennykh ekosistem i platform v usloviyakh tsifrovoi transformatsii promyshlennosti [Development of production ecosystems and platforms in the conditions of digital transformation of industry]. IX Charnovskie chteniya (Moskva, 6–7 dek. 2019 g.) [IX Charnov Readings (Moscow, December 6–7, 2019)]: Proceedings of the All-Russian Scientific Conference, Moscow. NOTs "Kontrolling i upravlencheskie innovatsii", 2019, pp. 71–79. (In Russ.).
- [6] Kolichestvo aktivnykh pol'zovatelei Instagram [Number of active Instagram users]. Portal sbora statistiki Statista [Statistics collection portal Statista]. Available at: <https://www.statista.com/statistics/253577/number-of-monthly-active-instagram-users/> (accessed December 16, 2021). (In Russ.).
- [7] Kolichestvo aktivnykh pol'zovatelei WhatsApp [Number of active WhatsApp users]. Portal sbora statistiki Statista [Statistics collection portal Statista]. Available at:

- <https://www.statista.com/statistics/260819/number-of-monthly-active-whatsapp-users/> (accessed December 16, 2021). (In Russ.).
- [8] Kolichestvo aktivnykh pol'zovatelei WeChat [Number of active WeChat users]. Portal sbora statistiki Statista [Statistics collection portal Statista]. Available at: <https://www.statista.com/statistics/255778/number-of-active-wechat-messenger-accounts/> (accessed December 16, 2021). (In Russ.).
- [9] Strany s naibol'shim kolichestvom aktivnyh internet-pol'zovatelej [Countries with the largest number of active Internet users]. Portal sbora statistiki Statista [Statistics collection portal Statista]. Available at: <https://www.statista.com/statistics/262966/number-of-internet-users-in-selected-countries/> (accessed December 16, 2021). (In Russ.).
- [10] Samye populyarnye cifrovye platformy Rossii [The most popular digital platforms in Russia]. Portal sbora statistiki Statista [Statistics collection portal Statista]. Available at: <https://www.statista.com/statistics/284447/russia-social-network-penetration/> (accessed December 16, 2021). (In Russ.).
- [11] Reiting poiskovykh platform Rossii [Rating of search platforms in Russia]. Portal SeoAuditor [SeoAuditor portal]. Available at: <https://gs.seo-auditor.com.ru/sep/2019/> (accessed December 16, 2021). (In Russ.).
- [12] Shiboldenkov V.A., Podrezov A.S. Razrabotka modeli otsenki ekonomicheskogo effekta ot formirovaniya integrativnykh, setevykh i platformennykh otrاسlevykh struktur [Development of a model for assessing the economic effect of the formation of integrative, network and platform industry structures]. XLV Akademicheskie chteniya po kosmonavtike (Korolevskie chteniya — 2021) [[XLV Academic Readings on cosmonautics (Korolev Readings — 2021)]: collection of abstracts: in 4 vols. Moscow, BMSTU Press, 2021, vol. 2, pp. 162–164. (In Russ.).

УДК 004.93

## Искусственный интеллект систем электронного документооборота в аэрокосмической отрасли

Попкович Татьяна Георгиевна

Tanya.popkowitch@yandex.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Выполнен анализ актуальных проблем развития аэрокосмической отрасли Российской Федерации. Проведен анализ целесообразности внедрения модуля искусственного интеллекта систем электронного документооборота на предприятиях отрасли. Предложены решения по использованию технологии, распознавания документов для исключения ручного труда и сокращения трудозатрат, повышения эффективности производства для создания инновационной продукции с высокой добавленной стоимостью.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, система электронного документооборота, конкурентоспособность продукции, качество, информационные технологии, технология распознавания

Сегодня перед предприятиями космической отрасли РФ стоят сложные задачи по формированию и реализации инновационных проектов в соответствующих сегментах отрасли и созданию конкурентоспособной продукции, как на российском, так и на мировом рынках.

Предприятия аэрокосмической (АЭК) отрасли реализуют сложный производственный процесс изготовления научноемкой продукции: от проектирования продукции, закупок сырье, материалов, полуфабрикатов до продажи готовой продукции,

удовлетворяющей потребности общества, постпродажного и сервисного обслуживания готовой продукции. Главной задачей современной АЭК-отрасли является непрерывное создание инновационной продукции с высокой добавленной стоимостью. Предприятия отрасли постоянно стремятся внедрять инновационные технологии (ИТ), совершенствовать методы, направленные на улучшения организации производства. Внедрение ИТ создают возможность повысить эффективность деятельности предприятия.

С точки зрения внедрения ИТ, предприятия АЭК-отрасли, относятся к наиболее консервативной отрасли. Это обусловлено её спецификой и повышенными требованиями к защите данных и безопасности информации. Исторически, предприятия отрасли находятся на разных стадиях технологического развития, поэтому и уровень зрелости в отношении проектов цифровизации также заметно отличается в зависимости от конкретной компании и региона.

В последнее время цифровизация и адаптация технологий «Индустрии 4.0» уже стали приоритетами для многих предприятий АЭК-отрасли. Наиболее продвинутыми в плане технологий были предприятия, работающие на экспорт: помимо качества, надежности, конкурентоспособности продукции, для многих зарубежных заказчиков обязательными являются предоставление данных по продуктам в цифровых форматах, возможность оперативного сервисного и постпродажного обслуживания продукции.

Цифровизацию предприятия невозможно представить без электронного документооборота и использования систем электронного документооборота (СЭД).

Сегодня СЭД позволяет повысить качество и оперативность управленческой деятельности, улучшить операционную эффективность, усилить контроль, повысить уровень исполнительской дисциплины, автоматизировать работы с документами за счет согласования маршрутов и ролевой модели, сокращать операционные затраты на делопроизводство, повышать уровень защиты сведений, составляющих коммерческую тайну и повышать надежность документационных ресурсов. Внедрение веб-клиента позволяет автоматизировать документооборот в удаленных структурных подразделениях предприятия и обеспечивать постоянную обратную связь с их пользователями.

Применение ИИ в сферах электронного документооборота и управления контентом организации, где преобладают типовые операции, практически безгранично и зависит от поставленной задачи и инвестиций организации. Среди возможностей, предоставляемых искусственным интеллектом (ИИ), наиболее эффективной является интеграция СЭД с другими информационными системами, в том числе с обеспечением сквозного поиска нужной информации.

Сегодня основными направлениями развития СЭД являются переход от внутренних процессов организации к безбумажным операциям внешнего взаимодействия, более тесной интеграция (возможно и конвергенции) с операторами электронного документооборота, возможность использования его интерфейса для организации непосредственного взаимодействия с контрагентами. Продолжается использование и совершенствование модулей ИИ СЭД, интеллектуализация его сервисов для исключения ручного труда и сокращения трудозатрат.

За последние 15–20 лет СЭД совершила эволюционные шаги. Сначала от классических задач по автоматизации канцелярии к организации хранения документов с помощью систем ЕСМ-класса. Затем к автоматизации бизнес-процессов с помощью систем BPM-класса. Главные новации в области систем документооборота — использование средств ИИ, программных роботов и кросс-платформенность. Новая

ступень развития — платформы CSP, которые объединяют все предыдущие достижения, но позволяют оставаться гибкими и независимыми от меняющихся условий бизнеса, благодаря инструментам Low-Code (настройка системы без программирования) [1].

По данным сайта Tadviser, в последнее время, в АЭК отрасли, внедряют такие ИТ, как BPM, HRM, SaaS, как услуга, OCR, RPA и т. д. [2].

Сегодня крупными предприятия решают задачи, касающиеся обработки и передачи данных на разных территориально-распределённых точках, создания в гибкой настройки маршрутов согласования документов, объединения всей информации в разных филиалах и подразделениях компаний в единое информационное пространство с единой базой документов. Использование модулей ИИ СЭД позволяет решить поставленные задачи и в дальнейшем самостоятельно создавать официальные документы и конструировать бизнес-процессы предприятия.

Все больше ИИ применяется в распознавании, классификации и отправке документов по маршрутам, поиске и обработке контента. Модуль ИИ СЭД может определять, например, тип договора и автоматически отправлять его на согласование.

В последнее время одной из внедряемых технологий на предприятиях АЭК отрасли является технология ИИ СЭД оптического поточного распознавания текста (OCR) и дальнейшей обработки документов.

Ежедневно в офисы компаний поступает большой поток бумажных документов, таких как бухгалтерские, финансовые, юридические, архивные, договорные и пр. С помощью технологии OCR, можно оцифровывать текстовую информацию, массово создаются скан-образы, перепроверять данные и автоматически передать в СЭД, которые могут присоединить к карточке документа его отсканированное изображение. Поиск документа в системе ведётся только по его регистрационным данным, а не по содержимому документа. Цифровое отсканированное изображение документа не даёт пользователю возможности редактировать текст.

Благодаря использованию технологий распознавания на этапе ввода документов, пользователи СЭД имеют возможность сразу переводить документы в привычные электронные форматы, такие как Microsoft Word, HTML, PDF. При потоковом сканировании документов в СЭД, технологии распознавания, позволяют идентифицировать заранее нанесенные на бумажные документы штрих-коды и на основании полученной информации автоматически прикреплять опознанные файлы к карточкам соответствующих документов. Таким образом, происходит оптимизация не только ввода новых документов, но и всей работы с документами в системе электронного оборота [3].

«Мгновенный» ввод документов в систему в редактируемом формате, гарантирует пользователям системы снижение трудозатрат и повышение качества, скорости и удобства дальнейшей работы с документами. Сегодня распознавание документов средствами СЭД востребовано, на предприятиях АЭК отрасли и вносит неоценимый вклад в организацию ввода документов и повышает эффективность рабочего процесса компании в целом.

Внедрение ИИ — это всегда высоко рисковые инвестиции для компаний. Поставщика ИИ-решений надо выбирать не по маркетинговым исследованиям на рынке, а по тому, как долго поставщик работает на данном сегменте и какие у него есть реализованные кейсы. Время от появления потребностей до момента внедрения проекта занимает минимум год. За это время может измениться многое, поэтому и высоки риски. Эксперты отмечают, что одним из вариантов снижения рисков является

внедрение пилотных проектов, которые обычно сосредоточены на проверке интеллектуальных инструментов, а не на бизнес-процессах заказчика или интеграциях между системами. Например, в компании ОДК-Авиадвигатель в 2019 г., компания Directum внедрили пилотный проект по автоматическому распознаванию реквизитов входящих документов, их классификации и создании регистрационно-контрольных карточек.

Программа сама определяет вид документа, журнал регистрации и ответственно-го сотрудника. Делопроизводителю остаётся только проверить корректность автома-тически заполненных данных. Так, в результате эксперимента система СЭД правильно определяла вид входящего письма в 90 % случаев, адресата — 92 %, хуже определялся номер документа до 68 %. Конечно система требует дальнейшей дора-ботки, но в компании планировали и дальше развивать использование ИИ, доверив ему формирование проектов резолюций по входящим документам, экспертизу дого-воров и создание поручений из текста вводимых в него приказов, протоколов и пла-нов.

Сотрудники компании опробовали возможности использования и апробирования системы и оценили ее функциональность. Участники априорирования отметили зна-чительное сокращение времени на сбор нужной информации на 20 %.

Успешность проекта зависит от учета множества факторов, разработанных меро-приятий, аудита всех документов и процедур, используемых в организации, деталь-ной их классификации с описанием набора реквизитов и процедур обработки каждо-го вида документа.

Использование ИИ СЭД приведет к повышению качества управляемости пред-приятием в целом и получению экономического эффекта от снижения трудоемкости работ.

## Литература

- [1] Перспективы использования технологий искусственного интеллекта в системах автоматиза-ции документооборота. URL: <https://docsvision.com/info-centr/smi-o-docsvision/perspektivy-ispolzovaniya-tehnologiy-iskusstvennogo-intellekta-v-sistemah-avtomatizatsii-dokumentooborota.html> (дата обращения 08.12.2021).
- [2] Информационные технологии в Роскосмосе // Деловой интернет-портал TADVISER. URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Информационные\\_технологии\\_в\\_Роскосмосе](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Информационные_технологии_в_Роскосмосе) (дата обращения 09.12.2021).
- [3] Системы искусственного интеллекта — их развитие и области применения. URL: <https://www.directum.ru/blog-post/1927> (дата обращения 10.12.2021).
- [4] Искусственный интеллект в ECM: реалии и перспективы. URL: <https://ecm-journal.ru/post/Iskusstvennyjj-intellekt-v-ECM-realii-i-perspektivy.aspx> (дата обращения 12.12.2021).

## Artificial Intelligence of Electronic Document Management Systems in the Aerospace Industry

**Popkovich Tatiana Georgina**  
BMSTU

Tanya.popkowitch@yandex.ru

*The analysis of actual problems of development of the aerospace industry of the Russian Federa-tion is carried out. The analysis of the feasibility of implementing the artificial intelligence mod-ule of electronic document management systems at the enterprises of the industry is carried out.*

*Solutions are proposed for the use of technology, document recognition to eliminate manual labor and reduce labor costs, increase production efficiency to create innovative products with high added value.*

**Keywords:** *artificial intelligence, electronic document management system, product competitiveness, quality, information technology*

## References

- [1] Perspektivy ispol'zovaniya tekhnologii iskusstvennogo intellekta v sistemakh avtomatizatsii dokumentooborota [Prospects for the use of artificial intelligence technologies in document management automation systems]. Available at: <https://docsvision.com/info-centr/smi-o-docsvision/perspektivu-ispolzovaniya-tehnologiy-iskusstvennogo-intellekta-v-sistemah-avtomatizatsii-dokumentooborota.html> (accessed December 8, 2021). (In Russ.).
- [2] Informatsionnye tekhnologii v Roskosmose [Information technologies in Roscosmos]. Delovoi internet-portal TADVISER [Business Internet portal TADVISER]. Available at: [https://www.tadviser.ru/index.php/Stat'ya:Informatsionnye\\_tekhnologii\\_v\\_Roskosmose](https://www.tadviser.ru/index.php/Stat'ya:Informatsionnye_tekhnologii_v_Roskosmose) (accessed December 9, 2021). (In Russ.).
- [3] Sistemy iskusstvennogo intellekta — ikh razvitiye i oblasti primeneniya [Artificial intelligence systems — their development and applications]. Available at: <https://www.directum.ru/blog-post/1927> (accessed December 10, 2021). (In Russ.).
- [4] Iskusstvennyi intellekt v ECM: realii i perspektivy [Artificial intelligence in ECM: realities and prospects]. Available at: <https://ecm-journal.ru/post/Iskusstvennyjj-intellekt-v-ECM-realii-i-perspektivy.aspx> (accessed December 12, 2021). (In Russ.).

УДК 338.28

## Механизмы государственно-частного партнерства в реализации транспортных проектов специального назначения при создании объектов наземной космической инфраструктуры

Попович Александр Леонидович

a.47@bk.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана

*Рассмотрены организационно-экономические проблемы создания объектов наземной космической инфраструктуры, обусловленные потенциальным конфликтом интересов органов государственного управления и компаний-прайвайдеров логистических и инжиниринговых услуг из предпринимательского сектора экономики при выполнении операций по транспортировке и монтажу крупногабаритных и тяжеловесных изделий, оборудования, составных частей, узлов и агрегатов. Предложен подход к обоснованию механизмов государственно-частного партнерства, обеспечивающих согласование экономических интересов публичной и частной стороны и принятие рациональных решений по реализации транспортных проектов специального назначения.*

**Ключевые слова:** государственно-частное партнерство, наземная космическая инфраструктура, транспортный проект специального назначения, принятие решений, согласование экономических интересов

Актуальность темы работы обусловлена особенностями строительства и модернизации критически важных объектов наземной космической инфраструктуры (НКИ) — космодромов, стартовых комплексов, пусковых установок, комплексов космической

связи, центров и пунктов управления полетами. Эти объекты отличаются крупными габаритами, технической сложностью и уникальностью конструкции. Они имеют постоянно двигающиеся составные части, узлы и механизмы, которые функционируют при повышенных нагрузках, подвержены физическому износу и требуют замены при длительной эксплуатации.

В ходе строительства и модернизации объектов НКИ реализуются транспортные проекты специального назначения (ТПСН), специфика которых заключается в выполнении операций по транспортировке и монтажу крупногабаритных и тяжеловесных изделий, оборудования, составных частей, узлов и агрегатов. В силу особенностей территориального размещения объектов НКИ реализация ТПСН сопряжена с необходимостью решения комплекса технологических организационно-экономических проблем, использования различных видов транспортных средств, организации мультимодальных перевозок.

Новыми уникальными технологическими решениями, которые используются для реализации ТПСН, являются специализированные самоходные модульные транспортные средства и гидравлические прядевые порталные подъемные системы, обладающие требуемыми характеристиками грузоподъемности и точности позиционирования; перспективные воздушные транспортные системы двойного назначения разрабатываются в настоящее время на основе грузовых дирижаблей [1]. Эффективная реализация подобных высокотехнологичных и капиталоемких проектов представляется возможной в условиях государственно-частного партнерства (ГЧП), за счет использования технологий двойного назначения, тиражирования опыта менеджеров, передачи компетенций и кросс-отраслевого маневра ресурсами специализированных компаний-прайдеров транспортно-логистических и инжиниринговых услуг.

ГЧП является широко распространённой в мировой практике формой взаимодействия государственной (публичной) и частной сторон (public-private partnership, PPP). Механизмы ГЧП предусматривают заключение соглашений между публичным и частным партнером с целью привлечения дополнительных инвестиций для повышения эффективности бюджетного финансирования при создании инфраструктурных объектов, имеющих существенное социально-экономическое значение и отличающихся высокой общественной ценностью. В Российской Федерации механизмы ГЧП регламентируются Федеральным законом № 224-ФЗ «О государственно-частном партнерстве, муниципально-частном партнерстве» [2]. В соответствии с законодательством, в соглашении о ГЧП фиксируются следующие позиции: во-первых, технические требования к созданию или реконструкции инфраструктурного объекта; во-вторых, полное или частичное финансирование работ частным партнером; в-третьих, требования к эксплуатации или техническому обслуживанию объекта частным партнером; в-четвертых, вопросы распределения прав собственности и обременения объекта.

Вместе с тем организационно-техническая сложность ТПСН при создании объектов НКИ ставит ряд проблем, выходящих за рамки нормативного регулирования и относящихся к области принятия экономически рациональных управлеченческих решений. Требуется дальнейшее развитие и совершенствование научно-методического аппарата, используемого для принятия решений в условиях многокритериальности, неопределенности и возможного конфликта интересов органов государственного управления и компаний-прайдеров из предпринимательского сектора экономики.

В связи с возникновением принципиально более сложного объекта исследования существующие модели и методы принятия решений недостаточно совершенны для

практического применения при управлении ТПСН, поскольку, во-первых, не позволяют учесть весь комплекс критериев эффективности и ограничений; во-вторых, основываясь на ряде субъективных предпосылок, не позволяют сформировать объективно обоснованные механизмы принятия решений по управлению ТПСН для условий ГЧП; в-третьих, допуская множество результатов, не определяют практически применимый вариант функционирования указанных механизмов.

Одним из известных научно-методических подходов к согласованию интересов различных отраслей промышленности является подход, предложенный Т. Саати при изложении сущности метода анализа иерархий [3]. Однако существуют критические работы [4], в которых указывается на некорректность результатов, полученных при применении данного метода для значительного спектра прикладных задач. Иной подход к количественному анализу интересов различных субъектов экономической деятельности и степени их согласованности основан на построении матриц интересов [5]. Интересы субъекта  $S$  выражаются в целевых установках, которые он формулирует при организации своей деятельности. Измеримость целей предполагает их количественное выражение набором некоторых целевых показателей  $W(S) = \{W_1(S)_1, W_2(S)_2, \dots, W_n(S)_n\}$ , каждый из которых отражает некоторую частную цель (интерес) субъекта. Интересы различных субъектов в процессе их взаимодействия могут совпадать полностью или частично либо быть противоположными. Формализованная процедура построения матрицы интересов позволяет осуществить количественную оценку степени согласованности субъектов экономической деятельности и осуществить коррекцию их частных целей при формировании общей стратегии развития. Этот подход использован для обоснования управлеченческих механизмов стратегического управления промышленностью в условиях военно-гражданской интеграции [6–8].

В дальнейшем будем исходить из того, что механизм принятия решений по управлению ТПСН в условиях ГЧП представляет собой многоуровневую совокупность взаимосвязанных принципов, правил, процедур, моделей, методов и методик, позволяющих обеспечить обоснованную реализацию управлеченческих решений, направленных на согласование интересов публичных и частных партнеров. Очевидно, что фундаментальной теоретической основой для синтеза указанных механизмов является теория принятий решений [9, 10]. Предполагается, что лицо, принимающее решения (ЛПР), имеет некоторую систему предпочтений, из которой оно исходит при рациональных действиях. Под системой предпочтений ЛПР понимается совокупность слабо структурированных представлений, связанных с достоинствами и недостатками сравниваемых решений. Такая совокупность представлений, как правило, является неполной и формируется в результате накопления опыта и отражает общую стратегию, проводимую ЛПР. Предпочтения ЛПР структурируются, выявляются и формализуются только в ходе специального исследования, направленного на построение модели.

Использование модели позволяет провести объективный анализ и сравнить альтернативные варианты с учетом различных аспектов их последствий, а также отношения ЛПР к этим последствиям. Такой модельный подход позволяет ЛПР:

- выявлять и уточнять его предпочтения;
- выбирать решения, согласованные с этими предпочтениями, избегая логических ошибок в длинных и сложных цепях рассуждений.

В общем случае задача принятия решений по управлению ТПСН может быть представлена следующей многокритериальной моделью [11]:  $\langle t, S, K, X, f, P, r \rangle$ , где  $t$  — постановка (тип) задачи;  $S$  — множество решений;  $K$  — множество критериев;

$X$  — множество шкал критериев;  $f$  — отображение множества допустимых решений во множество векторных оценок;  $P$  — система предпочтений лица, принимающего решение;  $r$  — решающее правило.

В зависимости от содержательной постановки задачи  $t$  может потребоваться, например, найти наиболее предпочтительное решение, полностью упорядочить множество допустимых решений, выделить множество недоминируемых (неподчиненных) решений и т. п. Множество  $S$  представляет собой совокупность решений, удовлетворяющих в каждой задаче определенным ограничениям и рассматриваемых как возможные способы достижения поставленной цели. Элементы множества  $S$  называются допустимыми решениями, вариантами решений, альтернативами, вариантами и т. п. Множество решений либо задается, либо формируется в ходе исследования. Каждое решение приводит к определенному исходу, последствия которого оцениваются по критериям  $K_1, K_2, \dots, K_n$ . Критериями являются такие показатели, которые:

- признаются ЛПР в качестве характеристик степени достижения подцелей поставленной цели;
- являются общими и измеримыми для всех допустимых решений;
- характеризуют общую ценность решений таким образом, что у ЛПР имеется стремление получить по ним наиболее предпочтительные оценки (т. е. они не могут быть представлены в виде ограничений).

Для каждого из критериев задается или строится шкала, представляющая собой множество упорядоченных оценок. Шкалы  $X_1, X_2, \dots, X_n$  образуют множество  $X$ . Декартово произведение шкал образует множество векторных оценок. Каждое решение оценивается по шкалам  $X_1, X_2, \dots, X_n$ , т. е. каждому решению из  $S$  ставится в соответствие  $n$ -мерная векторная оценка. Таким образом, множеству допустимых решений  $S$  ставится в соответствие множество допустимых векторных оценок (исходов) с помощью отображения  $f$ .

В многокритериальной модели система предпочтений описывается совокупностью  $P$  некоторых множеств с отношениями предпочтения (например, множеств критериев, интервалов между оценками допустимых решений определенного вида и т. п.).

Решающее правило  $r$  представляет собой алгоритм упорядочения векторных оценок на основе информации о системе предпочтений ЛПР. Решающие правила различаются между собой как видами используемой в них информации, так и самими алгоритмами обработки информации. Поэтому пригодность того или иного решающего правила для конкретной задачи определяется возможностью получения необходимой информации, а также адекватностью используемого алгоритма обработки информации принятым и проверенным допущениям о предпочтениях ЛПР.

Таким образом, решающее правило можно рассматривать как метод принятия решения, определяющий принцип сравнения векторных оценок и вынесения суждений о предпочтительности одних из них по отношению к другим; оно может быть задано в виде аналитического выражения, алгоритма или словесной формулировки. Решающее правило должно приводить к такому упорядочению множества допустимых решений, которое соответствует содержательной постановке задачи и согласуется с принятыми в модели допущениями и системой предпочтений ЛПР. К принимаемым допущениям относятся допущения о полноте множества решений и набора критериев, об однозначности соответствия множества шкал множеству критериев, о достаточной точности оценки решений по шкалам критериев, о системе предпочтений, возможностях ее выявления и т. п. В зависимости от принятых допущений, а также от целей и предпочтений ЛПР могут быть построены различные решающие правила.

Изложенный подход позволит обосновать экономически рациональные механизмы ГЧП, обеспечивающие согласование интересов публичного и частного партнера при реализации ТПСН для создания объектов НКИ. Дальнейшая практическая реализация и разработка алгоритмического обеспечения механизмов ГЧП представляются возможными с использованием математического аппарата нечетких множеств и кооперативно-игрового моделирования.

## Литература

- [1] Дроговоз П.А., Попович А.Л. Сравнительный анализ технологий для подъема и монтажа крупнотоннажного оборудования в проекте реконструкции Ачинского нефтеперерабатывающего завода // Инженерный журнал: наука и инновации. 2014. № 3 (27). DOI: 10.18698/2308-6033-2014-3-1223
- [2] О государственно-частном партнерстве, муниципально-частном партнерстве: Федеральный закон от 13.07.2015 г. № 224-ФЗ: в ред. Федерального закона от 26.07.2019 г. № 238-ФЗ // Официальный интернет-портал правовой информации: Гос. система прав. информ. URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102376338> (дата обращения 16.12.2021).
- [3] Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / пер. с англ. Р. Г. Вачнадзе. М.: Радио и связь, 1993. 278 с.
- [4] Подиновский В.В., Подиновская О.В. О некорректности метода анализа иерархий // Проблемы управления. 2011. № 1. С. 8–13.
- [5] Буравлев А.И., Горчица Г.И., Саламатов В.Ю., Степановская И.А. Стратегическое управление промышленными предприятиями и корпорациями: методология и инструментальные средства. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. 176 с.
- [6] Дрогозов П.А. Организационно-экономическое проектирование бизнес-архитектуры научно-емкого промышленного предприятия. М.: Ваш формат, 2018. 108 с.
- [7] Дрогозов П.А. Концептуальное проектирование системы стратегического управления процессами военно-гражданской интеграции в высокотехнологичных отраслях машиностроения // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Машиностроение. 2011. Спецвыпуск № 3. Актуальные проблемы управления машиностроительными предприятиями. С. 5–19.
- [8] Садовская Т.Г., Дрогозов П.А., Куликов С.А., Стрельцов А.С. Стратегическое управление процессами военно-гражданской интеграции высокотехнологичных предприятий в условиях глобализации экономики // Аудит и финансовый анализ. 2012. № 3. С. 325–344.
- [9] Кини Р.Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. М.: Радио и связь, 1981. 560 с.
- [10] Многокритериальные задачи принятия решений / под ред. Д.М. Гвишиани, С.В. Емельянова. М.: Машиностроение, 1978. 192 с.
- [11] Гафт М.Г. Принятие решений при многих критериях. М.: Знание, 1979. 64 с.

## Mechanisms of Public-Private Partnership in the Implementation of Special-Purpose Transport Projects in the Creation of Ground Space Infrastructure Facilities

*Popovich Alexander Leonidovich  
BMSTU*

a.47@bk.ru

*The organizational and economic problems of creating ground space infrastructure objects caused by a potential conflict of interests of government bodies and companies-providers of logistics and engineering services from the entrepreneurial sector of the economy when performing operations for the transportation and installation of large-sized and heavy-weight products,*

*equipment, components, units and assemblies are considered. An approach is proposed to substantiate the mechanisms of public-private partnership that ensure the coordination of the economic interests of the public and private parties and the adoption of rational decisions on the implementation of special-purpose transport projects.*

**Keywords:** public-private partnership, ground space infrastructure, special-purpose transport project, decision-making, coordination of economic interests

## References

- [1] Drogovoz P.A., Popovich A.L. Sravnitel'nyi analiz tekhnologii dlya pod"ema i montazha krupnoton-nazhnogo oborudovaniya v proekte rekonstruktsii Achinskogo neftepererabatyvayushchego zavoda [Comparative analysis of technologies for lifting and mounting large-capacity equipment in the reconstruction project of the Achinsk Oil Refinery]. Inzhenernyi zhurnal: nauka i innovatsii [Engineering Journal: Science and Innovation], 2014, no 3 (27). DOI: 10.18698/2308-6033-2014-3-1223 (In Russ.).
- [2] O gosudarstvenno-chastnom partnerstve, munitsipal'no-chastnom partnerstve: Federal'nyi zakon ot 13.07.2015 g. № 224-FZ: v red. Federal'nogo zakona ot 26.07.2019 g. № 238-FZ [About public-private partnership, municipal-private partnership: Federal Law No. 224-FZ of 13.07.2015: as amended. Federal Law No. 238-FZ of 26.07.2019]. Ofitsial'nyi internet-portal pravovoii informatsii: Gos. sistema prav. inform [Official Internet portal of legal information: State System of Rights. inform.]. Available at: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102376338> (accessed December 16, 2021). (In Russ.).
- [3] Saati T. Prinyatie reshenii. Metod analiza ierarkhii [Decision-making. Method of hierarchy analysis]. Translated from English by R. G. Vachnadze. Moscow, Radio i svyaz' Publ., 1993, 278 p. (In Russ.).
- [4] Podinovskii V.V., Podinovskaya O.V. O nekorrektnosti metoda analiza ierarkhii [On the incorrectness of the method for analyzing hierarchies]. Problemy upravleniya [Control problems], 2011, no. 1, pp. 8–13. (In Russ.).
- [5] Buravlev A.I., Gorchitsa G.I., Salamatov V.Yu., Stepanovskaya I.A. Strategicheskoe upravlenie promyshlennymi predpriatiyami i korporatsiyami: metodologiya i instrumental'nye sredstva [Strategic management of industrial enterprises and corporations: methodology and tools]. Moscow, FIZMATLIT Publ., 2008, 176 p. (In Russ.).
- [6] Drogovoz P.A. Organizationalno-ekonomicheskoe proektirovanie biznes-arkhitektury naukoemkogo promyshlennogo predpriatiya [Organizational and economic design of the business architecture of a high-tech industrial enterprise]. Moscow, Vash format Publ., 2018, 108 p. (In Russ.).
- [7] Drogovoz P.A. Kontseptual'noe proektirovanie sistemy strategicheskogo upravleniya protsessami voenno-grazhdanskoi integratsii v vysokotekhnologichnykh otrazlyakh mashinostroeniya [Conceptual design of the strategic management system of military-civil integration processes in high-tech branches of mechanical engineering]. Vestnik MGTU im. N.E. Baumana. Mashinostroenie [Bulletin of the Bauman Moscow State Technical University. Mechanical engineering], 2011, Special issue no. 3. Actual problems of management of machine-building enterprises, pp. 5–19. (In Russ.).
- [8] Sadovskaya T.G., Drogovoz P.A., Kulikov S.A., Strel'tsov A.S. Strategicheskoe upravlenie protsessami voenno-grazhdanskoi integratsii vysokotekhnologichnykh predpriyatiy v usloviyah globalizatsii ekonomiki [Strategic management of the processes of military-civil integration of high-tech enterprises in the context of economic globalization]. Audit i finansovyi analiz [Audit and financial analysis], 2012, no. 3, pp. 325–344. (In Russ.).
- [9] Keeney R.L., Raifa H. Prinyatie reshenii pri mnogikh kriteriyakh: predpochteniya i zameshcheniya [Decision making under many criteria: preferences and substitutions]. Moscow, Radio i svyaz' Publ., 1981, 560 p. (In Russ.).
- [10] Mnogokriterial'nye zadachi prinyatiya reshenii [Multicriteria decision-making tasks]. Edited by D.M. Gvishiani, S.V. Emelyanov. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1978, 192 p. (In Russ.).
- [11] Gaft M.G. Prinyatie reshenii pri mnogikh kriteriyakh [Decision-making under many criteria]. Moscow, Znanie Publ., 1979, 64 p. (In Russ.).

---

УДК 65.01

## Организационно-экономическая устойчивость предприятий машиностроения в условиях цифровой трансформации производства

Постникова Елена Сергеевна

postnikova.el@yandex.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана

*Исследованы современные подходы к инновационному развитию предприятий машиностроения. Представлены результаты анализа преимуществ и ограничений цифровой трансформации машиностроительных производств. Выявлены потенциальные проблемы при переходе на цифровые технологии в производстве. Определены актуальные области внедрения цифровых технологий с целью обеспечения организационно-экономической устойчивости предприятий машиностроения.*

**Ключевые слова:** устойчивость машиностроительного предприятия, цифровые технологии, цифровая трансформация производства, ключевые компетенции, конкурентные преимущества

Одной из основных целей управления производственной деятельностью любой организации можно считать обеспечение организационно-экономической устойчивости ее производственной системы, как в текущий период, так и в перспективе, в процессе развития [1–3]. Проблема устойчивости предприятий на протяжении многих лет определяла предмет исследований в области организации машиностроительного производства в условиях неопределенности и волатильности внешней среды [4–6]. Сегодня она сохраняет свою актуальность, особенно для машиностроительных предприятий высокотехнологичного сектора, в связи с интенсивным инновационным развитием ИТ-технологий и появлением новых возможностей цифровой трансформации производства.

Современное развитие производств характеризуется созданием промышленных предприятий, на которых автоматизированные, цифровые станки и машины управляются через интернет и с его помощью взаимодействуют между собой. В результате может быть достигнут настолько высокий уровень гибкости производства, при котором существует возможность изготовления продукта с учетом индивидуальных требований потребителя в любой период времени. Внедрение цифровых технологий позволяет предприятию создавать новые ключевые компетенции, определяющие его конкурентные преимущества в соответствующей сфере.

При этом рыночные условия функционирования, как и прежде, требуют от предприятия не только оперативного реагирования на изменение факторов потребительского спроса, но и быстрой окупаемости производственных затрат. Однако создание «умных» производственных систем часто связано с глобальной перестройкой производства, требующей значительных инвестиций, что ограничивает внедрение цифровых технологий на ряде предприятий машиностроительной отрасли.

По-прежнему актуальны задачи стратегически-ориентированного управления производственным потенциалом предприятия, целесообразной организации производственных процессов с учетом ключевых компетенций предприятия, а также внедрения ресурсосберегающих технологий и обеспечивающих процессов, повышения эффективности использования производственных ресурсов [7, 8].

Создание «умных» производственных систем связано с роботизацией производства и организацией интегрированных гибких производств, способных функционировать при весьма ограниченном участии человека, меняется его роль и компетенции, что приводит к необходимости дополнительных затрат на подготовку кадров с новыми навыками, знаниями и умениями.

Одним из наиболее динамично развивающихся направлений «цифрового производства» в машиностроительной отрасли считают внедрение аддитивных технологий [9], позволяющих создавать объекты сложной формы и структуры с высокой точностью. Целесообразность применения аддитивных технологий обосновывают формированием ряда технических, технологических и организационных преимуществ [10]. Но, несмотря на это, внедрение цифровых технологий в отечественное машиностроительное производство до настоящего времени не приобрело масштабный характер в связи с рядом сдерживающих факторов.

## Литература

- [1] Канчавели А.Д., Колобов А.А., Омельченко И.Н. и др. Стратегическое управление организационно-экономической устойчивостью фирмы. Логистико-ориентированное проектирование бизнеса / под ред. А.А. Колобова, И.Н. Омельченко. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. 600 с.
- [2] Постникова Е.С. Концепция обеспечения организационно-экономической устойчивости машиностроительного предприятия // Вестник ЮРГТУ (НПИ). 2019. № 5. С. 24–30.
- [3] Постникова Е.С. Классификация факторов организационно-экономической устойчивости машиностроительного предприятия // Инновации в менеджменте. 2019. № 4. С. 72–79.
- [4] Омельченко И.Н. Методология, методы и модели системы управления организационно-экономической устойчивостью научкоемкого производства интегрированных структур / под ред. А.А. Колобова. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. 240 с.
- [5] Колобов А.А., Ляхович Д.Г., Терентьева З.С. Интеграция научкоемких производств. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. 60 с.
- [6] Ляхович Д.Г. Планирование и управление процессами промышленного предприятия: проблемы и организационно-технические решения // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение. 2020. № 1. С. 81–93.
- [7] Постникова Е.С. Предприятие как объект стратегического управления в условиях глобализации рынка // Инновации в менеджменте. 2017. № 2. С. 54–61.
- [8] Омельченко И.Н., Александров А.А., Канчавели Т.Г. и др.Проектирование организационно-управленческой структуры подразделения стратегического инновационно-ориентированного развития предприятия ракетно-космической промышленности // XLII Академические чтения по космонавтике (Королёвские чтения — 2018): сб. тез. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. С. 157–158.
- [9] Овчинников М.А., Овчинникова Е.В. Влияние технологий виртуализации на организацию современного программного обеспечения поддержки аддитивных лазерных технологий // Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина: вековая история как фундамент дальнейшего развития: Матер. науч.-практ. конф. Рязань: РГУ им. С.А. Есенина, 2015. С. 237–242.
- [10] Чемодуров А.Н. Применение аддитивных технологий в производстве изделий машиностроения // Известия ТулГУ. Сер. Технические науки. 2016. Т. 8, № 2. С. 210–217.

# Organizational and Economic Sustainability of Mechanical Engineering Enterprises in the Context of Digital Transformation of Production

Postnikova Elena Sergeevna

postnikova.el@yandex.ru

BMSTU

*The modern approaches to the innovative development of mechanical engineering enterprises are investigated. The results of the analysis of the advantages and limitations of the digital transformation of engineering industries are presented. Identified potential problems in the transition to digital technologies in production. The topical areas for the introduction of digital technologies in order to ensure the organizational and economic sustainability of mechanical engineering enterprises have been identified.*

**Keywords:** sustainability of an engineering enterprise, digital technologies, digital transformation of production Key wor, key competencies, competitive advantages

## References

- [1] Kanchaveli A.D., Kolobov A.A., Omelchenko I.N. i dr. Strategicheskoe upravlenie organizatsionno-ekonomiceskoi ustoichivost'yu firmy. Logistiko-orientirovannoe proektirovanie biznesa [Strategic management of organizational and economic stability of the company. Logistics-oriented business design]. Edited by A.A. Kolobov, I.N. Omel'chenko. Moscow, BMSTU Press, 2001, 600 p. (In Russ.).
- [2] Postnikova E.S. Kontseptsiya obespecheniya organizatsionno-ekonomiceskoi ustoichivosti mashinostroitel'nogo predpriyatiya [The concept of ensuring organizational and economic stability of a machine-building enterprise]. Vestnik YuRGTU (NPI) [Bulletin of the YURSTU (NPI)], 2019, no. 5, pp. 24–30. (In Russ.).
- [3] Postnikova E.S. Klassifikatsiya faktorov organizatsionno-ekonomiceskoi ustoichivosti mashinostroitel'nogo predpriyatiya [Classification of factors of organizational and economic stability of a machine-building enterprise]. Innovatsii v menedzhmente [Innovations in Management], 2019, no. 4, pp. 72–79. (In Russ.).
- [4] Omelchenko I.N. Metodologiya, metody i modeli sistemy upravleniya organizatsionno-ekonomiceskoi ustoichivost'yu naukoemkogo proizvodstva integrirovannykh struktur [Methodology, methods and models of the management system of organizational and economic sustainability of high-tech production of integrated structures]. Edited by A.A. Kolobov. Moscow, BMSTU Press, 2005, 240 p. (In Russ.).
- [5] Kolobov A.A., Lyakhovich D.G., Terenteva Z.S. Integratsiya naukoemkikh proizvodstv [Integration of high-tech industries]. Moscow, BMSTU Press, 2008, 60 p. (In Russ.).
- [6] Lyakhovich D.G. Planirovaniye i upravleniye protsessami promyshlennogo predpriyatiya: problemy i organizatsionno-tehnicheskie resheniya [Planning and management of industrial enterprise processes: problems and organizational and technical solutions]. Vestnik MGTU im. N.E. Baumana. Ser. Mashinostroenie [Bulletin of the Bauman Moscow State Technical University. Ser. Mechanical Engineering], 2020, no. 1, pp. 81–93. (In Russ.).
- [7] Postnikova E.S. Predpriyatiye kak ob'ekt strategicheskogo upravleniya v usloviyah globalizatsii rynka [Enterprise as an object of strategic management in the conditions of market globalization]. Innovatsii v menedzhmente [Innovations in management], 2017, no. 2, pp. 54–61. (In Russ.).
- [8] Omelchenko I.N., Aleksandrov A.A., Kanchaveli T.G. eti al. Proektirovaniye organizatsionno-upravlencheskoy struktury podrazdeleniya strategicheskogo innovatsionno-orientirovannogo razvitiya predpriyatiya raketno-kosmicheskoy promyshlennosti [Designing the organizational and managerial structure of the strategic innovation-oriented development unit of the rocket and space industry enterprise]. XLII Akademicheskie chteniya po kosmonavtike (Korolevskie chteniya – 2018) [XLII Academic Readings on cosmonautics (Korolev Readings – 2018)]: collection of abstracts. Moscow, BMSTU Press, 2018, pp. 157–158. (In Russ.).

- [9] Ovchinnikov M.A., Ovchinnikova E.V. Vliyanie tekhnologii virtualizatsii na organizatsiyu sovremennoego programmnogo obespecheniya podderzhki additivnykh lazernykh tekhnologii [The influence of virtualization technologies on the organization of modern software for the support of additive laser technologies]. Ryazanskii gosudarstvennyi universitet imeni S.A. Esenina: vekovaya istoriya kak fundament dal'neishego razvitiya: Mater. nauch.-prakt. konf. [Ryazan State University named after S.A. Yesenin: a century-old history as a foundation for further development: Mater. sci.-prakt. conf.]. Ryazan', RGU im. S.A. Esenina, 2015, pp. 237–242. (In Russ.).
- [10] Chemodurov A.N. Primenenie additivnykh tekhnologii v proizvodstve izdelii mashinostroeniya [Application of additive technologies in the production of mechanical engineering products] Izvestiya TulGU. Ser. Tekhnicheskie nauki [News of TulSU. Ser. Technical Sciences], 2016, vol. 8, no. 2, pp. 210–217. (In Russ.).

УДК 338.28

## **Оценка эффективности использования результатов прикладных исследований и экспериментов, проводимых на борту модуля «Наука» Российского сегмента Международной космической станции**

**Прохорова Елена Павловна**

prohorova@mai.ru

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

**Фролов Андрей Михайлович**

AMfrolov2013@yandex.ru

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

*Существующие в настоящее время механизм и научно-методический аппарат экономических расчетов в области космической деятельности не в полной мере учитывают сложность и особенности предоставления космических услуг на борту Российского сегмента Международной космической станции. Реализация многих космических проектов и программ доказала эффективность космической деятельности при решении ряда прикладных задач, возникающих практически в любой сфере деятельности человека. В работе рассмотрен существующий подход к оценке затрат на космические услуги, предложен механизм оценки полезного эффекта у потребителей продукции и услуг коммерческой космической деятельности, а также сформулированы основные принципы, способствующие повышению качества проводимых расчетов.*

**Ключевые слова:** модуль «Наука», научная программа, Российский сегмент Международной космической станции, полезный эффект, эффективность эксперимента

Российская научная программа на Российском сегменте Международной космической станции (РС МКС), в том числе на борту модуля «Наука», предусматривает проведение экспериментов с высокой научной и практической значимостью ожидаемых результатов. Согласно существующим оценкам, при выполнении программы помимо решения задач в области фундаментальных исследований имеются реальные предпосылки для полной или частичной окупаемости затрат на ее реализацию, а при оптимальной организации исследований возможно получение определенного коммерческого эффекта в ряде областей практического использования полученных результатов.

Коммерческое использование ресурса модуля «Наука» РС МКС является одним из источников окупаемости затрат на продолжение эксплуатации станции, получения прибыли, обеспечения рентабельности. Полученный таким образом экономический эффект расходуется на дополнительное финансирование Федеральной космической

программы за счет внебюджетных средств, снижение внебюджетного дефицита предприятий космической отрасли. Совокупные отчисления от коммерческого использования продукции и услуг космической деятельности способствуют приросту национального бюджета, что повышает экономическую эффективность в различных отраслях национального хозяйства как потребителей услуг, а следовательно, увеличивается объем финансовых средств, выделяемых на решение социальных задач.

При расчете и использовании интегрального экономического эффекта (включающего трансформированный социальный эффект) следует учитывать, что этот эффект не является показателем эффективности хозяйственной деятельности. Экономический эффект — не показатель, а экономическая категория, которая может быть выражена посредством большого количества (вектора) разнообразных показателей эффективности. При этом показатель эффективности может выполнять функции критерия (являясь критерием), если он отражает социальную ориентацию оцениваемого действия и представляет собой основной принцип, определяющий оптимальный выбор [1, 2].

Новый российский модуль «Наука» предназначен для наращивания технических и эксплуатационных возможностей и ресурсов РС МКС. Он будет обеспечивать возможность реализации программы научных исследований в интересах фундаментальной науки и социальной сферы.

Полезный эффект у потребителей продукции и услуг коммерческой космической деятельности представляет собой стоимостную оценку изменения потребительских свойств, оказывающих влияние на конечные результаты производственной, хозяйственной, научно-технической или иной деятельности потребителя. Полезный эффект для потребителя можно рассчитать как сумму базовой цены услуги, реализуемой аналогом или прототипом нового образца космической техники с учетом коэффициента роста производительности используемых потребителем технических средств за счет реализации предлагаемой комической услуги и коэффициента, учитывающего изменение срока службы используемых технических средств [3, 4]. Так же при расчете полезного эффекта необходимо учесть:

- изменение текущих издержек (себестоимости эксплуатации) у потребителя при реализации предлагаемой космической услуги;
- изменение (сокращение) инвестиций в технические средства потребителя за счет выполнения новой услуги;
- эффекты в результате повышения качественных характеристик результатов деятельности потребителя, социальный и экологический.

Полный полезный эффект для потребителя коммерческих космических услуг включает как прямой эффект, так и вторичный.

Для повышения качества проводимых расчетов экономическая оценка результатов прикладных исследований и научных экспериментов, проводимых на борту модуля «Наука» РС МКС, должна опираться на следующие принципы:

- индивидуальность продукции и услуг космической деятельности;
- уникальность полученных результатов;
- разнообразие научной аппаратуры и техники, применяемой для проведения исследований и экспериментов;
- различные источники финансирования для проведения исследований и экспериментов на борту РС МКС и, как следствие, многоведомственный характер владельца полученного результата;
- различие формы, природы и факторов проявления социально-экономического эффекта полученных результатов.

## Литература

- [1] Шеремет А.Д. Комплексный анализ хозяйственной деятельности. М.: ИНФРА-М, 2015. 415 с.
- [2] Володин С.В., Корунов С.С. Менеджмент аэрокосмических программ: инженерно-экономический подход. М.: Доброе слово, 2014.
- [3] Prokhorova E.P. The mechanism for evaluating the results of the technological roadmaps implementation // AIP Conference Proceedings. 2019. Vol. 2171. Art. ID 100002. DOI: 10.1063/1.5133232
- [4] Prokhorova E.P. Features of evaluation of commercial effect when implementation of high-tech projects // AIP Conference Proceedings. 2021. Vol. 2318. Art. ID 070021. DOI: 10.1063/5.0035788

## Evaluation of the Efficiency of Using the Results of Applied Research and Experiments Carried out on Board the "Nauka" Module of the Russian Segment of the International Space Station

**Prokhorova Elena Pavlovna** prohorova@mai.ru

*Moscow Aviation Institute (National Research University)*

**Frolov Andrey Mikhaylovitch** AMfrolov2013@yandex.ru

*Moscow Aviation Institute (National Research University)*

*The existing mechanism and scientific and methodological apparatus of economic calculations in the field of space activities does not fully take into account the complexity and peculiarities of providing space services on board the Russian segment of the International Space Station. The implementation of many space projects and programs has proved the effectiveness of space activities in solving a number of applied problems arising in almost any field of human activity. The paper considers the existing approach to estimating the costs of space services, proposes a mechanism for evaluating the beneficial effect of consumers of products and services of commercial space activities, and also formulates the basic principles that improve the quality of calculations.*

**Keywords:** module "Science", scientific program, Russian segment of the International space station, useful effect, efficiency of the experiment

## References

- [1] Sheremet A.D. Kompleksnyy analiz khozyaystvennoy deyatel'nosti [Complex analysis of economic activity]. Moscow, INFRA-M Publ, 2015, 415 p. (In Russ).
- [2] Volodin S.V., Korunov S.S. Menedzhment aerokosmicheskikh programm: inzhenerno-ekonomicheskiy podkhod [Aerospace program management: an engineering and economic approach]. Moscow, Dobroe slovo Publ, 2014, 248 p. (In Russ.).
- [3] Prokhorova E.P. The mechanism for evaluating the results of the technological roadmaps implementation. AIP Conference Proceedings, 2019, vol. 2171, art. ID 100002. DOI: 10.1063/1.5133232
- [4] Prokhorova E.P. Features of evaluation of commercial effect when implementation of high-tech projects. AIP Conference Proceedings, 2021, vol. 2318, art. ID 070021. DOI: 10.1063/5.0035788

---

УДК 316.422

## Проблемы и перспективы инновационного управления в ракетно-космической технике

**Родионов Никита Вадимович**

nikitarodionov.info@gmail.com

АО «РКЦ «Прогресс»

**Загидуллин Радмир Салимьянович**

Zagidullin\_Radmir@mail.ru

АО «РКЦ «Прогресс»

Инновационное управление при создании ракетно-космической техники — это комплекс взаимосвязанных инновационных процессов по созданию и реализации инноваций, которые являются патентоспособными решениями производственных задач, получаемых или заимствованных для их использования на всех стадиях создания жизненного цикла изделий ракетно-космической техники. Инновации направлены на получение технико-экономической пользы как для создателей, так и потребителей инноваций, и в данной работе речь пойдет о проведении на промышленных предприятиях работ по оценке конкурентоспособности инноваций квалиметрическими методами в обеспечение продвижения инновационной продукции на мировых рынках высокотехнологичной продукции. В работе описаны актуальные проблемы, связанные с отсутствием получения технико-экономической пользы при организации инновационного управления в отечественной ракетно-космической отрасли. В качестве решения проблем представлен перечень инновационных процессов современного инновационного управления, основанный на развивающимся международном направлении — теории общего инновационного менеджмента, в рамках которой соблюдаются требования международных стандартов серии ИСО 31000 и 56000. Изложено описание технологий экспертной оценки инноваций, которые являются драйвером возникновения, коммерциализации и реализации конкурентоспособных инноваций, обладающих лидирующим качеством на мировом рынке. Использование изложенных материалов по оценке конкурентоспособности инноваций способствует образованию качественного «ландшафта» для реинжиниринга отечественной инновационной деятельности в ракетно-космической отрасли.

**Ключевые слова:** инновации, конкурентность, качество, экономика, изобретения

Современное инновационное управление — это планирование, оценка и реализация инноваций (изобретения, полезные модели, промышленные образцы, товарные знаки, деловая репутация и т. д.), полученных на разных стадиях жизненного цикла изделий, с целью получения технико-экономической пользы для создателей и потребителей инноваций. По опыту ведущих зарубежных промышленных предприятий (SpaceX, Blue Origin и т. д.) инновационное управление базируются на количественных методах экспертной оценки, таких как метод анализа иерархий, метод ELECTRE, метод Раша и др. [1]. Применяя экспертные методы в управлении инновациями на разных стадиях жизненного цикла создаваемого изделия, можно определить ключевые планово-экономические показатели до и после реализации инноваций (балансовая стоимость нематериальных активов, рентабельность проектов, чистая прибыль). Ниже перечислены проблемы с подробным описанием элементов инновационного управления, которые отсутствуют на практике в отечественной ракетно-космической отрасли.

1. Отсутствие формирования инновационного плана для реализации инновационных проектов

Инновационный план характеризуется определением уровня инновационной технологической емкости — планового количества используемых и планируемых к созданию инноваций на всех стадиях жизненного цикла изделия. Также план подразу-

мевает формирование конкурентоспособного облика инновационного проекта с экспертной оценкой: номенклатуры технико-экономических пользы, объема потенциального спроса, готовности материально-техногологической базы для реализации проекта. Помимо того, план включает четыре составляющих «маркетинг-микса»: ценообразования, позиционирования, сбыта и продвижения на рынок инновационного проекта. В каждом из составляющих могут использоваться количественные экспертные методы.

### *2. Отсутствие получения экономических выгод от использования инноваций*

Одной из экономических выгод от использования инноваций является капитализация инвестиционных средств для реализации инноваций. Для проведения капитализации инноваций в первую очередь необходима экспертная оценка технико-экономической полезности с последующим определением потребительской стоимости инноваций затратным, доходным или сравнительным методом.

### *3. Отсутствие формирования стратегии инновационных проектов*

Результаты деятельности службы стратегического планирования на промышленных предприятиях должны определять конкурентоспособные варианты инновационных проектов в условиях диверсификации гражданской продукции. На основе экспертных методов в рамках стратегического планирования можно проводить аналитические исследования: объем доходов инновационных отраслей промышленности, статистику технологической емкости продукции по отраслям, а также уровень патентоемкости инновационных проектов и т. д.

На основе высказывания экономического теоретика Питера Друккера «Главное в компании — инновации и маркетинг» актуальность инновационного управления получило воплощение в виде развивающейся теории общего инновационного менеджмента (total innovative management (TIM)). Практическая значимость инновационного управления направлено на удовлетворение потребностей как потребителей инноваций, так и их создателей. Создание качественных инновационных проектов невозможно без применения экспертных методов оценки инноваций, начиная с момента их возникновения и заканчивая их реализацией в виде их использования при создании и сбыте инновационных проектов. Далее приведем перспективы использования экспертных методов на отечественных промышленных предприятиях ракетно-космической отрасли:

### *1. Повышение качества коммерциализации инновационных проектов*

По завершению стадий жизненного цикла создаваемых изделий к примеру на основе экспертного метода анализа иерархий можно оценить стоимость технико-экономической полезности используемых и планируемых к созданию инноваций с целью последующего определения их потребительской стоимости. Отметим, что экспертную оценку инноваций экспертными методами в соответствии с положениями по бухгалтерскому учету 14/2007 «Учет нематериальных активов» можно производить ежегодно [2]. Данное мероприятие позволит определить как потребительскую стоимость инноваций, так и инновационного проекта. Преимущества такого подхода к ценообразованию заключается в обоснованности рентабельности инновационного проекта в виде технико-экономической полезности, которая способствует повышению балансовой стоимости нематериальных активов. Увеличение балансовой стоимости нематериальных активов промышленных предприятий способствует привлечению инвестиционных средств (в банках, у инвесторов), а также способствует увеличению рыночной стоимости акций промышленных предприятий, что позволяет получить возможность реинвестировать привлекаемый капитал на реализацию инно-

вационных проектов. После проведения ежегодной стоимостной оценки инноваций в сторону увеличения стоимости инноваций можно получить бухгалтерскую экономическую выгоду (эффект) по выплате налога на прибыль за счет действия «налогового щита» [3].

### *2. Повышение качества инновационной активности при создании инновационных проектов*

Начиная со стадии разработки эскизной документации посредством метода мозгового штурма, метода Дельфи, а также метода 635 можно организовывать процесс по определению технико-экономической полезности от используемых и планируемых к созданию инноваций. Данное мероприятие можно проводить как к инновационному проекту в целом, так и в отношении инноваций, являющихся неотъемлемой частью проекта.

### *3. Повышение качества управления инновационных проектов*

При разработке плана и стратегии реализации инновационных проектов использование экспертных методов способствует увеличению выручки от инновационных проектов, увеличению точности принимаемых управлеченческих решений, а также увеличению деловой репутации промышленных предприятий.

Отметим, что вышеуказанные экспертные методы (метод анализа иерархий, метод ELECTRE, метод Раша) состоят из таких этапов, как формирование комиссии из состава высококвалифицированных специалистов промышленных предприятий, формирование перечня критериев оценки, формирование бально-измерительной шкалы, формирование статистических функций (среднегеометрический вектор, математическое ожидание и т. д.) по обработке экспертных оценок, формирование модели по оценке качества согласования экспертных оценок, формирование ранжированных списков оцениваемых альтернатив [4].

В заключение стоит отметить, что использование экспертных методов требует наличия информационного центра по получению, сбору и обработке технико-экономической информации в обеспечении проведения экспертной оценки создаваемых инновационных проектов. При этом технико-экономическая информация должна отражать уровень экономики и техники конкурирующих компаний по созданию аналогичных инновационных проектов [5].

## **Литература**

- [1] ГОСТ Р ИСО 56003–2020. Инновационный менеджмент. Методы и средства организации инновационного партнерства. Руководящие указания. М.: Стандартинформ, 2020. 24 с.
- [2] Нечаев А.С., Бовкун А.В., Захаров С.В. Инновационные особенности управления промышленных предприятий // Междунар. конф. «Управление качеством, транспорт и информационная безопасность, информационные технологии» (IT & QM & IS). Санкт-Петербург, 2017. С. 556–559.
- [3] Родионов Н.В., Загидуллин Р.С. Анализ экспертных методов оценки качества инноваций // Известия Тульского государственного университета. Сер. Технические науки. 2020. № 10. С. 105–111.
- [4] Ersoy Yu., Do an N.Ö. An Integrated Model of Fuzzy AHP/Fuzzy DEA for Measurement of Supplier Performance: A Case Study in Textile Sector // International Journal of Supply and Operations Management. 2020. Vol. 7 (1). Pp. 17–38. DOI: 10.22034/IJSOM.2020.1.2
- [5] Загидуллин Р.С., Баринов П.В., Буркова В.А., Глушков С.В., Митрошкина Т.А. Современные методы улучшения качества проектирования специальной технологической оснастки для испытания сборочно-защитного блока научно-энергетического модуля // Качество и жизнь. 2019. № 2 (22). С. 44–53.

## Problems and Prospects of Innovative Management in Rocket and Space Technology

**Rodionov Nikita Vadimovich**

nikitarodionov.info@gmail.com

*Progress Rocket and Space Center JSC*

**Zagidullin Radmir Salimyanovich**

Zagidullin\_Radmir@mail.ru

*Progress Rocket and Space Center JSC*

*Innovative management during creation space-rocket technicians is a complex of the interconnected innovative processes on creation and realization of innovations which are patentable solutions of the production tasks received or borrowed for their use at all stages of creation of life cycle of products of the missile and space equipment. Innovations are directed to obtaining technical and economic advantage as for creators, and consumers of innovations and in this work it will be a question of carrying out at the industrial enterprises of assessment of competitiveness of innovations by qualimetric methods in ensuring promotion of innovative products in the world markets of hi-tech products. In this work the current problems connected with lack of obtaining technical and economic advantage at the organization of innovative management in the domestic space-rocket industry are described. As the solution of problems the list of innovative processes of modern innovative management based on developing the international direction - theories of the general innovative management within which requirements of the international standards of the ISO 31000 and 56000 series are observed is submitted. The description of technologies of expert assessment of innovations which are the driver of emergence, commercialization and realization of the competitive innovations having the leading quality in the world market is stated. Use of the stated materials according to competitiveness of innovations promotes formation of qualitative "landscape" for reengineering of domestic innovative activity in the space-rocket industry.*

**Keywords:** innovation, competitiveness, quality, economy, inventions

### References

- [1] GOST R ISO 56003–2020. Innovatsionnyi menedzhment. Metody i sredstva organizatsii innovatsionnogo partnerstva. Rukovodящie ukazaniya [GOST R ISO 56003-2020. Innovation management. Methods and means of organizing innovative partnership. Guidelines]. Moscow, Standartinform Publ., 2020, 24 p. (In Russ.).
- [2] Nechaev A.S., Bovkun A.S., Zakharov S.V. Innovatsionnye osobennosti upravleniya promyshlennyykh predpriyatiy [Innovative management features of industrial enterprises]. Mezhdunar. konf. "Upravlenie kachestvom, transport i informatsionnaya bezopasnost', informatsionnye tekhnologii" (IT & QM & IS) [ International Conference "Quality Management, Transport and Information Security, Information Technology" (IT & QM & IS)]. St. Petersburg, 2017, pp. 556–559. (In Russ.).
- [3] Rodionov N.V., Zagidullin R.S. Analiz ekspertnykh metodov otsenki kachestva innovatsii [Analysis of expert methods for assessing the quality of innovations]. Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Tekhnicheskie nauki [ Proceedings of Tula State University. Ser. Technical Sciences], 2020, no. 10, pp. 105–111. (In Russ.).
- [4] Ersoy Yu., Do an N.Ö. An Integrated Model of Fuzzy AHP/Fuzzy DEA for Measurement of Supplier Performance: A Case Study in Textile Sector. International Journal of Supply and Operations Management, 2020, vol. 7 (1), pp. 17–38. DOI: 10.22034/IJSOM.2020.1.2
- [5] Zagidullin R.S., Barinov P.V., Burkova V.A., Glushkov S.V., Mitroshkina T.A. Sovremennye metody uluchsheniya kachestva proektirovaniya spetsial'noi tekhnologicheskoi osnastki dlya ispytaniya sborochno-zashchitnogo bloka nauchno-energeticheskogo modulya [Modern methods of improving the quality of designing special technological equipment for testing the assembly and protective block of the scientific and energy module]. Kachestvo i zhizn' [Quality and life], 2019, no. 2 (22), pp. 44–53. (In Russ.).

---

УДК 004.773

## **Анализ эффективности инструментария корпоративных социальных сетей для повышения производительности организаций стратегических отраслей промышленности**

**Романенко Артем Олегович**

romanenkoao@student.bmstu.ru

**МГТУ им. Н.Э. Баумана**

**Шиболденков Владимир Александрович**

vshiboldenkov@mail.ru

**МГТУ им. Н.Э. Баумана**

*Рассмотрена одна из современных проблем предприятий стратегических отраслей промышленности и путь к ее решению. Проведено исследование способов измерение эффективности использования корпоративных социальных сетей на основе открытых источников данных. Показаны результаты использования корпоративной социальной системы и ее влияние на предприятие. Сделаны выводы, что корпоративная социальная сеть положительно влияет на производительность предприятия.*

**Ключевые слова:** Предприятие 2.0, Веб 2.0, Корпоративные социальные сети, Корпоративные социальные программы, Совместная работа

Предприятия стратегических отраслей промышленности (СОП) — это наукоемкие и высокотехнологичные организации, успешность которых напрямую коррелирует с затратами на проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) [1]. Растущая сложность таких работ требует новых моделей развития кадрового потенциала, способов управления знаниями, обмена опытом и идеями, ведущих к более высокому уровню вовлеченности, инноваций и производительности сотрудников [2]. Для решения данных проблем компаниям необходимо использовать новый подход к организации внутренних процессов и корпоративной культуры [3]. Поэтому, предлагается использовать социальные технологии Веб 2.0 для корпоративного пространства. Однако, рынок программ, направленных на обеспечение эффективного сотрудничества внутри компаний, разнообразен и быстро меняется. В результате, в одной компании могут быть внедрены несколько программ, дублирующих функции друг друга, что может создать конкуренцию между используемыми каналами общения, либо совсем не использоваться [4]. Поэтому, целью внедрения единой платформы инструментов корпоративных социальных сетей (КСС) является объединение различных каналов и форм общения в одном месте без снижения производительности и вовлеченности работников. На основании перечисленных проблем наиболее подходящим определением для КСС является следующее: КСС — это веб-платформа, которая позволяет работникам обмениваться сообщениями друг с другом или опубликовать сообщения всем в организации, явно указывать на определенных сотрудников взаимодействующих с платформой; размещать, редактировать и сортировать текст, файлы и другие формы сообщений, а также просматривать сообщения, связи, текст и файлы, которые были переданы, опубликованы, отредактированы и отсортированы кем-либо еще в организации в любое время по их выбору [5]. Но, к одним из главных проблем можно отнести вопросы, связанные с тем, как инструментарий КСС создает новую ценность для предприятия и как ее измерить [6].

Чтобы ответить на поставленные вопросы, мы провели исследование открытых источников данных, в результате был определен основной инструментарий КСС:

1. Интегрированный центр для совместной работы.
2. Рабочие пространства и страницы «из коробки».
3. Персонализированный опыт.
4. Обсуждения и документы.
5. Умный поиск и открытые данные.
6. Мобильное приложение.

Анализ открытых источников показал, что существует большое количество способов измерения эффективности инструментария КСС. Стоит отметить, что основная проблема при измерении эффективности заключается в том, что недостаточно декомпозировать КСС на отдельные ее элементы и проводить анализ ее эффективности. Поэтому, необходимо выбирать способ измерения эффективности КСС с учетом присущих ей феноменов интегральности, синергизма и эмерджентности [7]:

1. Gartner's ACME Framework [8].
2. Forrester's Total Economic Impact (TEIT<sup>TM</sup>) Model [9].
3. Разработать стратегию бенчмаркинга технологии совместной работы в компании [10].
4. Использовать результаты проведенных опросов, например, среди организаций-аналогов пользующихся КСС [11].
5. Использовать результаты анализа вендоров КСС [12, 13].
6. Рассчитать ROI проекта внедрения КСС [14, 15].
7. Рассчитать NPV и IRR проекта внедрения КСС.
8. Рассчитать влияние на человеческий капитал до и после внедрения КСС [16].
- и другие [17–23].

Стоит отметить, что для успешного внедрения любой информационной системы необходимо осуществлять сбор и анализ требований и информации о потребностях и бизнес-процессах сотрудников компании [24].

Основываясь на полученных результатах исследования открытых источников по инструментарию КСС и измерению его эффективности, можно сделать следующий вывод — в среднем организация, использующая КСС, получает следующие выгоды:

- повышение производительности (+22 %);
- сокращение времени на поиск информации (−34 %);
- снижение нагрузки на электронную почту (−21 %);
- сокращение количества встреч (−16 %);
- снижение текучести кадров (−24 %);
- увеличение удовлетворенности сотрудников на работе (+38 %);
- снижение времени на адаптацию новых сотрудников (−30 %);
- повышение чувства связи с коллегами (+95 %).

В текущем исследовании были представлены результаты полезных выгод от использования КСС на предприятии. Однако, что приведенные данные были получены с учетом следующего допущения, что данные в аналитических документах компании Jive Software отражают средние выгоды любого предприятия от любого КСС. Данный способ отличается простотой и не требует сбора дополнительной информации и другой подготовки для того, чтобы принять решение об использовании КСС. Однако, для более точной оценки требуется применять другие фреймворки, так как организациям необходимо учесть специфику отрасли, размер самой компании и другие кри-

терии, которые предусматривают применение таких методов оценки как Gartner's ACME Framework или Forrester's Total Economic Impact.

Данное исследование было направлено на то, чтобы поделиться знаниями о способах, которые позволяют оценить целесообразность применения КСС на профилях предприятий СОП. Результаты агрегирования информации о результатах использования КСС подтверждают, что их использование оказывает положительное влияние на производительность предприятия.

## Литература

- [1] Корпоративная наука в российском хайтеке // сайт Высшей школы экономики. URL: <https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/504322071.pdf> (дата обращения 21.12.2021).
- [2] Ващаев А.Д., Дроговоз П.А. Планирование кадрового потенциала в контексте выбора стратегии промышленного предприятия // Креативная экономика. 2020. Том 14, № 12. С. 3521–3536. DOI: 10.18334/ce.14.12.111422
- [3] Горбачев А.С., Ващаев А.Д., Еремин Г.Л. Внедрение цифровых технологий как фактор повышения кадрового потенциала предприятий научоемких отраслей промышленности // VIII Чарновские чтения (Москва, 7–8 дек. 2018 г.): сб. трудов всеросс. науч. конф. М.: НОЦ «Контролинг и управленческие инновации», 2019. С. 20–34.
- [4] 2019 Businesses at Work // Okta company. Available at: <https://www.okta.com/businesses-at-work/2019> (accessed December 21, 2021).
- [5] Enterprise Social Media: Definition, History, and Prospects for the Study of Social Technologies in Organizations // Journal of Computer-Mediated Communication. Available at: <https://academic.oup.com/jcmc/article/19/1/1/4067484> (accessed December 21, 2021).
- [6] Collaboration, Communities and Conferencing // International Data Corporation (IDC). Available at: [https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=IDC\\_P19643](https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=IDC_P19643) (accessed December 21, 2021).
- [7] Дроговоз П.А., Шиболденков В.А., Иванов П.Д. Составление оптимального набора ключевых показателей деятельности предприятия с помощью прагматической оценки их информативности // Экономика и предпринимательство. 2015. № 6. 4.2. С. 548–553.
- [8] How to Select Collaboration Technology Using Gartner's ACME Framework // Gartner Available at: <https://www.gartner.com/technology/media-products/newsletters/Jive/1-53X8XDM/gartner.html> (accessed December 21, 2021).
- [9] Effective Enterprise Collaboration Grows Your Bottom Line // Forrester Research. Available at: <https://20paaq34jn6d2ru393f7pe32-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/Forrester-Effective-Enterprise-Collaboration.pdf> (accessed December 21, 2021).
- [10] Create A Benchmark Strategy For Your Enterprise Collaboration Technology // Forrester Research. Available at: [https://20paaq34jn6d2ru393f7pe32-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/Forrester>Create\\_A\\_Benchmark\\_Strategy.pdf](https://20paaq34jn6d2ru393f7pe32-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/Forrester>Create_A_Benchmark_Strategy.pdf) (accessed December 21, 2021).
- [11] Collecting survey-based social network information in work organizations // ScienceDirect. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378873321000290> (accessed December 21, 2021).
- [12] 8 Ways Companies Achieve Breakthrough Business Results with Jive // Jive Software. Available at: [https://20paaq34jn6d2ru393f7pe32-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/Jive\\_8-Use-Cases\\_1018\\_JV-1.pdf](https://20paaq34jn6d2ru393f7pe32-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/Jive_8-Use-Cases_1018_JV-1.pdf) (accessed December 21, 2021).
- [13] TAMING THE CHAOS To Build A Thriving Modern Workplace // Jive Software URL: <https://20paaq34jn6d2ru393f7pe32-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/Resources/E-Books/modern-workplace-collaboration-min.pdf> (accessed December 21, 2021).
- [14] Calculating the ROI of an Enterprise Social Network (ESN) // LinkedIn. Available at: <https://www.linkedin.com/pulse/calculating-roi-enterprise-social-arleen-chiu/> (accessed December 21, 2021).

- [15] The Return on Investment of Professional Social Networks // ResearchGate. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/335951932\\_The\\_Return\\_on\\_Investment\\_of\\_Professional\\_Social\\_Networks](https://www.researchgate.net/publication/335951932_The_Return_on_Investment_of_Professional_Social_Networks) (accessed December 21, 2021).
- [16] Горбачев А.С., Становских А.Н., Кутузова А.А., Вахрамова В.С. Анализ подходов к оценке кадрового потенциала и перспектив их развития на основе интеллектуальных информационных систем // Экономика и предпринимательство. 2017. № 5. С. 1005–1012.
- [17] Social Software in the Workplace Reviews and Ratings // Gartner. Available at: <https://www.gartner.com/reviews/market/workplace-social-software> (accessed December 21, 2021).
- [18] Enterprise Social Media Use and Impact on Performance: The Role of Workplace Integration and Positive Emotions // Association for Information Systems (AIS) eLibrary. Available at: <https://aisel.aisnet.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1103&context=thci#:~:text=The%20results%20suggest%20that%20enterprise,with%20practical%20and%20theoretical%20implications> (accessed December 21, 2021).
- [19] Success Measurement of Enterprise Social Networks // ResearchGate URL: [https://www.researchgate.net/publication/235950807\\_Success\\_Measurement\\_of\\_Enterprise\\_Social\\_Networks](https://www.researchgate.net/publication/235950807_Success_Measurement_of_Enterprise_Social_Networks) (accessed December 21, 2021).
- [20] Enterprise Social Media Use and Impact on Performance: The Role of Workplace Integration and Positive Emotions // ResearchGate. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/322158035\\_Enterprise\\_Social\\_Media\\_Use\\_and\\_Impact\\_on\\_Performance\\_The\\_Role\\_of\\_Workplace\\_Integration\\_and\\_Positive\\_Emotions](https://www.researchgate.net/publication/322158035_Enterprise_Social_Media_Use_and_Impact_on_Performance_The_Role_of_Workplace_Integration_and_Positive_Emotions) (accessed December 21, 2021).
- [21] Judging Competencies, Abilities and Expertise based on Enterprise Social Network Profile Pages // ResearchGate. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/324017477\\_Judging\\_Competencies\\_Abilities\\_and\\_Expertise\\_based\\_on\\_Enterprise\\_Social\\_Network\\_Profile\\_Pages](https://www.researchgate.net/publication/324017477_Judging_Competencies_Abilities_and_Expertise_based_on_Enterprise_Social_Network_Profile_Pages) (accessed December 21, 2021).
- [22] Enterprise Social Networks as Digital Infrastructures - Understanding the Utilitarian Value of Social Media at the Workplace // arXiv.org e-Print archive. Available at: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2003/2003.05240.pdf> (accessed December 21, 2021).
- [23] How HR Can Deliver Business Growth // Jive Software. Available at: [https://20paaq34jn6d2ru393f7pe32-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/JIV170612\\_How-HR-Can-Deliver-Business-Growth-eBook\\_US.pdf](https://20paaq34jn6d2ru393f7pe32-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/JIV170612_How-HR-Can-Deliver-Business-Growth-eBook_US.pdf) (accessed December 21, 2021).
- [24] Юсупова О.М., Арсеньева Ю.А. Исследование возможности автоматизации первичного анализа требований на доработку корпоративных информационных систем с помощью нейронных сетей // Экономика и предпринимательство. 2019. № 5. С. 845–851.

## **Analysis of the Effectiveness of Enterprise Social Network's Toolkit for the Performance of Organizations in Strategic Industrial Sectors**

**Romanenko Artem Olegovich**  
BMSTU

romanenkoao@student.bmstu.ru

**Shiboldenkov Vladimir Alexandrovich**  
BMSTU

vshiboldenkov@mail.ru

*The paper envisages one of the modern problems of enterprises in strategic sectors of manufacturing and the way to solve it. A study shows ways to measure the efficiency of using enterprise social networks based on open data sources. For the results of using the enterprise social network and its impact on enterprise. It is concluded that the enterprise social network has a positive effect on the productivity of the enterprise.*

**Keywords:** Enterprise 2.0, Web 2.0, Enterprise Social Network, Enterprise Social Software, Collaboration

## References

- [1] Korporativnaya nauka v rossiiskom khaiteke [Corporate Science in Russian high-tech]. sait Vysshei shkoly ekonomiki [website of the Higher School of Economics]. Available at: <https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/504322071.pdf> (accessed December 21, 2021). (In Russ.).
- [2] Vashlaev A.D., Drogovoz P.A. Planirovanie kadrovogo potentsiala v kontekste vybora strategii promyshlennogo predpriyatiya [Planning of personnel potential in the context of choosing the strategy of an industrial enterprise]. Kreativnaya ekonomika [Creative Economy], 2020, vol. 14, no. 12, pp. 3521–3536. DOI: 10.18334/ce.14.12.111422 (In Russ.).
- [3] Gorbachev A.S., Vashlaev A.D., Eremin G.L. Vnedrenie tsifrovых tekhnologii kak faktor povysheniya kadrovogo potentsiala predpriyatiya naukoemkikh otraslei promyshlennosti [Introduction of digital technologies as a factor in increasing the human resources potential of enterprises of high-tech industries]. VIII Charnovskie chteniya [VIII Charnov Readings] (Moscow, December 7–8, 2018): Proceedings of the All-Russian Scientific Conference. Moscow, NOTs "Kontrolling i upravlencheskie innovatsii", 2019, pp. 20–34. (In Russ.).
- [4] 2019 Businesses at Work. Okta company. Available at: <https://www.okta.com/businesses-at-work/2019> (accessed December 21, 2021).
- [5] Enterprise Social Media: Definition, History, and Prospects for the Study of Social Technologies in Organizations. Journal of Computer-Mediated Communication. Available at: <https://academic.oup.com/jcmc/article/19/1/1/4067484> (accessed December 21, 2021).
- [6] Collaboration, Communities and Conferencing, International Data Corporation (IDC). Available at: [https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=IDC\\_P19643](https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=IDC_P19643) (accessed December 21, 2021).
- [7] Drogovoz P.A., Shiboldenkov V.A., Ivanov P.D. Sostavlenie optimal'nogo nabora klyuchevykh pokazatelei deyatel'nosti predpriyatiya s pomoshch'yu pragmaticskego otsenki ikh informativnosti [Compilation of an optimal set of key performance indicators of an enterprise using a pragmatic assessment of their informativeness]. Ekonomika i predprinimatel'stvo [Economics and entrepreneurship], 2015, no. 6, part 2, pp. 548–553. (In Russ.).
- [8] How to Select Collaboration Technology Using Gartner's ACME Framework. Gartner Available at: <https://www.gartner.com/technology/media-products/newsletters/Jive/1-53X8XDM/gartner.html> (accessed December 21, 2021).
- [9] Effective Enterprise Collaboration Grows Your Bottom Line. Forrester Research. Available at: <https://20paaq34jn6d2ru393f7pe32-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/Forrester-Effective-Enterprise-Collaboration.pdf> (accessed December 21, 2021).
- [10] Create A Benchmark Strategy For Your Enterprise Collaboration Technology. Forrester Research. Available at: [https://20paaq34jn6d2ru393f7pe32-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/Forrester-Create\\_A\\_Benchmark\\_Strategy.pdf](https://20paaq34jn6d2ru393f7pe32-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/Forrester-Create_A_Benchmark_Strategy.pdf) (accessed December 21, 2021).
- [11] Collecting survey-based social network information in work organizations. ScienceDirect. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378873321000290> (accessed December 21, 2021).
- [12] 8 Ways Companies Achieve Breakthrough Business Results with Jive. Jive Software. Available at: [https://20paaq34jn6d2ru393f7pe32-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/Jive\\_8-Use-Cases\\_1018\\_JV-1.pdf](https://20paaq34jn6d2ru393f7pe32-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/Jive_8-Use-Cases_1018_JV-1.pdf) (accessed December 21, 2021).
- [13] TAMING THE CHAOS To Build A Thriving Modern Workplace. Jive Software URL: <https://20paaq34jn6d2ru393f7pe32-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/Resources/E-Books/modern-workplace-collaboration-min.pdf> (accessed December 21, 2021).
- [14] Calculating the ROI of an Enterprise Social Network (ESN). LinkedIn. Available at: <https://www.linkedin.com/pulse/calculating-roi-enterprise-social-arleen-chiu/> (accessed December 21, 2021).
- [15] The Return on Investment of Professional Social Networks. ResearchGate. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/335951932\\_The\\_Return\\_on\\_Investment\\_of\\_Professional\\_Social\\_Networks](https://www.researchgate.net/publication/335951932_The_Return_on_Investment_of_Professional_Social_Networks) (accessed December 21, 2021).

- [16] Gorbachev A.S., Stanovskikh A.N., Kutuzova A.A., Vakhramova V.S. Analiz podkhodov k otsenke kadrovogo potentsiala i perspektiv ikh razvitiya na osnove intellektual'nykh informatsionnykh sistem [Analysis of approaches to assessing human resources potential and prospects for their development based on intelligent information systems]. Ekonomika i predprinimatel'stvo [Economics and entrepreneurship], 2017, no. 5, pp. 1005–1012. (In Russ.).
- [17] Social Software in the Workplace Reviews and Ratings. Gartner. Available at: <https://www.gartner.com/reviews/market/workplace-social-software> (accessed December 21, 2021).
- [18] Enterprise Social Media Use and Impact on Performance: The Role of Workplace Integration and Positive Emotions. Association for Information Systems (AIS) eLibrary. Available at: <https://aisel.aisnet.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1103&context=thci#~:text=The%20results%20suggest%20that%20enterprise,with%20practical%20and%20theoretical%20implications> (accessed December 21, 2021).
- [19] Success Measurement of Enterprise Social Networks. ResearchGate URL: [https://www.researchgate.net/publication/235950807\\_Success\\_Measurement\\_of\\_Enterprise\\_Social\\_Networks](https://www.researchgate.net/publication/235950807_Success_Measurement_of_Enterprise_Social_Networks) (accessed December 21, 2021).
- [20] Enterprise Social Media Use and Impact on Performance: The Role of Workplace Integration and Positive Emotions. ResearchGate. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/322158035\\_Enterprise\\_Social\\_Media\\_Use\\_and\\_Impact\\_on\\_Performance\\_The\\_Role\\_of\\_Workplace\\_Integration\\_and\\_Positive\\_Emotions](https://www.researchgate.net/publication/322158035_Enterprise_Social_Media_Use_and_Impact_on_Performance_The_Role_of_Workplace_Integration_and_Positive_Emotions) (accessed December 21, 2021).
- [21] Judging Competencies, Abilities and Expertise based on Enterprise Social Network Profile Pages. ResearchGate. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/324017477\\_Judging\\_Competencies\\_Abilities\\_and\\_Ex](https://www.researchgate.net/publication/324017477_Judging_Competencies_Abilities_and_Ex) pertise\_based\_on\_Enterprise\_Social\_Network\_Profile\_Pages (accessed December 21, 2021).
- [22] Enterprise Social Networks as Digital Infrastructures - Understanding the Utilitarian Value of Social Media at the Workplace. arXiv.org e-Print archive. Available at: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2003/2003.05240.pdf> (accessed December 21, 2021).
- [23] How HR Can Deliver Business Growth. Jive Software. Available at: [https://20paqq34jn6d2ru393f7pe32-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/JIV170612\\_How-HR-Can-Deliver-Business-Growth-eBook\\_US.pdf](https://20paqq34jn6d2ru393f7pe32-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/JIV170612_How-HR-Can-Deliver-Business-Growth-eBook_US.pdf) (accessed December 21, 2021).
- [24] Yusufova O.M., Arsen'eva Yu.A. Issledovanie vozmozhnosti avtomatizatsii pervichnogo analiza trebovaniy na dorobotku korporativnykh informatsionnykh sistem s pomoshch'yu neironnykh setei [Investigation of the possibility of automating the primary analysis of requirements for the refinement of corporate information systems using neural networks]. Ekonomika i predprinimatel'stvo [Economics and entrepreneurship], 2019, no. 5, pp. 845–851. (In Russ.).

УДК 338.28

## Экономическая эффективность объекта в ракетно-космической отрасли

**Рыжикова Тамара Николаевна**

tnr411@yandex.ru

*МГТУ им. Н.Э. Баумана*

**Щеглов Георгий Александрович**

shcheglov\_ga@bmstu.ru

*МГТУ им. Н.Э. Баумана*

**Верещако Екатерина Александровна**

ek.ver.ebm@gmail.com

*МГТУ им. Н.Э. Баумана*

*Рассмотрены существующие подходы к экономическому обоснованию создаваемых объектов для космической сферы. Обозначены проблемы, возникающие при выборе методик экономических расчетов. Затронуты направления стратегического дизайна для выявления перспектив коммерциализации как проектируемых объектов, так и бизнеса в данной сфере, на основе тенденций мирового космического рынка и сегментов ракетно-космической техники. Даны оценки перспектив существующих подходов для использования в ракетно-космической сфере.*

**Ключевые слова:** космический рынок, эффективность, коммерциализация, стратегически дизайн рынка

Осуществление перехода к более широкому вовлечению участников в космическую отрасль, часто называемое демократизацией, создает потребности в творческой методологии в космических компаниях для определения стратегического направления или разработки стратегического предложения (услуга, продукт или бизнес-модель). Однако, эта демократизация возможна только тогда, когда этому есть экономические предпосылки. Государства вынуждены тратить огромные средства для покорения космоса, чтобы доказывать свою конкурентоспособность, но частным компаниям-участникам важно понимать возможный экономический эффект, перспективы развития, потенциал.

В любой стране, занимающейся космическими разработками и производством единичных опытных образцов высокотехнологичных изделий с длительным циклом проектирования, изготовления, действуют условия государственного регулирования. То есть, выполняя государственный заказ, подобная организация-разработчик космической техники работает не по рыночным законам, а по правилам, установленным государственной системой. Для уникальных и сложных изделий подобные правила вносят определенные сложности в процесс проектирования [1–3].

В отечественных условиях это означает, что на этапе замысла проекта необходимо сделать первую приблизительную оценку его стоимости (себестоимости). Заключение государственного контракта на полный цикл проектирования, изготовления и запуска космического аппарата по фиксированной цене является очень неопределенной задачей, так как ей предстоит рассчитать стоимость изделия, не имеющего аналогов, с неизвестным составом и декомпозицией. Подобная ситуация существенно обнуляет любые методы определения стоимости проекта, которые регламентированы российским законодательством — аналоговый или затратный методы.

Если мы обратимся к зарубежному опыту, то, например, в NASA существует NASA Air Force Cost Model (NAFCOM) — база данных для автоматизированной па-

раметрической оценки затрат на аппаратное оборудование. Система была создана в 1990 г., затем постоянно эволюционировала и обновлялась. Технические параметры, включенные в нее, если верить публикациям, постоянно проходят проверку. Тем не менее она не совершенна. Так как прямые затраты по проекту еще как-то нормируются, а вот косвенные — нет, у каждой организации они свои [4].

В российской практике за основную структурную нормируемую единицу принимается элемент схемы деления на определенном этапе. Для облегчения сбора экономической информации учет фактических затрат, как правило, осуществляется по проектам в разрезе «система — этап». А для объяснения волатильности предыдущих оценок нужно иметь соответствующие данные о выполнении проектов. Для формирования заключения о принятых работах и фактических затратах в российской практике перед закрытием проекта (программы) создаются специальные комиссии.

В российской практике широко используется аналоговый метод оценки, основанный на результатах анализа мнений экспертов. Такая информация является основой при формировании стоимости проекта. Она может быть дополнена различными коэффициентами, которые в том числе могут учитывать качество, новизну и сложность проведенных работ. Для получения конечного результата используются обобщенные индексы-дефляторы, которые утверждаются Минэкономразвития России. Однако, это часто не устраивает как заказчиков, так и производителей ракетно-космической техники. Есть мнение, что использование обобщенных индексов-дефляторов может привести к недооценке стоимости проекта от 10 до 15% и выше.

Вопросы экономической эффективности космических объектов как правило вообще не обсуждаются. В ракетно-космической отрасли (РКО), если мы рассматриваем пусковое оборудование, ракеты-носители, то в основу расчетов закладывается стоимость ( себестоимость ) работ, связанных с его производством и технические характеристики объекта, плюс заданная рентабельность на стадии проектирования [5]. Главным показателем здесь является стоимость выведения 1 кг полезной нагрузки. Подобный расчет — это, по сути, стоимость транспортировки полезной нагрузки на заданную орбиту. Данный показатель обходит стороной вопросы точности транспортировки, удобства, общей эффективности объекта, а тем более экономической эффективности. В то же время, важным вопросом научной полемики является поиск путей коммерциализации в космической отрасли, направленных на преодоление зарегулированности данной сферы, которая не только препятствует развитию отрасли, но и способна ухудшить имеющееся положение. В то же время вопросы коммерциализации лежат за пределами сегмента пускового оборудования. А именно, в тех сегментах, где получают услуги с помощью данной полезной нагрузки. Поэтому поиск новых подходов к расчету экономической эффективности на космическом рынке является востребованным на современном этапе [5, 6].

Имеющийся научный задел в рассматриваемой области исследования оставляет неизученными вопросы экономической эффективности объектов в РКО. Проблема исследования обусловлена не только закрытостью темы, некоторой стагнацией, которая характерна для сегодняшнего состояния отрасли, но и отсутствием понимания коммерциализации в РКО. Проблему необходимо исследовать и выделить тенденции развития для реализации национальных проектов и программ в области космических исследований и разработок как для производств, так и для отдельных объектов.

Рассмотрим данную проблему на примере малых разгонных блоков (МРБ) (также: межорбитальный буксир) — средств выведения КА, предназначенных для перемещения выводимых полезных грузов с опорной орбиты на целевую орбиту или

направления их на отлетные и межпланетные траектории. Таким образом, можно считать, что разгонный блок может быть предназначен для целого ряда работ, которые могут образовать следующие сегменты:

- сегмент 1 (основной). Межорбитальное маневрирование (фазирование полезной нагрузки);
- сегмент 2. Компенсация торможения КА;
- сегмент 3. Инспекция КА;
- сегмент 4. Орбитальное обслуживание;
- сегмент 5. Борьба с космическим мусором.

Для понимания возможностей коммерциализации необходимо представлять себе значение вышеперечисленных сегментов в общей системе РКО. То есть требуется знание будущих тенденций, понимание взаимосвязи технологий с социальными изменениями, ориентация на пользователя и опыт проектирования. Все то, что принято называть стратегическим дизайном бизнеса.

Таким образом, можно сделать ряд выводов. Выбору к оценке экономической эффективности должны предшествовать целый ряд исследований, охватывающих как отдельные сегменты космического рынка, так рынок и в целом, и необходимые интеграционные процессы, возникающие при появлении новых сегментов:

1. Широко используемые в промышленности методики, в основе которых лежит дисконтирование инвестиций в те или иные разработки, для РКО не применимы из-за продолжительности этих самых разработок, при которых минимизируются будущие денежные потоки в процессе дисконтирования.

2. Методики, в основе которых лежит расчет прибыли, также не имеют перспектив, пока не появятся более прозрачные подходы к оценке будущей выгоды.

3. Однобокое представление космического рынка, основанное только на деятельности Роскосмоса, затрудняет использование подходов, которые существуют в сопредельных отраслях.

В качестве направлений для дальнейших исследований можно выделить применение методов математического моделирования, которые позволят обосновать выбор и оценку эффективности объектов РКО [7, 8].

## Литература

- [1] Кузнецова Е.В., Шаманаев А.А. Методики бизнес-планирования // Инновационная наука. 2017. № 12. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodiki-biznes-planirovaniya> (дата обращения 26.10.2021).
- [2] Оценка эффективности много разовости ступеней и предложения по вариантам многоразовой ракетно-космической системы: научно-технический отчет по теме «Магистраль-6-3-ЦСКБ», 2007 / Самарский государственный аэрокосмический университет. Самара: СГАУ, 2007. 168 с. № гос. регистрации 353П-000-32223-1151.
- [3] Советкин Ю.А., Щербина Д.В. Оценка технико-экономической эффективности разработки ракет-носителей с многоразовыми блоками первых ступеней // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. 2010. № 1 (21). С. 91–96.
- [4] Стрельников С.В., Поливанов В.А. Оценка эффективности системы дистанционного зондирования Земли на базе малогабаритных космических аппаратов // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы. 2018. Т. 5, № 4. С. 28–33. DOI: 10.30894/issn2409-0239.2018.5.4.28.33
- [5] Лохматкин В.В. Модели для оценки показателей целевой эффективности космических аппаратов дистанционного зондирования Земли с учётом надежности бортовых систем // Труды

- МАИ. 2014. № 74. URL: <https://mai.ru/upload/iblock/0b3/0b37a7bf78a08aa9883c09cb152515f2.pdf>
- [6] Лохматкин В.В. Оценка производительности космического аппарата, выраженной в площади отнятой Земной поверхности с учетом надежности // Труды МАИ. 2013. № 65. URL: <https://mai.ru/upload/iblock/a69/a69c4d2ba5f946a730b6d209df7e25c.pdf> (дата обращения 12.11.2021).
- [7] Ryzhikova T.N., Knyazeva D.S., Agalarov Z.S. Space market: Problems of commercialization, development trends, diversification // AIP Conference Proceedings. 2021. Vol. 2318. Art. no. 070012. DOI: 10.1063/5.0036000

## Economic Efficiency of an Object in the Space Sphere

**Ryzhikova Tamara Nikolaevna**

tnr411@yandex.ru

*BMSTU*

**Shcheglov Georgy Aleksandrovich**

shcheglov\_ga@bmstu.ru

*BMSTU*

**Vereshchako Ekaterina Aleksandrovna**

ek.ver.ebm@gmail.com

*BMSTU*

*The available approaches to the economic substantiation of the objects being created for the comic sphere are considered. The authors of this paper indicated the problems arising by choosing the methods of economic calculations. The directions of strategic design are touched upon to identify the prospects for the commercialization of both designed objects and business in this area, based on the trends of the world space market and segments of rocket and space technology. In the paper the authors assessed the prospects of the existing approaches for use in the rocket and space sphere.*

**Keywords:** Space market, economic efficiency of space objects, commercialization of business in the space market, strategic design

## References

- [1] Kuznetsova E.V., Shamanaev A.A. Metodiki biznes-planirovaniya [Methods of business planning]. Innovatsionnaya nauka [Innovative Science], 2017, iss. 12. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodiki-biznes-planirovaniya> (accessed October 26, 2021). (In Russ.).
- [2] Otsenka effektivnosti mnogo razovosti stupenei po variantam mnogorazovoi raketno-kosmicheskoi sistemy: nauchno-tehnicheskii otchet po teme "Magistral'-6-3-TsSKB" [Evaluation of the effectiveness of multiple stages and proposals for options for a reusable rocket and space system: scientific and technical report on the topic "Highway-6-3- TSSKB"], 2007. Samarskii gosudarstvennyi aerokosmicheskii universitet [Samara State Aerospace University]. Samara, SGAU Publ., 2007, 168 p. № gos. registratsii 353P-000-32223-1151. (In Russ.)
- [3] Sovetkin Yu.A., Shcherbina D.V. Otsenka tekhniko-ekonomicheskoi effektivnosti razrabotki raket-nositeli s mnogorazovymi blokami pervykh stupenei [Assessment of the technical and economic efficiency of the development of launch vehicles with reusable blocks of the first stages]. Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta [Bulletin of Samara State Aerospace University], 2010, vol. 1 (21), pp. 91–96. (In Russ.).
- [4] Strel'nikov S.V., Polivanov V.A. Otsenka effektivnosti sistemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli na baze malogabarnitykh kosmicheskikh apparatov [Evaluation of the effectiveness of the Earth remote sensing system based on small-sized spacecraft]. Raketno-kosmicheskoe priborostroenie i informatsionnye sistemy [Rocket and space instrumentation and information systems], 2018, vol. 5, no. 4, pp. 28–33. DOI: 10.30894/issn2409-0239.2018.5.4.28.33 (In Russ.).

- 
- [5] Lokhmatkin V.V. Modeli dlya otsenki pokazatelei tselevoi effektivnosti kosmicheskikh apparatov distantsionnogo zondirovaniya Zemli s uchetom nadezhnosti bortovykh sistem [Models for evaluating the target efficiency of Earth remote sensing spacecraft taking into account the reliability of on-board systems]. Trudy MAI [Proceedings of MAI], 2014, iss. 74. Available at: <https://mai.ru/upload/iblock/0b3/0b37a7bf78a08aa9883c09cb152515f2.pdf> (accessed October 30, 2021). (In Russ.).
  - [6] Lokhmatkin V.V. Otsenka proizvoditel'nosti kosmicheskogo appara, vyrazhennoi v ploshchadi otsnyatoi Zemnoi poverkhnosti s uchetom nadezhnosti [Evaluation of the performance of the spacecraft, expressed in the area of the captured Earth's surface, taking into account reliability]. Trudy MAI [Proceedings of MAI], 2013, iss. 65. Available at: <https://mai.ru/upload/iblock/a69/a69c4d2ba5f946a730b6d209dfe7e25c.pdf> (accessed October 30, 2021). (In Russ.).
  - [7] Ryzhikova T.N., Knyazeva D.S., Agalarov Z.S. Space market: Problems of commercialization, development trends, diversification. AIP Conference Proceedings, 2021, vol. 2318, art. no. 070012. DOI: 10.1063/5.0036000

УДК 334

## Классификация кооперационных связей головного исполнителя высокотехнологичного проекта

Савкин Никита Вячеславович

savkin\_nikita@mail.ru

АО «ВПК «НПО машиностроения»,  
Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)

Представлены структурные особенности кооперационных связей предприятий, возглавляющих реализацию высокотехнологичных наукоемких проектов национального масштаба. Дано характеристика актуальности развития научно-производственной кооперации на современном этапе реализации национальных проектов, предложено изображение кооперационных взаимосвязей посредством теории графов, приведена классификация кооперационных связей.

**Ключевые слова:** кооперационные связи, научно-производственная кооперация, структура кооперации, национальные проекты, государственный заказ, головной исполнитель, высокотехнологичная продукция, конкурентоспособность

Замедление роста национальной экономики, структурные изменения спроса на высокотехнологичную наукоемкую продукцию промышленного комплекса страны (включая оборонно-промышленный комплекс — ОПК), отсутствие полноценного импортозамещения некоторых комплектующих элементов, сохраняющееся санкционное давление на системообразующие организации российской экономики, а также общее ухудшение инвестиционного климата определяет необходимость всестороннего использования имеющегося потенциала научно-промышленного комплекса, в том числе в части развития кооперационных компетенций на всех иерархических уровнях осуществления разработок, поставок продукции, оказания услуг.

На современном этапе задача ускорения научно-технического развития промышленного комплекса страны поставлена на высшем государственном уровне. Решение этой задачи обеспечивается в том числе развитием внутрироссийской и международной научно-производственной кооперации. Реализуются государственная программа «Научно-технологическое развитие Российской Федерации», национальные проекты «Наука и университеты» и «Международная кооперация и экспорт», федеральный проект «Развитие научной и научно-производственной кооперации» [1–3].

Реализация указанной государственной программы, как и многих других проектов, в 2020–2021 гг. была осложнена поразившей все сектора мировой и национальной экономики пандемией коронавирусной инфекции (COVID-19) и сохраняющимся давлением прочих факторов риска [4]. Поэтому вопросы управления кооперационной цепочкой исполнителей заказов, в первую очередь государственных, с учетом современных факторов риска представляют на современном этапе особую актуальность для научных исследований.

Для постановки и решения задач обеспечения стабильного взаимодействия всех звеньев научно-производственной кооперации, повышения уровня ее конкурентоспособности, оптимизации состава, эффективного распределения функций между участниками, развития кооперационной инфраструктуры изначально необходимо представить классификацию кооперационных связей.

Под кооперацией исполнителей (государственного) заказа понимается объединение предприятий, при котором стороны изготавливают различные комплектующие и составные части для производства готовой продукции, оказывают научно-технические и другие услуги. При этом между организациями на договорной основе устанавливаются взаимовыгодные производственные связи — формируется кооперационная цепочка исполнителей заказа (проекта) [5].

Система взаимосвязанных договорными обязательствами организаций, занимающихся поставками продукции, выполнением работ и оказанием услуг в рамках государственного (оборонного) заказа представляет собой многоуровневую кооперацию организаций разработчиков, производителей и поставщиков, работу которой координирует головной исполнитель, заключивший госконтракт с государственным заказчиком [2].

Головной исполнитель формирует состав соисполнителей работ до заключения государственного контракта и несет полную ответственность как за своевременность поставки итоговой продукции, так и за качество всех комплектующих узлов и агрегатов по всей кооперационной сети [6].

Структурно (графически) кооперационные цепочки головного исполнителя предлагаются представлять в виде многоуровневого графа, вершинами (узлами) которого являются организации-участники кооперации, а соединяющие их ребра (дуги) являются кооперационными связующими (связями).

Научно-производственная кооперация функционирует на основе:

- взаимодействия (связей) между отраслями/организациями, специализация которых находится во взаимной производственно-технологической зависимости;
- взаимосвязей между специализированными отраслями и организациями, которые не имеют прямой производственной зависимости, а образуют эту связь для более эффективного использования своих производственно-технологических компетенций.

Кооперационные связи могут иметь краткосрочный характер (в случае, когда есть необходимость оперативного выпуска нового продукта), однако, чаще эти взаимоотношения при реализации высокотехнологичных наукоемких проектов формируются между организациями-участниками на долгосрочную перспективу для получения реальной синергии, повышения эффективности деятельности всех звеньев кооперационной сети (в экономическом, технологическом, социальном, экологическом плане) [7].

Кооперационные связи (кооперация головного исполнителя) можно классифицировать по определенным признаками:

- долгосрочность сотрудничества: временная или постоянная (долгосрочная);

- территориальная привязка ресурсов: в рамках региона, страны, межгосударственная;
- способ реализации проекта: выполнение совместных проектов, создание совместных организаций, международное объединение;
- форма кооперационной связи: внутрифирменная (корпоративная) и межфирменная; внутриотраслевая и межотраслевая; вертикальная; горизонтальная; смешанная;
- характер сотрудничества: производственная кооперация; научно-техническая кооперация; кооперация в сфере продвижения и сбыта продукции;
- производственные стадии: подготовительная; производственная; коммерциализация;
- специализация производства: узловая (поэлементная); продуктовая; технологическая; функциональная.

Кооперационное взаимодействие выступает необходимым связующим звеном системы национальных проектов, объединяющим в единую цель развитие предприятий-участников, отраслевое развитие, которые в свою очередь обеспечивают достижение стратегических целей научно-технологического развития Российской Федерации.

Поддержание и рост конкурентоспособности выпускаемой продукции базируется на эффективности взаимодействия всех звеньев многоуровневой кооперации.

Вершиной этого многоуровневого графа (дерева кооперационных связей) должны являться системообразующие организации, интегрированные структуры, холдинги (главные исполнители заказов), которые через свои развитые связи (вертикальные, горизонтальные, смешанные и др.) формируют кооперационное окружение, управляют его слаженной и ритмичной работой, несут ответственность за финишный продуктовый результат.

## Литература

- [1] Официальный информационный портал «Национальные проекты России». URL: <https://национальныепроекты.рф> (дата обращения 05.11.2021).
- [2] Бунак В.А., Савкин Н.В. Особенности формирования и функционирования кооперационных связей головного исполнителя заданий гособоронзаказа // Экономика и управление в машиностроении. 2020. № 4. С. 23–26.
- [3] Указ Президента Российской Федерации от 21.07.2020 № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года». URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45726> (дата обращения 05.11.2021).
- [4] Савкин Н.В. Научно-производственная кооперация как элемент управления реализацией национальных проектов под влиянием современных факторов риска // К.Э. Циolkовский и прогресс науки и техники в XXI веке: матер. 56-х Науч. чт., посв. разработке научного наследия и реализации идей К.Э. Циolkовского. Калуга: Эйдос, 2021. С. 303–307.
- [5] Родригес Пендас А.А., Протащик В.Ф. Разработка подходов к оценке изменений структуры кооперации головных исполнителей гособоронзаказа // Научный вестник оборонно-промышленного комплекса России. 2019. № 4. С. 30–42.
- [6] Федеральный закон от 29.12.2012 № 275-ФЗ «О государственном оборонном заказе». URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/36643> (дата обращения 05.11.2021).
- [7] Деев А.Ю. Систематизация и расширение кооперационных связей в целях повышения эффективности производственно-хозяйственной деятельности предприятий оборонно-промышленного комплекса // Научный вестник оборонно-промышленного комплекса России. 2012. № 1. С. 23–36.

## Classification of Cooperative Relations of the Head Executor of a High-Tech Project

Savkin Nikita Vyacheslav savkin\_nikita@mail.ru

JSC MIC NPO Mashinostroyenia,  
Moscow Aviation Institute (National Research University)

*This article is devoted to the structural features of cooperative relations of enterprises leading the implementation of high-tech projects on a national scale. The paper describes the relevance of the development of scientific and industrial cooperation at the present stage of the implementation of national projects, offers an image of cooperative relationships through graph theory, and provides a classification of cooperative relationships.*

**Keywords:** Cooperative relations, scientific and industrial cooperation, cooperation structure, national projects, state order, head contractor, high-tech products, competitiveness

### References

- [1] Ofitsial'nyi informatsionnyi portal "Natsional'nye proekty Rossii" [The official information portal "National projects of Russia"]. Available at: <https://национальныепроекты.рф> (accessed November 5, 2021). (In Russ.).
- [2] Bunak V.A., Savkin N.V. Osobennosti formirovaniya i funktsionirovaniya kooperatsionnykh svyazei golovnogo ispolnitelya zadaniy gosoboronzakaza [Features of the formation and functioning of cooperative relations of the head executor of the state defense order tasks]. Ekonomika i upravlenie v mashinostroenii [Economics and Management in Mechanical Engineering], 2020, no. 4, pp. 23–26.
- [3] Uказ Президента Российской Федерации от 21.07.2020 № 474 "О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года" [Decree of the President of the Russian Federation No. 474 of 21.07.2020 "On the National Development Goals of the Russian Federation for the period up to 2030"]. Available at: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45726> (accessed November 5, 2021). (In Russ.).
- [4] Savkin N.V. Nauchno-proizvodstvennaya kooperatsiya kak element upravleniya realizatsiei nauchnykh proektov pod vliyaniem sovremennykh faktorov riska [Scientific-industrial cooperation as an element of managing the implementation of national projects under the influence of modern risk factors]. K.E. Tsiolkovskii i progress nauki i tekhniki v XXI veke: mater. 56-kh Nauch. cht., posv. razrabotke nauchnogo naslediya i realizatsii idei K.E. Tsiolkovskogo [K.E. Tsiolkovsky and the progress of science and technology in the XXI century: Materials of 56 Scientific readings devoted to the development of scientific heritage and the implementation of the ideas of K.E. Tsiolkovsky]. Kaluga, Eidos Publ., 2021, pp. 303–307. (In Russ.).
- [5] Rodriges Pendas A.A., Protashchik V.F. Razrabotka podkhodov k otsenke izmenenii struktury kooperatsii golovnykh ispolnitelei gosoboronzakaza [Development of approaches to assessing changes in the structure of cooperation of the main executors of the state defense order]. Nauchnyi vestnik oborонно-promyshlennogo kompleksa Rossii [Scientific Bulletin of the Russian Defense Industry Complex], 2019, no. 4, pp. 30–42. (In Russ.).
- [6] Federal'nyi zakon ot 29.12.2012 № 275-FZ "O gosudarstvennom oboronnom zakaze". [Federal Law No. 275-FZ of 29.12.2012 "On the State Defense Order"]. Available at: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/36643> (accessed November 5, 2021). (In Russ.).
- [7] Deev A.Yu. Sistematisatsiya i rasshirenie kooperatsionnykh svyazei v tselyakh povysheniya effektivnosti proizvodstvenno-khozyaistvennoi deyatelnosti predpriyatiy oborонno-promyshlennogo kompleksa [Systematization and expansion of cooperative ties in order to increase the efficiency of production and economic activities of enterprises of the military-industrial complex]. Nauchnyi vestnik oborонно-promyshlennogo kompleksa Rossii [Scientific Bulletin of the Military-Industrial Complex of Russia], 2012, no. 1, pp. 23–36. (In Russ.).

УДК 330.4

## Обоснование выбора вида топлива при проектировании ракеты

**Смирнов Андрей Валерьевич**

smiandreis@gmail.com

**МГТУ им. Н.Э. Баумана**

**Сафонова Дарья Александровна**

s4fonov4d@yandex.ru

**МГТУ им. Н.Э. Баумана**

*Рассмотрены основные виды топлива, использующиеся для запуска ракет на орбиту. Представлены характеристики видов топлива с точки зрения его эксплуатации и обслуживания, приведены наиболее значимые положительные и отрицательные стороны использования жидкого и твердого ракетного топлива. На основе ключевых параметров, влияющих на выбор вида топлива, сформулирована многокритериальная задача с ограничениями, применение которой позволит оценить эффективность использования выбранного вида топлива и при необходимости сформировать вариант использования гибридного вида топлива.*

**Ключевые слова:** жидкое ракетное топливо, твердое ракетное топливо, гибридное ракетное топливо, многокритериальная оптимизация, оценка экономической эффективности

Ракетное топливо является одним из основных аспектов запуска ракеты в космос. На данный момент в мире существует три вида топлива: жидкое, твердое и гибридное, которое включает в себя два вышеописанных типа топлива. Ключевым вопросом экономической составляющей выступает критерий экономической целесообразности использования определенного вида топлива при запуске ракеты разной массы [1].

На данный момент ракеты можно разделить на две крупные категории: ракеты, которые работают на жидком топливе и ракеты, работающие на твердом топливе. Выбор топлива во многом определяется массой выводимого на орбиту груза и массой самой ракеты при ее запуске, однако существует ряд дополнительных параметров, которые необходимо учитывать при выборе горючего и окислителя. Основное требование, предъявляемое к топливу: оно должно занимать как можно меньше места в ракете и при этом обеспечивать максимальную скорость истечения газов из камеры сгорания [2, 3].

Определение типа топлива осуществляется на этапе разработки ракеты в силу особенностей его хранения и эксплуатации. Жидкое ракетное топливо (ЖРТ) хранится в специальных баках с хорошей тепловой изоляцией, которые негативно влияют на итоговую массу ракеты. В зависимости от типа ЖРТ различаются условиях хранения и его поддержания в работоспособном состоянии. Данный факт влечет за собой дополнительные затраты на содержание ЖРТ. Именно поэтому необходимо, чтобы ракета в заправленном состоянии находилась как можно меньшее количество времени. Однако значительным преимуществом ЖРТ по сравнению с твердым является больший удельный импульс тяги, что означает, что двигатель на ЖРТ имеет большую эффективность. Твердое ракетное топливо (ТРТ) не требует дополнительных устройств для хранения, так как оно находится непосредственно в камере сгорания в виде зарядов. Типы ТРТ также имеют особенности содержания. Основной проблемой при неправильной эксплуатации и хранении выступают механические повреждения данного топлива, которые приводят к отказам запуска двигателя. Несмотря на это, ТРТ требует меньших затрат на обслуживание по сравнению с ЖРТ [4].

Вопрос выбора топлива предлагается решать с помощью расчета задачи много-критериальной оптимизации, учитывая следующие параметры: масса выводимого груза на орбиту, затраты на производство, перевозку и хранение топлива, отходы при сжигании топлива [5]. Целевые функции для данных параметров примут вид

$$\begin{aligned} W &= \sum_{i=1}^m \frac{m_0}{x_i} \rightarrow \max, \\ C &= \sum_{i=1}^m x_i(c_i + g_i + d_i) \rightarrow \min, \\ E &= \sum_{i=1}^m e_i x_i \rightarrow \min, \end{aligned}$$

где  $i$  — вид выбираемого топлива ( $i = 1, \dots, m$ );  $x_i$  — масса  $i$ -го вида топлива;  $m_0$  — масса полезного груза;  $c_i$  — удельные затраты на производство топлива;  $g_i$  — удельные затраты на хранение и обслуживание топлива;  $d_i$  — удельные затраты на транспортировку топлива;  $e_i$  — отходы при сжигании единицы топлива.

В качестве ограничений задачи сформулируем ограничения по количеству ресурсов, преодолению первой космической скорости и времени поставки:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n z_{ij} x_i &\leq z_j, \\ \sum_{i=1}^m \left( u_i \times \ln \left( \frac{M + m_0 + x_i}{M + m_0} \right) \right) &\geq v_1, \\ \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^l \frac{t_{ik} x_i}{q_i} &\leq T, \\ x_i &\geq 0, \end{aligned}$$

где  $j$  — вид ресурса ( $j = 1, \dots, n$ );  $z_{ij}$  — расход  $j$ -го ресурса на единицу производства  $i$ -го топлива;  $z_j$  — фонд  $j$ -го ресурса;  $u_i$  — скорость истечения продуктов сгорания ( $i$ -го топлива) из сопла ракетного двигателя;  $M$  — масса ракеты;  $v_1$  — первая космическая скорость;  $k$  — вид операции, включая производство и транспортировку ( $k = 1, \dots, l$ );  $t_{ik}$  — время движения одной партии  $i$ -го топлива на  $k$ -ой операции;  $q_i$  — размер партии  $i$ -го топлива;  $T$  — фонд времени на поставку топлива.

Таким образом, решение оптимизационной задачи может быть применено как для выбора определенного вида топлива, так и для принятия решения о применении гибридного вида топлива, т. е. вариативного сочетания ТРТ и ЖРТ в разных долях [6].

## Литература

- [1] Павлюк Ю.С. Баллистическое проектирование ракет. Челябинск: Изд-во ЧГТУ, 1996. 92 с.
- [2] Волоцьев В.В., Ткаченко И.С. Введение в проектирование, конструирование и производство ракет. Самара: Изд-во Самарского ун-та, 2017. 88 с.

- 
- [3] Цуцуран В.И., Петрухин Н.В., Гусев С.А. Военно-технический анализ состояния и перспективы развития ракетных топлив. М.: МО РФ, 1999. 332 с.
  - [4] Второе рождение ракеты. URL: <https://epizodsspace.airbase.ru/bibl/lapunov/rass-o-rak/02.html> (дата обращения 13.12.2021).
  - [5] Юхно М.Ю., Тимохович А.С. Гибридные ракетные двигатели — перспективное направление в ракетостроении // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2020. Т. 1. С. 146–148.
  - [6] Певнева А.Г., Калинкина М.Е. Методы оптимизации. СПб.: Университет ИТМО, 2020. 64 с.

## Choice Rationale of Fuel When Designing a Rocket

**Smirnov Andrey Valeryevich**

smiandrei5@gmail.com

*BMSTU*

**Safonova Darya Aleksandrovna**

s4fonov4d@yandex.ru

*BMSTU*

*This thesis considers the main fuel types used for rocket launches into orbit. The characteristics of fuels in terms of their operation and maintenance are presented, and the most significant positive and negative aspects of using liquid and solid propellant are given. Based on the key parameters influencing the choice of the fuel type, a multi-criteria problem with constraints is formulated, the application of which will make it possible to evaluate the effectiveness of the selected fuel type and to form an option of using a hybrid fuel type if necessary.*

**Keywords:** liquid propellant, solid propellant, hybrid propellant, multicriteria optimization, economic efficiency evaluation

## References

- [1] Pavlyuk Yu.C. Ballisticheskoe proektirovaniye raket [Ballistic missile design]. Chelyabinsk, Publishing house of Chelyabinsk State Technical University, 1996, 92 p. (In Russ.).
- [2] Volotsuev V.V., Tkachenko I.S. Vvedenie v proektirovaniye, konstruirovaniye i proizvodstvo raket [Introduction to rocket design, construction and production]. Samara, Publishing house of Samara University, 2017, 88 p. (In Russ.).
- [3] Tsutsuran V.I., Petrukhin N.V., Gusev S.A. Voenno-tehnicheskii analiz sostoyaniya i perspektivy razvitiya raketnykh topliv Military-technical analysis of the state and prospects of rocket fuel development]. Moscow, Ministry of Defense of the RF Publ., 1999, 332 p. (In Russ.).
- [4] Vtoroe rozhdenie rakety [The second birth of the rocket]. Available at: <https://epizodsspace.airbase.ru/bibl/lapunov/rass-o-rak/02.html> (accessed December 13, 2021). (In Russ.).
- [5] Yukhno M.Yu., Timokhovich A.S. Gibridnye raketnye dvigateli — perspektivnoe napravlenie v raketostroenii [Hybrid rocket engines — a promising direction in rocket engineering]. Aktual'nye problemy aviatsii i kosmonavtiki [Actual Problems of Aviation and Cosmonautics], 2020, vol. 1, pp. 146–148. (In Russ.).
- [6] Pevneva A.G., Kalinkina M.E. Metody optimizatsii [Optimization methods]. St Petersburg, ITMO University Publ., 2020, 64 p. (In Russ.).

УДК 316.422.44

## Исследование применения технологий искусственного интеллекта при решении экономических задач научоемкого производства

Суматохин Владислав Александрович

sv20bm200@student.bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Шиболденков Владимир Александрович

vshiboldenkov@mail.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана

*Рассмотрены основные технологии отрасли искусственного интеллекта, применяемые в научоемком производстве. Проведен анализ практического применения наиболее распространенных технологий и субтехнологий искусственного интеллекта, а также их влияния на экономическую деятельность компаний. Выполнена оценка потенциала внедрения наиболее перспективных из рассматриваемых технологий на научоемких производствах в РФ.*

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, практическое применение, цифровизация, экономическая эффективность

За последнее десятилетие технологии области искусственного интеллекта (ИИ) проникли практически во все сферы экономической деятельности, а проекты на базе методов ИИ стали появляться даже не в высокотехнологичных компаниях. Это связано с быстрым развитием отрасли и расширением понятия ИИ. Что видно из текущей ситуации на рынке, где большинство проектов связанных с какой-либо автоматизацией, построенной на комплексной математической модели и заменяющей задачи выполняемые до этого вручную называют проектами в области ИИ, что создает несколько размытые границы применения области ИИ. Попыткой структурировать и определить направление развития ИИ в РФ является программа национальной стратегии развития искусственного интеллекта, выпущенная в 2019 г., в которой были определены основные технологии ИИ: компьютерное зрение, обработка естественного языка (*NLP*), распознавание и синтез речи, интеллектуальные системы поддержки принятия решений. Также в программе выделена отдельная группа «Перспективные технологии и методы ИИ», в которую, согласно дорожной карте развития технологий [1], вошли разработки в области машинного обучения. Данный набор технологий достаточно обширен, однако скорость развития отрасли ИИ не позволяет предвидеть всевозможные направления развития отрасли, так за последние 2 года высокую популярность приобрело направление генерации изображений и текстов, которые также имеют большой потенциал применения для решения задач бизнеса. Помимо развития технологий ИИ меняется бизнес-подход к внедрению решений на базе ИИ, технологические гиганты, такие как *Google*, *Microsoft*, *Amazon*, *IBM* и др. предоставляют технологии ИИ как услуги (*Alaservices*), создавая платформы позволяющие быстро решать самые распространённые задачи на основе ИИ, большинство ИИ стартапов также применяют подобный подход. В связи с фактами быстрого развития технологий и изменения бизнес-моделей в отрасли ИИ важной задачей является проведение анализа практического применения технологий ИИ в отрасли научоёмкого производства и в частности космической отрасли, а также оценки результатов от внедрения подобных технологий.

Исследование проведённое в данной работе построено на систематизации и анализе данных из работ рассматривающих применение технологий ИИ для решения конкретных экономических задач в отрасли научоёмкого производства, как например для решения задач в сфере управления проектами [2, 3], оценки результатов НИОКР [4], предиктивной аналитики [5] и систем поддержки принятия решений [6]. Для получения информации об общем состоянии отрасли ИИ рассмотрены аналитические работы оценивающие экономические эффекты от внедрения проектов на основании технологий ИИ, выполненные крупными международными корпорациями [7], и анализирующие текущее состояние технологий ИИ в России [8]. Также рассмотрены работы позволяющие определить особенности научоёмких производств в России [9, 10].

В результате проведённого исследования выявлены основные направления применения технологий ИИ в отрасли научоёмкого производства. Так основные технологии ИИ приобрели разное значение в научоёмком производстве. Технологии компьютерного зрения получили развитие в отрасли мониторинга и контроля производства, что уменьшает количество бракованной продукции, увеличивает производительность труда, особенно на производствах требующих 100% контроля и уменьшает риски связанные с производственной безопасностью. Другим выявленным направлением развития технологий компьютерного зрения является её применение в сфере беспилотного транспорта, которая является одной из ключевых технологий в данной сфере. Технологии обработки естественного языка в отрасли научоёмкого производства эффективно внедряются в систему электронного документооборота и в корпоративной почте, что позволяет систематизировать информацию и выполнять полнотекстовый поиск в огромных базах с документацией. Применение данной технологии особенно эффективно в комбинации с распознаванием печатного и рукописного текста на изображении, а учитывая факт того, что на большинстве предприятий в РФ значительная часть документации сохраняется в виде отсканированных документов, внедрение подобных технологий позволяет значительно сократить время требуемое для анализа документов и увеличения базы знаний, доступных сотрудникам. Технологии распознавания и синтеза речи в отрасли научоёмкого производства являются достаточно редкими, основное применение данные технологии находят в электронных устройствах для голосового управления и ввода текста, что больше характерно для функций отдельных устройств. Технологии интеллектуальных систем поддержки принятия решений в отрасли научоёмкого производства представлены системами разного уровня, от относительно простых систем с нормативно-справочной информацией до комплексных систем бизнес-аналитики на основе методов машинного обучения. Из функций систем поддержки принятия решений на основе технологий ИИ хорошие показатели экономической эффективности показывают системы предиктивной аналитики производственного оборудования, позволяющие увеличить эффективность операционной деятельности за счёт сокращения издержек от времени простоев и поломок оборудования [5].

Все из рассмотренных практических применений технологий ИИ показали положительный эффект воздействия на экономическую деятельность научоёмких производств. Однако для возможности внедрения данных технологий требуется определённый уровень развития цифровой инфраструктуры предприятия. Что показывает важность учета потенциального использования распространённых технологий ИИ при проектировании и модернизации информационной инфраструктуры научоёмких производств.

## Литература

- [1] Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «Нейротехнологии и искусственный интеллект» // Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. 2019. URL: <https://digital.gov.ru/ru/documents/6658/> (дата обращения 10.12.2021).
- [2] Шиболденков В.А. Управление проектами машинного обучения при решении задач промышленной аналитики // VIII Чарновские чтения (Москва, 7–8 дек. 2018 г.): сб. трудов всерос. науч. конф. М.: НОЦ «Контроллинг и управленические инновации», 2019. С. 139–153.
- [3] Дроговоз П.А., Коренькова Д.А. Современный инструментарий гибкого управления ИТ-проектами и перспективы его совершенствования с использованием технологий искусственного интеллекта // Экономика и предпринимательство. 2019. № 10. С. 829–833.
- [4] Юсуфова О.М., Неврединов А.Р. Применение технологий машинного обучения для оценки проектов НИОКР // Технологии разработки и отладки сложных технических систем (Москва, 1–2 апреля 2020 г.): сб. трудов VII всерос. науч.-практ. конф. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021. С. 450–454.
- [5] Шиболденков А.В., Панова Д.А. Анализ данных производственного процесса в реальном времени: инновационная аналитическая платформа с использованием технологии искусственного интеллекта компании Sight Machine Inc. // Креативная экономика. 2020. Т. 14, № 12. DOI: 10.18334/ce.14.12.111489
- [6] Дроговоз П.А., Юсуфова О.М., Неврединов А.Р. Классификация областей применения методов машинного обучения при поддержке принятия решений на предприятиях ракетно-космической отрасли // XLV Академические чтения по космонавтике (Королёвские чтения — 2021): сб. тез.: в 4 т. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021. Т. 2. С. 135–138.
- [7] Wamba-Taguimdjé S.-L., Wamba S.F., Kala Kamdjoug J.-R., Tchatchouang C.E. Influence of Artificial Intelligence (AI) on Firm Performance: The Business Value of AI-based Transformation Projects // Business Process Management Journal. 2020. March. DOI: 10.1108/BPMJ-10-2019-0411
- [8] Матвеева Ю.В., Чигванда М., Матвеева В.П. Влияние внедрения искусственного интеллекта на экономическое развитие России в условиях пандемии // Вестник Самарского университета. Сер. Экономика и управление. 2021. Т. 12, № 2. С. 123–131.
- [9] Дроговоз П.А., Пушкарева П.П. Особенности использования метода оценки уровня готовности технологий в наукоемких отраслях: зарубежный и отечественный опыт // Экономика и предпринимательство. 2019. № 5 (106). С. 1066–1070.
- [10] Галкин Н.А., Дроговоз П.А. Трансформация наукоемких отраслей экономики в цифровые экосистемы // Будущее машиностроения России (Москва, 22–25 сентября 2020 г.): сб. докл. XXIII всерос. науч. конф. в 2 т. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2020. Т. 2. С. 289–295.

## Research on the Use of Artificial Intelligence Technologies in Solving Economic Problems of Science-Based Companies

*Sumatohin Vladislav Alexandrovich*  
BMSTU

sv20bm200@student.bmstu.ru

*Shiboldenkov Vladimir Alexandrovich*  
BMSTU

vshiboldenkov@mail.ru

*The main artificial intelligence technologies used in science-based manufacturing are reviewed. The analysis of the practical application of the most common technologies and subtechnologies of artificial intelligence, as well as their impact on the economic activities of companies. Implementation of the most promising technologies in science-based industries in the Russian Federation has been carried out.*

**Keywords:** *artificial intelligence, practical applications, digitalization, cost-effectiveness*

## References

- [1] Dorozhnaya karta razvitiya "skvoznoi" tsifrovoi tekhnologii "Neirotekhnologii i iskusstvennyi intellekt" [Roadmap for the development of "end-to-end" digital technology "Neurotechnologies and artificial intelligence" ]. Ministerstvo tsifrovogo razvitiya, svyazi i massovykh kommunikatsii Rossiiskoi Federatsii [Ministry of Digital Development, Communications and Mass Communications of the Russian Federation]. 2019. Available at: <https://digital.gov.ru/ru/documents/6658/> (accessed December 10, 2021). (In Russ.).
- [2] Shiboldenkov V.A. Upravlenie proektami mashinnogo obucheniya pri reshenii zadach promyshlennoi analitiki [Project management of machine learning in solving problems of industrial analytics]. VIII Charnovskie chteniya [VIII Charnov Readings] (Moscow, December 7–8, 2018): Proceedings of the All-Russian Scientific Conference. Moscow, NOTs "Kontrolling i upravlencheskie innovatsii", 2019, pp. 139–153. (In Russ.).
- [3] Drogovoz P.A., Koren'kova D.A. Sovremennyi instrumentarii gibkogo upravleniya IT-proektami i perspektivy ego sovershenstvovaniya s ispol'zovaniem tekhnologii iskusstvennogo intellekta [Modern tools for flexible IT project management and prospects for its improvement using artificial intelligence technologies]. Ekonomika i predprinimatel'stvo [Economics and Entrepreneurship], 2019, no. 10, pp. 829–833. (In Russ.).
- [4] Yusufova O.M., Nevredinov A.R. Primenenie tekhnologii mashinnogo obucheniya dlya otsenki proektor NIOKR [Application of machine learning technologies for evaluation of R&D projects]. Tekhnologii razrabotki i otladki slozhnykh tekhnicheskikh sistem [Technologies for development and debugging of complex technical systems] (Moscow, April 1–2, 2020): Proceedings of the VII All-Russian Scientific and Practical Conference. Moscow, BMSTU Press, 2021, pp. 450–454. (In Russ.).
- [5] Shiboldenkov A.V., Panova D.A. Analiz dannykh proizvodstvennogo protsessa v real'nom vremenii: innovatsionnaya analiticheskaya platforma s ispol'zovaniem tekhnologii iskusstvennogo intellekta kompanii Sight Machine Inc. [Analysis of production process data in real time: an innovative analytical platform using artificial intelligence technology of Sight Machine Inc.]. Kreativnaya ekonomika [Creative Economy], 2020, vol. 14, no. 12. DOI: 10.18334/ce.14.12.111489 (In Russ.).
- [6] Drogovoz P.A., Yusufova O.M., Nevredinov A.R. Klassifikatsiya oblastei primeneniya metodov mashinnogo obucheniya pri podderzhke prinyatiya reshenii na predpriyatiyakh raketno-kosmicheskoi otrasti [Classification of areas of application of machine learning methods with decision-making support at enterprises of the rocket and space industry]. XLV Akademicheskie chteniya po kosmonavtike (Korolevskie chteniya — 2021) [XLV Academic Readings on cosmonautics (Korolev Readings — 2021)]: collection of abstracts: in 4 vols. Moscow, BMSTU Press, 2021, vol. 2, pp. 135–138. (In Russ.).
- [7] Wamba-Taguimdjé S.-L., Wamba S.F., Kala Kamdjoug J.-R., Tchatchouang C.E. Influence of Artificial Intelligence (AI) on Firm Performance: The Business Value of AI-based Transformation Projects. Business Process Management Journal, 2020, March. DOI: 10.1108/BPMJ-10-2019-0411
- [8] Matveeva Yu.V., Chigvanda M., Matveeva V.P. Vliyanie vnedreniya iskusstvennogo intellekta na ekonomiceskoe razvitiye Rossii v usloviyakh pandemii [The impact of the introduction of artificial intelligence on the economic development of Russia in a pandemic]. Vestnik Samarskogo universiteta. Ser. Ekonomika i upravlenie [Bulletin of Samara University. Ser. Economics and management], 2021, vol. 12, no. 2, pp. 123–131. (In Russ.).
- [9] Drogovoz P.A., Pushkareva P.P. Osobennosti ispol'zovaniya metoda otsenki urovnya gotovnosti tekhnologii v naukoemkikh otrasylyakh: zarubezhnyi i otechestvennyi opyt [Features of using the method of assessing the level of readiness of technologies in high-tech industries: foreign and domestic experience]. Ekonomika i predprinimatel'stvo [Economics and entrepreneurship], 2019, no. 5 (106), pp. 1066–1070. (In Russ.).
- [10] Galkin N.A., Drogovoz P.A. Transformatsiya naukoemkikh otraslei ekonomiki v tsifrovye ekosistemy [Transformation of high-tech sectors of the economy into digital ecosystems]. Budushchee mashinostroeniya Rossii [The future of machine building in Russia] (Moscow, September 22–25, 2020): sat. dokl. XXIII All-Russian Scientific Conference in 2 vols. Moscow, BMSTU Press, 2020, vol. 2, pp. 289–295. (In Russ.).

УДК 336.662

## Подходы к оценке клиентского капитала зарубежных высокотехнологичных инновационных предприятий ракетно-космической отрасли

**Томаев Иван Ибрагимович**

vanya160500@gmail.com

*МГТУ им. Н.Э. Баумана*

**Соколянский Василий Васильевич**

sokolyansky.vv@bmstu.ru

*МГТУ им. Н.Э. Баумана*

**Лобачева Елена Николаевна**

lobacheva-e-nru@bmstu.ru

*МГТУ им. Н.Э. Баумана*

*Рассмотрены перспективы внедрения в понятийный аппарат экономики ракетно-космической отрасли инструментов анализа клиентского капитала как экономическую категорию, особенности и выбор наилучшего подхода его оценки. Описаны особенности современных подходов к оценке клиентского капитала и его связь с ключевыми показателями деятельности зарубежных высокотехнологичных инновационных предприятий ракетно-космической отрасли. Исследования позволяют постулировать о приоритете CLV-подхода для оценки клиентского капитала зарубежных высокотехнологичных предприятий ракетно-космической отрасли.*

**Ключевые слова:** клиентский капитал, высокотехнологичные предприятия, ракетно-космическая отрасль, CLV-подход, пожизненная ценность клиента

Ракетно-космическая отрасль традиционно является одной из наукоемких отраслей экономики. Эффективность процессов разработки и производства конкурентоспособной продукции космического назначения тесно связаны с усилением роли интеллектуального капитала и его компонент, в частности клиентского капитала, для обеспечения экономического суверенитета.

Введенную в 1993 г. Herbert St. Onge экономическую категорию «клиентский капитал» корректно обозначить как систему устойчивых, надежных, долгосрочных, доверительных и взаимовыгодных отношений предприятия с клиентами, приносящими высокую прибыль.

Одно из главных условий формирования клиентского капитала — это создание структуры, позволяющей потребителю эффективно сотрудничать с персоналом предприятия. Формирование клиентского капитала происходит при условии общения потребителей с персоналом предприятия. Что свидетельствует о значении персонала предприятия (человеческого капитала) в формировании собственно клиентского капитала.

Для предприятий ракетно-космической отрасли наличие клиентского капитала обеспечивает ряд преимуществ:

1. Снижение затрат. Стоимость обслуживания существующего клиента ниже, чем привлечение нового.

2. Сокращение времени выхода на рынок. Вовлечение потребителей в процесс разработки новых товаров позволяет сокращать время выхода нового товара на рынок и повышать его привлекательность.

3. Снижение уровня бизнес-рисков. Наличие у компании лояльных клиентов позволяет значительно снизить риск перехода этих клиентов к другому поставщику.

Вследствие этого появляется возможность увеличивать доходы, а не тратить средства на привлечение новых клиентов.

4. Повышение степени удовлетворенности клиентов. Значительная степень вовлечения клиентов в процесс совершенствования товаров повысит уровень их удовлетворенности. Для коммерческих организаций это означает рост доходов.

Среди современных российских авторов проблемами оценки компонентов интеллектуального капитала, в том числе клиентского капитала, активно занимаются Лисенкова, Сидняев, Соколянский [1], Макаров [2].

На основе эмпирических и литературных данных был предложен оптимальный способ оценки клиентского капитала зарубежных высокотехнологичных инновационных предприятий ракетно-космической отрасли.

Подобным способом оценки является CLV-подход (Client lifetime value — жизненная ценность клиента), что является одним из вариантов GL-подхода. Показано его преимущество перед иными способами оценки клиентского капитала, таких как: BN-подход, BGT-подход, RLZ-подход, VK-подход.

Получены результаты оценки клиентского капитала двенадцати зарубежных высокотехнологичных инновационных предприятий ракетно-космической отрасли в период с 2008 по 2020 год. Примененные статистические испытания показали высокую положительную корреляцию между показателями клиентского капитала и ключевых показателей деятельности зарубежных высокотехнологичных инновационных предприятий ракетно-космической отрасли.

Полученные результаты согласуются с работами зарубежных авторов [3, 4].

Результаты исследования позволяют постулировать о приоритете CLV-подхода для оценки клиентского капитала зарубежных высокотехнологичных предприятий ракетно-космической отрасли.

## Литература

- [1] Лисенкова В.С., Сидняев Н.И., Соколянский В.В. Многокритериальная оптимизация расходов на элементы интеллектуального капитала высокотехнологичных предприятий // Вопросы инновационной экономики. 2020. Т. 10, № 3. С. 1275–1286. DOI: 10.18334/vinec.10.3.110556
- [2] Макаров А. Формирование клиентского капитала предприятия на основе маркетинга взаимоотношений с потребителями // Практический маркетинг. 2004. № 5 (87). С. 19–25.
- [3] Allee V. Value network analysis and value conversion of tangible and intangible assets // Journal of Intellectual Capital. 2008. Vol. 9 (1). Pp 5–24. DOI: 10.1108/14691930810845777
- [4] Sampana A. A Case Study of Customer Satisfaction among U.S. Regional Banks (Southwest Mississippi) // American International Journal of Humanities and Social Science. 2016. Vol. 2 (1). Pp. 22–25.

## Approaches to Evaluation of Client Capital of Foreign High-Tech Innovative Enterprises of the Rocket and Space Industry

**Tomaev Ivan Ibragimovich** vanya160500@gmail.com

BMSTU

**Sokolyanskiy Vasily Vasilyevich** sokolyansky.vv@bmstu.ru

BMSTU

**Lobacheva Elena Nikolayevna** lobacheva-e-nru@bmstu.ru

BMSTU

*Prospects for the introduction of tools for analyzing client capital as an economic category into the conceptual apparatus of the economy of the rocket and space industry, features and the choice of the best approach for its assessment are considered. The features of modern approaches to assessing client capital and its relationship with key performance indicators of foreign high-tech innovative enterprises of the rocket and space industry are described. Results of the study allow us to postulate the priority of the CLV approach for assessing the client capital of foreign high-tech enterprises in the rocket and space industry.*

**Keywords:** customer capital, high-tech enterprise, CLV-approach, client lifetime value, rocket and space industry

### References

- [1] Lisenkova V.S., Sidnyaev N.I., Sokolyanskiy V.V. Mnogokriterial'naya optimizatsiya raskhodov na elementy intellektual'nogo kapitala vysokotekhnologichnykh predpriyatiy [Multi-criteria optimization of expenditures on elements of intellectual capital of high-tech enterprises]. Voprosy inovatsionnoy ekonomiki [Russian journal of innovation economics], 2020, vol. 10, no. 3, pp. 1275–1286. (In Russ.). DOI: 10.18334/vinec.10.3.110556
- [2] Makarov A. Formirovanie klientskogo kapitala predpriyatiya na osnove marketinga vzaimootnosheniy s potrebitelyami [Formation of the client capital of the enterprise on the basis of marketing relationships with consumers]. Prakticheskiy marketing [Practical marketing], 2004, no. 5 (87), pp. 19–25. (In Russ.).
- [3] Allee V. Value network analysis and value conversion of tangible and intangible assets. Journal of Intellectual Capital, 2008, vol. 9 (1), pp. 5–24. DOI: 10.1108/14691930810845777
- [4] Sampana A. A Case Study of Customer Satisfaction among U.S. Regional Banks (Southwest Mississippi). American International Journal of Humanities and Social Science, 2016, vol. 2 (1), pp. 22–25.

УДК 330.3

## **Перспективы внедрения принципов экономики замкнутого цикла в кластерных структурах на основе промышленного симбиоза**

**Фокина Ирина Игоревна**

fokinaii@student.bmstu.ru

**МГТУ им. Н.Э. Баумана**

**Герцик Юрий Генрихович**

ygerzik@gmail.com

**МГТУ им. Н.Э. Баумана**

Ускорение научно-технического прогресса во всем мире сопровождается увеличением объемов промышленных отходов и загрязнением планетарной экосистемы, что обуславливает актуальность настоящего исследования. В работе представлены основные положения трансформации национальной системы обращения с отходами путем реализации принципов экономики замкнутого цикла в процессе хозяйственной деятельности, в том числе в ракетно-космической промышленности. Авторы выдвигают гипотезу о том, что кластеризация отраслевых предприятий на основе промышленного симбиоза будет способствовать достижению основных цели и задач внедрения в производство базовых положений экономики замкнутого цикла.

**Ключевые слова:** экономика замкнутого цикла, планетарная экосистема, отходы производства, ракетно-космическая промышленность, промышленный симбиоз

На протяжении всей истории человечества отношения человека с природой можно охарактеризовать как потребительские. Закономерным результатом чего становится деградация естественных элементов планетарной экосистемы и нарушение экологического равновесия природных систем, что приводит к локальным экологическим кризисам и в конечном итоге может стать причиной глобальной экологической катастрофы.

Развитие мировых производительных сил осуществляется за счет возрастающих нагрузок на природные комплексы. При этом становится актуальной проблема загрязнения планеты отходами, возникающими как во время извлечения материальных ресурсов из окружающей среды и вовлечения их в процессы производства, так и при дальнейшем потреблении продукции, теряющей впоследствии свои полезные свойства.

Решение данной проблемы возможно при трансформации национальной системы обращения с отходами путем реализации экономики замкнутого цикла (ЭЗЦ) — экономики, имеющей восстановительный и замкнутый характер, предполагающей создание непрерывного цикла развития, который сохраняет природный капитал и увеличивает его стоимость, повышая отдачу от ресурсов за счет оптимизации их использования [1]. Таким образом, целью настоящего исследования является определение возможностей ЭЗЦ для сокращения отходов в процессе хозяйственной деятельности, в том числе ракетно-космической промышленности.

Материалами для исследования послужили работы российских и зарубежных ученых в области реализации ЭЗЦ, а также нормативно-правовые документы, регулирующие национальную систему обращения с отходами. С использованием общенаучных методов, включая анализ и синтез материалов исследования, были сформулированы тезисы о переходе к ЭЗЦ с точки зрения решения проблемы загрязнения планеты отходами.

В России на протяжении последних 5 лет наблюдается стабильный рост отходов [2]. В соответствии с ГОСТ 30772–2001 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения» под отходами понимаются остатки продуктов, образующихся в процессе или по завершении определенной деятельности и не используемые в непосредственной связи с этой деятельностью. В качестве определенной деятельности выступает производственная, исследовательская и другая деятельность, в том числе потребление продукции.

Действующая национальная система обращения с отходами регулируется в соответствии с Федеральным законом «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 № 89-ФЗ и включает в себя два уровня: захоронение и утилизация. Выделение утилизации как отдельного уровня является первым шагом к формированию ЭЗЦ. Термин «утилизация» включает в себя все современные формы переработки отходов (рециклинг, рекуперация и регенерация), направленные на получение вторичных материальных ресурсов и вовлечение их повторно в процесс производства. Однако такой подход не подразумевает определения приоритетности в применении утилизационных технологий на предприятии. В целом комплекс мер в области переработки отходов направлен на формирование ЭЗЦ в России, но он не акцентирует внимание на первостепенной цели — стремлении к нулевому выходу отходов.

По сути ЭЗЦ полностью отражает концепцию минимизации образования и накопления отходов, которая получила широкое распространение в политике ведущих мировых стран. Активируя усилия в целях борьбы с устойчивым ростом отходов, ЭЗЦ предполагает встраивание новых бизнес-моделей в хозяйственную деятельность предприятий. Потенциалом развития в условиях ЭЗЦ обладают следующие бизнес-модели [3]: восстановление ресурсов, продление жизненного цикла продукции, платформы для обмена и совместного использования, циркулярные поставщики, продукт как услуга, экологический дизайн. Действующая нормативно-правовая база в России закрепляет реорганизацию бизнес-процессов только в соответствии с первыми двумя моделями. Однако применение всего комплекса практик позволит не только решить задачи переработки отходов в конце жизненного цикла продукции, но и послужит началом для технологических, организационных и социальных инноваций по всей цепочки создания ценности [4]. При этом во время перехода к ЭЗЦ принцип базовой линейной модели экономики («добытай, производи, выбрасывай», англ. «take, make, waste») претерпевает изменения до нового принципа — «добытай, производи, повторно используй», англ. «take, make, reuse», что позволяет организовать эффективные потоки материальных, энергетических и информационных ресурсов при сохранении природного и социального капитала.

Воздействие ракетно-космической промышленности на окружающую среду обладает рядом специфических особенностей, отличающей ее от других отраслей промышленности тем, что ракетно-космическая техника представляет собой систему разнородных высокотехнологичных технических объектов, включающую как ракеты-носители, космические аппараты и разгонные блоки, так и стартовые комплексы, в связи с чем в процессе изготовления технических объектов принимают участие предприятия из различных отраслей промышленности [5–7]. При этом отходы таких производств, как производства легких сплавов, резины, пластмасс, лакокрасок, топлива и авиадвигателей, характеризуются высоким классом опасности. Проведение мероприятий по комплексному аудиту отходов на предприятиях, входящих в состав ракетно-космической промышленности, является первым шагом для реорганизации бизнес-процессов в соответствии с принципом ЭЗЦ, когда достижение первостепен-

ной цели ЭЗЦ может быть найдена в кластеризации отраслевых предприятий на основе промышленного симбиоза.

Решение проблемы загрязнения планеты отходами производства видится в переходе от линейной модели экономики к ЭЗЦ, представляющей собой комплекс технологий, ориентированных на эксплуатацию вторичных материальных и энергетических ресурсов, снижение объемов отходов благодаря экологическому дизайну материалов, изделий, систем, и как результат — применение экологичных бизнес-моделей на всех уровнях.

### Литература

- [1] Ellen MacArthur Foundation. Towards the circular economy. 2013. Available at: <https://ellenmacarthurfoundation.org/towards-a-circular-economy-business-rationale-for-an-accelerated-transition> (accessed December 10, 2021).
- [2] Федеральная служба государственной статистики. Официальная статистика. Образование, использование, обезвреживание и размещение отходов производства и потребления в Российской Федерации. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/11194> (дата обращения 10.12.2021).
- [3] Пахомова Н.В., Рихтер К.К., Ветрова М.А. Переход к циркулярной экономике и замкнутым цепям поставок как фактор устойчивого развития // Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика. 2017. Т. 33, № 2. С. 244–268. DOI: 10.21638/11701/spbu05.2017.203
- [4] Ellen MacArthur Foundation. Delivering the circular economy a toolkit for policymakers. 2015. Available at: [https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/toolkit\\_for\\_policymakers.pdf](https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/toolkit_for_policymakers.pdf) (accessed December 10, 2021).
- [5] Орлов А.И., Цисарский А.Д. Метод оценки рисков при создании ракетно-космической техники // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение. 2017. № 2. С. 99–107. DOI: 10.18698/0236-3941-2017-2-99-107
- [6] Омельченко И.Н., Александров А.А., Канчавели Т.Г. и др. Организационные аспекты управления рисками стратегического инновационно-ориентированного развития предприятия ракетно-космической промышленности // XLII академические чтения по космонавтике (Королёвские чтения — 2018):сб. тез. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. С. 156–157.
- [7] Казаченко А.Д., Соловьева Н.В., Соловьев Н.П. Недостаточность сопровождения ракетно-космической деятельности // ГосПер: государственное регулирование общественных отношений. 2019. № 1. С. 87–105.

## Prospects for the Implementation of Circular Economy Principles in Cluster Structures Based on Industrial Symbiosis

**Fokina Irina Igorevna**

fokinaii@student.bmstu.ru

**BMSTU**

**Gertsik Yury Genrikhovich**

ygerzik@gmail.com

**BMSTU**

*The acceleration of scientific and technological progress all over the world is accompanied by an increase in the volume of industrial waste and pollution of the planetary ecosystem, which determines the relevance of this study. The article presents the main provisions of the transformation of the national waste management system by implementing the principles of a circular economy in the process of economic activity, including in the space industry. The authors put forward a hypothesis that the clustering of industrial enterprises on the basis of industrial symbiosis will contribute to the achievement of the main goals of introducing the basic provisions of a circular economy into production.*

**Keywords:** circular economy, planetary ecosystem, industrial waste, space industry, industrial symbiosis

## References

- [1] Ellen MacArthur Foundation. Towards the circular economy. 2013. Available at: <https://ellenmacarthurfoundation.org/towards-a-circular-economy-business-rationale-for-an-accelerated-transition> (accessed December 10, 2021).
- [2] Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki. Oficial'naya statistika. Obrazovanie, ispol'zovanie, obezvrezhivanie i razmeshchenie othodov proizvodstva i potrebleniya v Rossijskoj Federacii [Federal State Statistics Service. Official statistics. Formation, use, neutralization and disposal of production and consumption waste in the Russian Federation]. Available at: <https://rosstat.gov.ru/folder/11194> (accessed December 10, 2021). (In Russ.).
- [3] Pakhomova N.V., Rikhter K.K., Vetrova M.A. Perekhod k cirkulyarnoj ekonomike i zamknutym ceypam postavok kak faktor ustoichivogo razvitiya [Transition to a circular economy and closed supply chains as a factor of sustainable development]. Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Ekonomika [Bulletin of St. Petersburg University. Economy], 2017, vol. 33, no. 2, pp. 244–268. DOI: 10.21638/11701/spbu05.2017.203 (In Russ.).
- [4] Ellen MacArthur Foundation. Delivering the circular economy a toolkit for policymakers. 2015. Available at: [https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/toolkit\\_for\\_policymakers.pdf](https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/toolkit_for_policymakers.pdf) (accessed December 10, 2021). (In Russ.).
- [5] Orlov A.I., Tsisarskii A.D. Metod otsenki riskov pri sozdani rakетno-kosmicheskoi tekhniki [Risk Assessment Method in Creating Space-Rocket Technology]. Vestnik MGTU im. N.E. Baumana. Ser. Mashinostroenie [[Herald of the Bauman Moscow State Tech. Univ., Mech. Eng.], 2017, no. 2, pp. 99–107. DOI: 10.18698/0236-3941-2017-2-99-107 (In Russ.).
- [6] Omelchenko I.N., Aleksandrov A.A., Kanchaveli T.G. i dr. Organizational aspects of risk management of strategic innovation-oriented development of the rocket and space industry enterprise. XLII akademicheskie chteniya po kosmonavtike (Korolevskie chteniya – 2018) [XLII Academic Readings on cosmonautics (Korolev Readings – 2018)]: collection of abstracts. Moscow, BMSTU Press, 2018, pp. 156–157. (In Russ.).
- [7] Kazachenko A.D., Solov'eva N.V., Solov'ev N.P. Nedostatochnost' soprovozhdeniya rakетno-kosmicheskoy deyatel'nosti [Insufficient support of rocket and space activities]. GosReg: gosudarstvennoe regulirovanie obshchestvennyh otnoshenij [GosReg: state regulation of public relations], 2019, no. 1, pp. 87–105. (In Russ.).

УДК 528.88

## Организационно экономические подходы к платформенной интеграции космических геосервисов для экомониторинга нефтегазовой инфраструктуры

Харин Никита Иванович  
МГТУ им. Н.Э. Баумана

kharinni@student.bmstu.ru

Изложены основные направления интеграции космических цифровых геосервисов для экомониторинга инфраструктурных промышленных объектов нефтегазовой отрасли. Предложен подход к формированию организационно-экономического обеспечения платформенных решений в области обеспечения экологической безопасности критически зна-

чимых объектов на основе процессов управления ИТ-сервисами и оценки совокупной стоимости владения.

**Ключевые слова:** платформенное решение, интеграция, космический цифровой геосервис, экомониторинг, организационное обеспечение, экономическое обеспечение

Актуальность темы работы обусловлена новыми возможностями осуществления экологического мониторинга и контроля производственно-хозяйственной деятельности предприятий нефтегазовой отрасли промышленности. На современном этапе научно-технического развития энергоресурсы составляют основу экономики всех индустриально развитых стран мира. Приоритетом современной мировой политической и экономической повестки стала реализация концепции устойчивого развития (sustainable development) в целях повышения экологической эффективности энергетики, решение экологических проблем и внедрение чистых методов производства энергии, мониторинга окружающей среды и реализации инициатив по ее восстановлению [1].

В настоящее время данные дистанционного зондирования Земли широко используются нефтегазовыми предприятиями для поиска и оценки состояний площадок геологоразведочных скважин, организации экомониторинга и контроля экологической безопасности. Вместе с тем, по оценкам экспертов, существующие решения носят фрагментарный и локальный характер. Повышение эффективности применения космических цифровых геосервисов представляется возможным путем объединения данных, получаемых с космических аппаратов, беспилотников и наземных датчиков контроля промышленных объектов нефтегазовой отрасли [2]. Кроме того, актуальные тренды создания цифровых платформ и цифровых экосистем практически во всех секторах экономики [3, 4] предопределяют необходимость модернизации организационно-экономического обеспечения платформенных решений по интеграции космических цифровых геосервисов.

При проектировании платформенных решений в исследуемой предметной области представляется необходимым использовать методологические принципы информационной, функциональной и организационной интеграции [5]:

- информационная интеграция обеспечивается разработкой структуры взаимосвязанных технико-экономических показателей, согласованных по объектам управления, горизонтам управления и актуальности для решения задач организации экомониторинга промышленных объектов нефтегазовой отрасли. В результате формируется единая ИТ-платформа бизнеса, обеспечивающая эффективную реализацию управлеченческих функций;

- функциональная интеграция обеспечивается согласованностью всех принимаемых управлеченческих решений по объектам управления и временными горизонтами (стратегическому, тактическому и оперативному) и достигается путем идентификации всех объектов управления, их управляющих и контрольно-информационных воздействий. Полнота решения этой задачи определяется единством цели и согласованностью используемой системы технико-экономических показателей;

- организационная интеграция заключается в распределении прав, обязанностей и ответственности при решении функциональных задач экомониторинга между структурными подразделениями и должностными лицами, а также рациональном разделении функций управления между персоналом и средствами ИТ. Она направлена на создание рациональной организационной структуры, ориентированной на решение целевой задачи обеспечения экологической безопасности в масштабах нефтегазовой отрасли.

В организационном плане, платформенные решения для экомониторинга с использованием данных космических цифровых геосервисов должны строится на основе обобщения передового зарубежного и отечественного опыта применения управленических технологий и стандартов Total Quality Management (TQM), IT Infrastructure Library (ITIL), IT Service Management (ITSM) [5]. Цикл управления космическими цифровыми геосервисами, т. е. собственно организация деятельности информационной службы, сводятся к четырем основным блокам процессов, которые образуют замкнутый цикл:

- процессы системного анализа реализуют стратегическое взаимодействие информационной службы с основными бизнес-подразделениями предприятий нефтегазовой отрасли, обеспечивают выявление проблемных ситуаций в бизнесе и научный поиск рациональных ИТ-решений;
- процессы системного проектирования отвечают за разработку подробных требований к ИТ-сервисам, подготовку соглашений об уровне ИТ-сервисов и формирование ИТ-бюджета;
- процессы системной интеграции обеспечивают разработку, тестирование и ввод в эксплуатацию ИТ-сервисов с использованием собственных ИТ-ресурсов и приобретаемых активов у ИТ-поставщиков;
- процессы системного администрирования реализуют оперативное управление и техническую поддержку бизнес-пользователей.

В экономическом плане, для оценки эффективности создания и функционирования платформенных решений следует показатель совокупной стоимости владения — Total Cost of Ownership (TCO) [5], который представляет собой ежегодные расходы предприятия нефтегазовой отрасли, связанные с приобретением и использованием космических цифровых геосервисов для экомониторинга. В модели ТСО затраты распределяются по двум основным категориям:

- явные затраты включают капиталовложения в аппаратное и программное обеспечение, затраты на администрирование, техническую поддержку, разработку и внедрение сервисов;
- неявные затраты образуются вследствие потерь производительности из-за простоев пользователей — запланированной (по графику регламентных работ) и незапланированной недоступности системы, самоподдержки и взаимоподдержки пользователей из-за отвлечения на решение ИТ-проблем.

Предложенное организационно-экономическое обеспечение позволит сформировать эффективные платформенные решения, реализующие потенциал космических цифровых геосервисов для обеспечения экологической безопасности инфраструктурных промышленных объектов нефтегазовой отрасли. Такие решения обеспечивают режим ситуационной осведомленности благодаря формированию и поддержанию единой для всех ярусов управления, целостной, контекстной информационной среды и включения в процесс ее непрерывной актуализации возможно большего числа источников первичной информации. Основу управления составляет процесс упреждающего обнаружения, анализа и разрешения проблемных ситуаций с помощью интеллектуальных информационных технологий. Его цель состоит в том, чтобы не допускать возникновения экологических проблем, заранее их предвидя и соответствующим образом изменяя ситуацию.

## Литература

- [1] The SDGs in action // United Nations Development Programme. Available at: <https://www.undp.org/sustainable-development-goals> (accessed December 14, 2021).
- [2] Геосервисы для экомониторинга и контроля объектов нефтегазовой инфраструктуры // Роскосмос. URL: <https://www.roscosmos.ru/29234/> (дата обращения 14.12.2021).
- [3] Галкин Н.А., Дроговоз П.А. Трансформация наукоемких отраслей экономики в цифровые экосистемы // Будущее машиностроения России (Москва, 22–25 сентябрь 2020 г.): сб. докл. XXIII всерос. науч. конф.: в 2 т. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2020. Т. 2. С. 289–295.
- [4] Кашеварова Н.А., Шиболденков В.А. Развитие производственных экосистем и платформ в условиях цифровой трансформации промышленности // IX Чарновские чтения (Москва, 6–7 дек. 2019 г.): сб. тр. всерос. науч. конф. М.: НОЦ «Контроллинг и управленческие инновации», 2019. С. 71–79.
- [5] Дроговоз П.А. Управление стоимостью инновационного промышленного предприятия. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. 240 с.

## Organizational and Economic Approaches to Platform Integration of Space Geoservices for Eco-Monitoring of Oil and Gas Infrastructure

**Kharin Nikita Ivanovich**  
BMSTU

kharinni@student.bmstu.ru

*The main directions of integration of space digital geo-services for eco-monitoring of infrastructural industrial facilities of the oil and gas industry are outlined. An approach to the formation of organizational and economic support of platform solutions in the field of environmental safety of critical facilities based on IT service management processes and an assessment of the total cost of ownership is proposed.*

**Keywords:** platform solution, integration, digital space geoservice, eco-monitoring, organizational support, economic support

## References

- [1] The SDGs in action. United Nations Development Programme. Available at: <https://www.undp.org/sustainable-development-goals> (accessed December 14, 2021).
- [2] Geoservisy dlya ekomonitoringa i kontrolya ob"ektov neftegazovoi infrastruktury [Geoservices for ecomonitoring and control of oil and gas infrastructure facilities]. Roskosmos. Available at: <https://www.roscosmos.ru/29234/> (accessed December 14, 2021). (In Russ.).
- [3] Galkin N.A., Drogovoz P.A. Transformatsiya naukoemkikh otraspeli ekonomiki v tsifrovye ekosistemy [Transformation of high-tech sectors of the economy into digital ecosystems]. Budushchee mashinostroeniya Rossii [The future of machine building in Russia] (Moscow, September 22–25, 2020): Proceedings of XXIII All-Russian Scientific conference: in 2 vols. Moscow, BMSTU Press., 2020, vol. 2, pp. 289–295. (In Russ.).
- [4] Kashevarova N.A., Shiboldenkov V.A. Razvitiye proizvodstvennykh ekosistem i platform v usloviyakh tsifrovoi transformatsii promyshlennosti [Development of industrial ecosystems and platforms in the context of digital transformation of industry]. IX Charnovskie chteniya [IX Charnov Readings] (Moscow, December 6–7, 2019): Proceedings of the All-Russian scientific conferences on the organization of production. Moscow, Controlling and Management Innovations Publ., 2019, pp. 71–79. (In Russ.).
- [5] Drogovoz P.A. Upravlenie stoimost'yu innovatsionnogo promyshlennogo predpriyatiya [Value Management of an Innovative Industrial Enterprise]. Moscow, BMSTU Press, 2007, 240 p. (In Russ.).

УДК 336.662

## Сложности и противоречия в оценке организационного капитала зарубежных высокотехнологичных инновационных предприятий ракетно-космической отрасли

Чабанасан Денис Диляверович

dianisiy99@yandex.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Еланская Татьяна Михайловна

elanskayatm@student.bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Соколянский Василий Васильевич

sokolyansky.vv@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Лобачева Елена Николаевна

lobacheva-e-nru@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана

*Рассмотрены перспективы внедрения в понятийный аппарат экономики ракетно-космической отрасли инструментов анализа интеллектуального капитала и его компонентов, в частности, организационного капитала. Описаны особенности современных подходов к оценке организационного капитала. Детализированы противоречия в оценке организационного капитала зарубежных высокотехнологичных инновационных предприятий ракетно-космической отрасли.*

**Ключевые слова:** организационный капитал, интеллектуальный капитал, высокотехнологичное инновационное предприятие, ракетно-космическая отрасль

Ракетно-космическая отрасль традиционно является одной из наукоемких отраслей экономики. Эффективность процессов разработки и производства конкурентоспособной продукции космического назначения тесно связаны с усилением роли интеллектуального капитала и его компонентов, в частности организационного капитала, для обеспечения экономического суверенитета.

Термин «Организационный капитал», ранее предложенный Л. Эдвинссоном [1], в настоящее время является устойчивой экономической категорией. Организационный капитал в качестве экономической категории представляет собой систему организационно-экономических отношений следующих субъектов: предприятия, его структурных подразделений и работников по поводу соединения в пространстве и времени факторов производства с целью создания и распределения добавленной стоимости. Как только один из элементов организационного капитала начинает отставать в развитии, автоматически снижается уровень развития и соответствующего вида трудовых отношений. От уровня развития элементов организационного капитала напрямую зависит уровень развития трудовых отношений и экономическая эффективность производства предприятия [2].

Среди российских авторов опытом оценки компонентов интеллектуального капитала, в том числе организационного капитала, обладают Лисенкова В.С., Сидняев Н.И., Соколянский В.В. [3].

В работе поставлена цель: выбрать оптимальный способ оценки организационного капитала высокотехнологичных инновационных предприятий ракетно-космической отрасли. При реализации цели определен ряд задач: на основе данных современной экономической литературы выделить приемлемый для экономической прак-

тики метод оценки организационного капитала, выполнить оценку организационного капитала на примере зарубежных инновационных высокоеффективных предприятий ракетно-космической отрасли.

Постулируется, что для оценки величины организационного капитала наиболее приемлемыми способами являются: функция Льва и Радхакришнана и модель VAIC (коэффициент Пулика). Выдвинута гипотеза о наибольшем приоритете способа, предложенного в статье The Measurement of Firm-Specific Organization Capital [4].

В качестве источников информации использованы корпоративные сайты зарубежных предприятий ракетно-космической отрасли, в частности их годовые отчеты за период с 2008 по 2020 год.

Выполнена оценка организационного капитала восьми зарубежных высокоеффективных инновационных предприятий ракетно-космической отрасли. Статистическими испытаниями доказана высокая положительная корреляция организационного капитала как комплекса и отдельных его компонентов с показателями прибыли предприятий, данными по инвестиционной привлекательности предприятий, показателями инновационной активности, а также данными, отражающими финансовую эффективность предприятия.

Полученные результаты согласуются с рядом работ российских [3] и зарубежных [5] авторов.

Таким образом, метод-функция Льва и Радхакришнана не претендует на громоздкий математический аппарат, его можно рекомендовать для экономистов-практиков, научных работников, специализирующихся в области экономики высоких технологий, в том числе в сфере высокотехнологичных инновационных предприятий ракетно-космического комплекса.

## **Литература**

- [1] Edvinsson L., Malone M. Intellectual capital. Realizing your company's true value malone. M.; N.Y.: Harper Business, 1997. P. 22.
- [2] Белкин В.Н., Белкина Н.А., Антонова О.А. Организационный капитал предприятия // Экономика региона. 2016. Т. 12, вып. 3. С. 826–838.
- [3] Лисенкова В.С., Сидняев Н.И., Соколянский В.В. Многокритериальная оптимизация расходов на элементы интеллектуального капитала высокотехнологичных предприятий // Вопросы инновационной экономики. 2020. Т. 10, № 3. С. 1275–1286.
- [4] Lev B., Radhakrishnan S. The Measurement of Firm-Specific Organization Capital // NBER Working Paper. 2003. No. 9581.
- [5] Fiala R., Borovková J. The Valuation of Organizational Capital // Journal of Competitiveness. 2012. Vol. 4, no. 4. Pp. 123–132.

## Difficulties and Contradictions in Assessing the Organizational Capital of Foreign High-Tech Innovative Enterprises of the Rocket and Space Industry

**Chabanasan Denis Dilyaverovich**

dianisiy99@yandex.ru

*BMSTU*

**Elanskaya Tatyana Mikhaylovna**

elanskayatm@student.bmstu.ru

*BMSTU*

**Sokolyanskiy Vasily Vasilyevich**

sokolyansky.vv@bmstu.ru

*BMSTU*

**Lobacheva Elena Nikolayevna**

lobacheva-e-nru@bmstu.ru

*BMSTU*

*The prospects of introducing the tools of analysis of intellectual capital and its components, in particular organizational capital, into the conceptual apparatus of the economy of the rocket and space industry are considered. The features of modern approaches to the assessment of organizational capital are described. Contradictions in the assessment of the organizational capital of foreign high-tech innovative enterprises are detailed.*

**Keywords:** organizational capital, intellectual capital, high-tech innovative enterprises, rocket and space industry

### References

- [1] Edvinsson L., Malone M. Intellectual capital. Realizing your company's true value malone. M.; N.Y.: Harper Business, 1997, p. 22.
- [2] Belkin V.N., Belkina N.A., Antonova O.A. Organizatsionnyi kapital predpriyatiya [Organizational capital of the enterprise]. Ekonomika regiona [The economy of the region], 2016, vol. 12, iss. 3, pp. 826–838. (In Russ.).
- [3] Lisenkova V.S., Sidnyaev N.I., Sokolyanskii V.V. Mnogokriterial'naya optimizatsiya raskhodov na elementy intellektual'nogo kapitala vysokotekhnologichnykh predpriyatiy [Multi-criteria optimization of expenditures on elements of intellectual capital of high-tech enterprises]. Voprosy innovatsionnoi ekonomiki [Voprosy innovatsionnoy ekonomiki], 2020, vol. 10, no. 3, pp. 1275–1286. (In Russ.).
- [4] Lev B., Radhakrishnan S. The Measurement of Firm-Specific Organization Capital. NBER Working Paper, 2003, no. 9581.
- [5] Fiala R., Borovková J. The Valuation of Organizational Capital. Journal of Competitiveness, 2012, vol. 4, no. 4, pp. 123–132.

УДК 338.242.2

## Управление сервисным обслуживанием продукции машиностроительного комплекса на основе технологий искусственного интеллекта

**Швайко Борис Александрович**

b.shvayko@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана

**Герцик Юрий Генрихович**

ygerzik@gmail.com

МГТУ им. Н.Э. Баумана

*В современном мире все большее внимание уделяется информационным или цифровым технологиям, которые широко применяются в менеджменте предприятий реального сектора экономики. К ним можно отнести технологии распределенных баз данных, больших данных, цифровых двойников, интернета вещей, искусственного интеллекта и ряда других. Авторы полагают, что возможности последнего для управления качеством сервисного обслуживания продукции машиностроительных предприятий недостаточно изучены и внедрены на практике. В работе представлены результаты анализа возможностей более широкого внедрения технологий на основе искусственного интеллекта в систему управления сервисом для снижения издержек при обслуживании высокотехнологичного оборудования и повышения конкурентоспособности производства.*

**Ключевые слова:** сервисное обслуживание, цифровые технологии, искусственный интеллект, машиностроительное предприятие

Машиностроительная отрасль в настоящее время стремительно развивается, и данное развитие предполагает соблюдение баланса между использованием инноваций и четко сформированными процессами выпуска готовой продукции надлежащего качества [1–3]. Использование инноваций в свою очередь характеризуется внедрением в процессы предприятия различных цифровых технологий. Рассмотрим современные цифровые технологии, которые уже нашли свое применение в экономике большинства развитых и развивающихся стран.

Продукция, выпускаемая машиностроительными предприятиями, отражает ошибки, которые были сделаны на этапе проектирования только с выпуском прототипа выпускаемого изделия. Такой подход к производству продукции подразумевает наличие значительных издержек и для их нивелирования необходимо внедрение цифровой трансформации предприятия, включающих в том числе концепции «цифровых двойников». «Цифровой двойник» изделия — виртуальная модель, которая описывает поведение выпускаемого изделия в реальной жизни и является его прототипом. Цифровой двойник изделия применяется на всех этапах жизненного цикла продукции, включая проектирование, производство, эксплуатацию и утилизацию. Среди основных преимуществ можно выделить следующие:

- виртуальный ввод в эксплуатацию производимого вида продукции. При производстве продукции отпадает необходимость создавать физический прототип изделия. «Цифровой двойник» позволяет инженерам производить необходимые тесты в виртуальной среде;

- диагностика онлайн. Применение данной технологии предполагает запуск физического изделия вместе с «цифровым двойником», что позволяет проводить диагностику виртуально;

• профилактическое обслуживание. Моделирование «цифрового двойника» позволяет предугадать износ отдельных агрегатов установки и сформировать программу профилактического обслуживания для нивелирования риска простоя оборудования из-за отказа определенных узлов.

Блокчейн. По определению Д. Тапскотта и А. Тапскотта, авторов [4], блокчейном является вечный цифровой распределенный журнал экономических транзакций, основной функцией которого является программирование для записи всего, что имеет ценность, в частности, финансовых операций. Блокчейн является распределенной базой данных, устройства хранения информации у которой не являются частью общего сервера и не подключены к нему. Данная база данных сохраняет постоянно увеличивающийся массив упорядоченных записей (блоков), каждому из которых присвоен параметр времени и ссылка на предыдущий блок. Шифрование данных блоков гарантирует доступ только тем пользователям, у которых есть закрытые ключи. Изучение технологии блокчейн применительно к машиностроительной отрасли позволяет выделить несколько основных преимуществ:

- безопасность. Ввиду высокой конкуренции в машиностроительной отрасли, доступ к информации о производимой продукции, о технологии производства третьими лицами является критической уязвимостью машиностроительных предприятий. Внедрение блокчейн технологии позволяет ограничить круг лиц, имеющих доступ к цепочке блоков;

- доступ к достоверной истории изменений. При применении технологии блокчейн, в процессе разработки продукции машиностроительных предприятий появляется возможность быстрого доступа к отслеживанию изменений в процессе производства и нахождения причины возникающих неполадок, что позволяет повысить надежность системы в целом.

Технология Big Data — технология анализа и обработки больших объемов данных. Данная технология, при правильном ее использовании позволяет отслеживать огромное число параметров и процессов производства [5]. В накопленных данных можно выявить ключевые зависимости и тенденции, которые влияют на различные аспекты производства.

Интернет вещей — концепция вычислительной сети физических «вещей», оснащенных технологиями, позволяющими взаимодействовать предметам друг с другом либо с внешней средой. Данную технологию, как правило, рассматривают совокупности с Big Data и представляют собой полноценную экосистему, включающую совокупность устройств связи, хранения и аналитики данных. Совокупность данных технологий, принятых на машиностроительном предприятии в рамках цифровой трансформации, позволяет им контролировать весь процесс производства и постоянно повышать не только качество выпускаемой продукции, но и качество сервисного обслуживания.

Искусственный интеллект. Впервые понятие «искусственный интеллект» ввел Д. Маккарти в 1956 г. В то время под этим термином подразумевали способность машин заменить человека в выполнении задач, требующих обработки большого объема информации. На сегодняшний день под искусственным интеллектом понимают совокупность научных знаний и подходов, позволяющих решать интеллектуальные задачи с применением ЭВМ [6]. Среди основных технологий искусственного интеллекта, применимых в машиностроительной области, можно выделить следующие:

- технологии распознавания образов и компьютерное зрение. Базовой задачей данной технологии является детектирования различных объектов сегментация изоб-

ражения на различные объекты и определение расстояния до них. При грамотном применении технологии компьютерного зрения в машиностроении позволяет значительно повысить качество выпускаемой продукции за счет передачи контроля человеком различных процессов контроля. Это может быть контроль брака при выполнении технологической операции [7];

• технология принятия решений. Применимо к машиностроительной отрасли данная технология предполагает автоматизацию некоторых процессов производства, т. е. когда эти процессы происходят без вмешательства человека. Примером применения технологии может быть обучение методом демонстраций, когда система искусственного интеллекта заучивает механические действия и использует их непосредственно в производстве. Точность исполняемой операции также позволит повысить качество выпускаемой продукции, а как следствие увеличить срок безотказной работы;

• рекомендательные системы. Данная технология подразумевает под собой анализ ключевых параметров в производстве, их контроль и оповещение оператора в случае изменений. Помимо этого, есть опция самообучения системы на основе имеющихся данных. Как и во многих производственных отраслях, в машиностроении существует огромное число областей применения данной технологии.

В заключение необходимо отметить, что развитие цифровой экономики обуславливает применение информационных технологий на всех этапах жизненного цикла высокотехнологичной продукции, включая его сервисное обслуживание.

## Литература

- [1] Герцик Ю.Г. Менеджмент предприятий медицинской промышленности в кластерной структуре с учётом возможностей нейробиологии // Менеджмент в России и за рубежом. 2017. № 6. С. 34–42.
- [2] Lyakhovich D.G. Processes organization for creating competitive products and production services of an industrial enterprise: management problems and solutions // Herald of the Bauman Moscow State Technical University, Series Mechanical Engineering. 2021. No. 1. Pp. 156–165.
- [3] Швайко Б.А., Кнеков Г.А., Болгар В.В. Основные проблемы рециклинга и восстановления технического ресурса машиностроительной продукции // Наука и бизнес: пути развития. 2021. № 5. С. 76–78.
- [4] Тапскотт Д., Тапскотт А. Технология блокчейн: то, что движет финансовой революцией сегодня. М.: Эксмо, 2017. 270 с.
- [5] Петрунин Ю.Ю., Рязанов М.А., Савельев А.В. Философия искусственного интеллекта в концепциях нейронаук. М.: МАКС Пресс, 2010. 77 с.
- [6] Корнеев Н.В. Принципы построения современных технических систем с элементами искусственного интеллекта // Техника машиностроения. 2008. № 2. С. 2–7.
- [7] На ошибках учатся: российские ученые обучили искусственный интеллект предсказывать неполадки в техническом оборудовании. URL: <https://m.saint-petersburg.ru/m/science/glavred/387575/> (дата обращения 21.12.2021).

## Service Management of Machine-Building Complex Products Based on Artificial Intelligence Technologies

**Shvayko Boris Alexandrovich**  
BMSTU

b.shvayko@bmstu.ru

**Gertsik Yury Genrikhovich**  
BMSTU

ygerzik@gmail.com

*In the modern world, more and more attention is paid to information or digital technologies, which are widely used in the management of enterprises in the real sector of the economy. These include technologies of distributed databases, Big Data, Digital Twin, Internet of Things, Artificial Intelligence and a number of others. The authors believe that the capabilities of the latter for quality management of service maintenance of products of machine-building enterprises have not been sufficiently studied and implemented in practice. This paper analyzes the possibilities of wider introduction of artificial intelligence-based technologies into the service management system to reduce the costs of servicing high-tech equipment and increase the competitiveness of production.*

**Keywords:** service, digital technologies, artificial intelligence, machine-building enterprise

### References

- [1] Gertsik Yu.G. Menedzhment predpriyatiy meditsinskoi promyshlennosti v klasternoi strukture s uchetom vozmozhnosti neirobiologii [Management of medical industry enterprises in a cluster structure taking into account the possibilities of neurobiology]. Menedzhment v Rossii i za rubezhom [Management in Russia and abroad], 2017, no. 6, pp. 34–42.(In Russ.).
- [2] Lyakhovich D.G. Processes organization for creating competitive products and production services of an industrial enterprise: management problems and solutions. Herald of the Bauman Moscow State Technical University, Series Mechanical Engineering, 2021, no. 1, pp. 156–165.
- [3] Shvaiko B.A., Knekov G.A., Bolgar V.V. Osnovnye problemy retsiklinga i vosstanovleniya tekhnicheskogo resursa mashinostroitel'noi produksii [The main problems of recycling and restoration of the technical resource of machine-building products]. Nauka i biznes: puti razvitiya [Science and business: ways of development], 2021, no. 5, pp. 76–78. (In Russ.).
- [4] Tapskott D., Tapskott A. Tekhnologiya blokchein: to, chto dvizhet finansovoi revolyutsiei segodnya [Blockchain technology: what drives the financial revolution today]. Moscow, Eksmo Publ., 2017, 270 p. (In Russ.).
- [5] Petrunin Yu.Yu., Ryazanov M.A., Savel'ev A.V. Filosofiya iskusstvennogo intellekta v kontseptsiyakh neironauk [Philosophy of artificial intelligence in the concepts of neuroscience]. Moscow, MAKS Press, 2010, 77 p. (In Russ.).
- [6] Kornev N.V. Printsipy postroeniya sovremennykh tekhnicheskikh sistem s elementami iskusstvennogo intellekta [Principles of construction of modern technical systems with elements of artificial intelligence]. Tekhnika mashinostroeniya [Machinery engineering], 2008, no. 2, pp. 2–7. (In Russ.).
- [7] Na oshibkakh uchatsya: rossiiskie uchenye obuchili iskusstvennyi intellekt predskazyvat nepoladki v tekhnicheskem oborudovanii [They learn from mistakes: Russian scientists have trained artificial intelligence to predict malfunctions in technical equipment]. Available at: <https://m.saint-petersburg.ru/m/science/glavred/387575/> (accessed December 21, 2021). (In Russ.).

УДК 330.4

## **Экономико-математическое моделирование нелинейных закономерностей в инновационной деятельности наукоемкого производства (на примере аэрокосмической отрасли)**

**Шибоденков Владимир Александрович** vshiboldenkov@mail.ru  
**МГТУ им. Н.Э. Баумана**

*Рассмотрены особенности производства инновационной аэрокосмической продукции в современных условиях и макротенденции изменений. Акцент сделан на повышении точности моделей инновационных процессов благодаря учету существенно нелинейных эффектов в экономико-математических моделях. Одной из особенностей предприятий такого рода является ориентация на создание, использование и эксплуатацию прорывных технологических инноваций, которые в результате обеспечивают производство конкурентоспособной инновационной продукции. Однако инновационная деятельность характеризуется высоким уровнем неопределенности результата. Более того, эта неопределенность характерна не только для стадии создания и использования инноваций, но и для стадии эксплуатации. Наличие неопределенности в получении положительных результатов приводит к значительным рискам, возникающим практически на всех этапах жизненного цикла инноваций. Поэтому в рамках формирования стратегии устойчивого развития предприятий высокотехнологичного сектора экономики необходимо предусмотреть возможность учета нелинейных явлений в модели инновационных процессов.*

**Ключевые слова:** сетевая интеграция, синергия, экономико-математическое моделирование, новый космос, реинжиниринг космической деятельности

Аэрокосмическая отрасль связана с научноемким производством, обладающим высоким уровнем технологичности и сложности [1, 2]. Высокотехнологичные отрасли промышленности служат источниками экономического роста. К высокотехнологичным относятся отрасли, в которых используются передовые достижения науки и техники и чьи продукты и услуги регулярно обновляются. В период неблагоприятной глобальной конъюнктуры, когда стране приходится самостоятельно выходить из кризиса, эти отрасли способны осуществить переход от экспортной модели к развитию внутреннего рынка.

Одной из особенностей предприятий такого рода является ориентация на создание, использование и эксплуатацию прорывных технологических инноваций, которые в результате обеспечивают выпуск конкурентоспособных инновационных товаров. Можно выделить множество примеров высокотехнологичной агломерации и конгломеративной интеграции в разных областях, единых в производстве знаний и компетенций [3–7]:

- цифровые финансовые технологии (Сбербанк, Тинькофф);
- вычисление и обработка данных (VK, Mail.ru, Яндекс);
- биотехнологии и медицина (Du Pont, Monsanto);
- электроника и ИКТ (Apple, Samsung, Huawei);
- машиностроение (Toyota, Audi).

Такие же примеры появляются и в аэрокосмической отрасли КНР, Индии, Канады, Израиля, и даже Мексики. Последнее объединение составляют 140 канадских аэрокосмических компаний, интеграторами которых являются ряд ведущих компа-

ний, в том числе Airbus Canada Limited Partnership, Bell, Bombardier, CAE, CMC Esterline, Héroux-Devtek, IMP Aerospace, Mitsubishi Heavy Industries Canada Aerospace, Pratt & Whitney Канада, Safran Landing Systems и Viking Air.

Цель создания сетевой интеграции научноемких организаций, работающих вокруг единой производственной цепочки, называется бизнес-архитектурой экосистемы в силу того, что сетевая интеграция наследует элементы живой системы и самоорганизации.

Сетевая экосистемная интеграция направлена на получение синергии от:

- выполнения исследований и трансфера технологий,
- ускорение коммерциализации продуктов
- развитие человеческого капитала и создание высококвалифицированных рабочих мест.

Глобальные компании инвестируют в аэрокосмическую промышленность мирового класса, потому что такого рода научноемкие организации признаны на международном уровне, ориентированы на экспорт и направлены на инновации. За успехами этих отраслей стоят таланты высококвалифицированной рабочей силы и национальные системы постоянного повышения их конкурентоспособности.

Однако инновационная деятельность характеризуется высоким уровнем неопределенности результата. Более того, эта неопределенность характерна не только для этапа создания и использования инноваций, но и для этапа эксплуатация. Наличие неопределенности в получении положительных результатов приводит к значительным рискам, которые возникают практически на всех этапах жизненного цикла инноваций (. Поэтому в рамках формирования стратегии устойчивого развития предприятий высокотехнологичного сектора экономики необходимо предусмотреть возможность учета в модели инновационных процессов нелинейных явлений.

Особенность экономики, в частности производство инновационной продукции, как открытой системы управления, заключается в наличии значительных нелинейных закономерностей [3–7]:

- нелинейности структуры (анизотропия, разрозненность, существование аномалий, значительное отличие от идеальных эталонов);
- кумулятивные и синергетические эффекты (накопление результата, интерференция эффектов);
- динамическая нелинейность и инерция (продолжительная временная задержка в проявлении эффекта, значимость времени как ресурса, проявление эффекта с запаздыванием).

Данные феномены возможно свести к известным в физико-технических системах понятиям:

- инерция (зона нечувствительности);
- гистерезис (запаздывание);
- трение (сухое трение);
- насыщение.

Внедрение представленной модели позволит существенно скорректировать системообразующие элементы модели инновационной экосистемы и позволит сосредоточиться на доминирующих нелинейных факторах текущего процесса анализа. Также стоит отметить, что непрерывное развитие технологий и постоянный научно-технический прогресс формируют регулярный поток инноваций и целую сеть инновационной ценности (экосистему инноваций), которые, в свою очередь, обязательно влечут за собой радикально новые виды нелинейных эффектов. Это свойство посто-

янства потока изменений требует системы непрерывного динамического анализа существующих, ожидаемых и неизвестных нелинейных эффектов.

## Литература

- [1] Дроговоз П.А., Садовская Т.Г., Чурсин А.А., Шиболденков В.А. Нейросетевой анализ влияния социокультурных факторов на инновационную активность государства // Научные исследования и разработки. Социально-гуманитарные исследования и технологии. 2017. Т. 6, № 2. С. 72–80.
- [2] Дроговоз П.А., Садовская Т.Г., Чурсин А.А., Шиболденков В.А. Применение самоорганизующихся нейросетевых карт для кросс-культурного анализа // Научные исследования и разработки. Современная коммуникативистика. 2017. Т. 6, № 2. С. 8–15.
- [3] Дроговоз П.А., Леус Н.А. Мировые тенденции развития предиктивной аналитики больших данных в промышленной сфере // Экономика и предпринимательство. 2019. № 4. С. 168–176.
- [4] Шиболденков В.А., Подрезов А.С. Разработка модели оценки экономического эффекта от формирования интегративных, сетевых и платформенных отраслевых структур // XLV Академические чтения по космонавтике (Королёвские чтения — 2021): сб. тез.: в 4 т. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021. Т. 2. С. 162–164.
- [5] Сусов Р.В., Беленец Е.Ю., Тихомиров Е.Н. Цифровизация бизнес-процессов в цепях поставок высокотехнологичной продукции // XLV Академические чтения по космонавтике (Королёвские чтения — 2021): сб. тез.: в 4 т. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021. Т. 2. С. 201–203.
- [6] Дроговоз П.А., Дробкова О.С. Подход к применению межотраслевых моделей для управления структурой научно-производственной кооперации в космической отрасли промышленности // XLV Академические чтения по космонавтике (Королёвские чтения — 2021): сб. тез.: в 4 т. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021. Т. 2. С. 129–131.
- [7] Самолдин А.Н. Особенности маркетинга космических услуг // XLV Академические чтения по космонавтике (Королёвские чтения — 2021): сб. тез.: в 4 т. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021. Т. 2. С. 110–112.
- [8] Цибизова Т.Ю., Малахов Н.А. Способы идентификации динамических систем управления // Перспективы науки. 2019. № 12 (123). С. 66–71.

## Nonlinear Patterns Modeling in the Innovation Activity of High-Tech Production (The Aerospace Industry Example)

**Shiboldenkov Vladimir Alexandrovich**

vshiboldenkov@mail.ru

BMSTU

*The features of the production of innovative aerospace products in modern conditions and macro trends of changes are considered. Emphasis is placed on improving the accuracy of models of innovation processes by taking into account significantly nonlinear effects in economic and mathematical models. One of the features of enterprises of this kind is the focus on the creation, use and operation of breakthrough technological innovations, which as a result ensure the production of competitive innovative products. However, innovation activity is characterized by a high level of uncertainty of the result. Moreover, this uncertainty is characteristic not only for the stage of creation and use of innovations, but also for the stage of operation. The presence of uncertainty in obtaining positive results leads to significant risks that arise at almost all stages of the innovation lifecycle. Therefore, as part of the formation of a strategy for the sustainable development of enterprises in the high-tech sector of the economy, it is necessary to provide for the possibility of taking into account nonlinear phenomena in the model of innovative processes.*

**Keywords:** innovation activity, aerospace ecosystem, aerospace integration, economy synergy

## References

- [1] Drogovoz P.A., Sadovskaya T.G., Chursin A.A., Shiboldenkov V.A. Neirosetevoi analiz vliyaniya sotsiokul'turnykh faktorov na innovatsionnyu aktivnost' gosudarstva [Neural network analysis of the influence of socio-cultural factors on the innovative activity of the state]. Nauchnye issledovaniya i razrabotki. Sotsial'-no-gumanitarnye issledovaniya i tekhnologii [Scientific research and development. Socio-humanitarian research and technology], 2017, vol. 6, no. 2, pp. 72–80. (In Russ.).
- [2] Drogovoz P.A., Sadovskaya T.G., CHursin A.A., SHiboldenkov V.A. Primenenie samoorganizuyushchihsya nejrosetevyh kart dlya kross-kul'turnogo analiza [Application of self-organizing neural network maps for cross-cultural analysis]. Nauchnye issledovaniya i razrabotki. Sovremennaya kommunikativistika [Scientific research and development. Modern communication studies], 2017, vol. 6, no. 2, pp. 8–15. (In Russ.).
- [3] Drogovoz P.A., Leus N.A. Mirovye tendentsii razvitiya prediktivnoi analitiki bol'sikh dannykh v promyshlennosti sfere [Global trends in the development of predictive analytics of big data in the industrial sphere]. Ekonomika i predprinimatel'stvo [Economics and Entrepreneurship], 2019, no. 4, pp. 168–176. (In Russ.).
- [4] Shiboldenkov V.A., Podrezov A.S. Razrabortka modeli otsenki ekonomiceskogo effekta ot formirovaniya integrativnykh, setevykh i platformennykh otrazhlyakh struktur [Development of a model for assessing the economic effect of the formation of integrative, network and platform industry structures]. XLV Akademicheskie chteniya po kosmonavtike (Korolevskie chteniya — 2021) [XLV Academic Readings on cosmonautics (Korolev Readings — 2021)]: collection of abstracts: in 4 vols. Moscow, BMSTU Press, 2021, vol. 2, pp. 162–164. (In Russ.).
- [5] Susov R.V., Belenets E.Yu., Tikhomirov E.N. Tsifrovizatsiya biznes-protsessov v tsepyakh postavok vysokotekhnologicheskoi produktii [Digitalization of business processes in the supply chains of high-tech products]. XLV Akademicheskie chteniya po kosmonavtike (Korolevskie chteniya — 2021) [XLV Academic Readings on cosmonautics (Korolev Readings — 2021)]: collection of abstracts: in 4 vols. Moscow, BMSTU Press, 2021, vol. 2, pp. 201–203. (In Russ.).
- [6] Drogovoz P.A., Drobkova O.S. Podkhod k primeneniyu mezhotraslevykh modelei dlya upravleniya strukturoi nauchno-proizvodstvennoi kooperatsii v kosmicheskoi otrassli promyshlennosti [An approach to the application of intersectoral models for managing the structure of scientific and industrial cooperation in the space industry]. XLV Akademicheskie chteniya po kosmonavtike (Korolevskie chteniya — 2021) [XLV Academic Readings on cosmonautics (Korolev Readings — 2021)]: collection of abstracts: in 4 vols. Moscow, BMSTU Press, 2021, vol. 2, pp. 129–131. (In Russ.).
- [7] Samoldin A.N. Osobennosti marketinga kosmicheskikh uslug [Features of space services marketing]. XLV Akademicheskie chteniya po kosmonavtike (Korolevskie chteniya — 2021) [XLV Academic Readings on cosmonautics (Korolev Readings — 2021)]: collection of abstracts: in 4 vols. Moscow, BMSTU Press, 2020, vol. 2, pp. 110–112. (In Russ.).
- [8] Tsibizova T.Yu., Malakhov N.A. Sposoby identifikatsii dinamicheskikh sistem upravleniya [Methods of identification of dynamic control systems]. Perspektivy nauki [Prospects of science], 2019, no. 12 (123), pp. 66–71. (In Russ.).

---

УДК 629.78

## Научно-аналитическое исследование эффективности использования сквозных цифровых технологий в космической отрасли

**Шипкова Ангелина Дмитриевна**

angelina1602@mail.ru

**МГТУ им. Н.Э. Баумана**

**Шиболденков Владимир Александрович**

vshiboldenkov@mail.ru

**МГТУ им. Н.Э. Баумана**

Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения эффективности деятельности предприятий Российской Федерации. Выполнен обзор современных цифровых технологий и кейсов применения в наукоемком производстве. Результаты обзора показали, что внедрение цифровых технологий в деятельность наукоемких предприятий способно не только повысить качество, но и снизить время на выполнение некоторых задач, уменьшить издержки и т. п.

**Ключевые слова:** цифровые технологии, наукоемкое производство, новые производственные технологии, космическая отрасль

Термин «цифровизация» закреплен в глоссарии стратегии цифровой трансформации ракетно-космической промышленности, которая была принята в 2019 году с перспективой до 2030 года. Цифровизация — это экономически обоснованное применение цифровых технологий, приводящее к повышению эффективности бизнеса за счет перехода к новым моделям деятельности, каналам коммуникаций, продуктам, производственным процессам, корпоративной культуре, базирующихся на принципиально новых подходах к управлению данными.

Цифровая трансформация — это главное направление технологического развития промышленности. Современное промышленное производство использует цифровые и компьютерные технологии во всех аспектах своей работы. Практически все процессы, от непосредственного контроля и управления технологическим процессом до бизнес-планирования и документооборота, осуществляются в настоящее время с применением цифровых данных и цифровой инфраструктуры [1].

В рамках Национальной технологической инициативы (НТИ) сквозные технологии были определены как ключевые научно-технические направления, которые оказывают наиболее существенное влияние на развитие рынков. По сути же, к сквозным относятся те технологии, которые одновременно охватывают несколько трендов или отраслей [2].

Наиболее востребованными оказались технологии унифицированных коммуникаций, распределенного проектирования, имитационного моделирования и информационной безопасности. Также активно развивается искусственный интеллект, беспилотные технологии, 3D-печать и прочие сквозные цифровые технологии нового технологического уклада. Структуры ГК «Роскосмос» разрабатывают проекты, направленные на коммерциализацию и обработку данных космической деятельности. В обработке этих результатов активно участвуют искусственный интеллект и глубокое машинное обучение. Основные тренды современного мирового коммуникационного рынка базируются на новых технологиях, которые сейчас активно внедряются по всему миру.

Согласно федеральному проекту «Цифровые технологии», существует 7 сквозных цифровых технологических пакетов:

- нейротехнологии и искусственный интеллект;
- компоненты робототехники и сенсорики;
- системы распределенного реестра;
- технологии беспроводной связи;
- новые производственные технологии;
- квантовые технологии;
- технологии виртуальной и дополненной реальности [3].

Самостоятельными технологиями, не входящими ни в один из пакетов, стали — большие данные и промышленный интернет.

- *Пакет «Нейротехнологии и искусственный интеллект»*

Искусственный интеллект (ИИ) — комплекс технологических решений, имитирующий когнитивные функции человека (включая самообучение и поиск решений без заранее заданного алгоритма) и позволяющий при выполнении задач достигать результаты, как минимум сопоставимые с результатами интеллектуальной деятельности человека. Комплекс технологических решений включает информационно-коммуникационную инфраструктуру, программное обеспечение, в котором в том числе используются методы машинного обучения, процессы и сервисы по обработке данных и выработке решений.

Нейротехнологии — технологии, которые используют или помогают понять работу мозга, мыслительные процессы, высшую нервную деятельность, в том числе технологии по усилению, улучшению работы мозга и психической деятельности.

- *Пакет «Компоненты робототехники и сенсорики»*

Технология «Компоненты робототехники и сенсорика» охватывает направления разработки автоматизированных технических систем и методов управления ими, разработки сенсорных систем и методов обработки сенсорной информации, взаимодействия технических систем между собой и с человеком. Робототехника и сенсорика основываются на методах механики, электроники, мехатроники и других науках. Работы предназначены для замены человека при выполнении рутинных, грязных, опасных работ, а также там, где требуется высокая точность и повторяемость.

Основой взаимодействия с людьми являются человеко-машинные интерфейсы, современные виды которых включают не только традиционное представление визуальной информации и привычные органы управления, но и перспективные интерфейсы на основе анализа электрической активности мозга и мышц, с обратными силомоментными связями. Современная сенсорика, в свою очередь, является комплексной цифровой технологией, включающей в себя не только методы измерения физических величин, но и методы обработки сенсорной информации.

- *Пакет «Системы распределенного реестра»*

Технология распределенного реестра является инфраструктурной, так как обеспечивает функционирование базисного слоя хранения и обмена данными, что применимо в операционных процессах любой другой «сквозной» цифровой технологии. В отличие от распределенных баз данных каждый участник системы распределенного реестра хранит всю историю изменений и валидирует добавление любых изменений в систему с помощью алгоритма консенсуса, который математически гарантирует невозможность подделки данных при определенной доле достоверных нод. Однако ни один участник не может изменить данные в системе таким образом, что другие участники не узнают об этом. Благодаря этому данные, которые находятся

внутри системы распределенного реестра, становятся доверенными, а все изменения — прозрачными.

- **Пакет «Технологии беспроводной связи»**

Технологии беспроводной связи — подкласс информационных технологий, служат для передачи информации между двумя и более точками на расстоянии, не требуя проводной связи. В качестве носителя информации в таких сетях выступают радиоволны различных диапазонов, инфракрасное, оптическое или лазерное излучение. Так, субтехнологиями беспроводной связи являются сети связи, на основе которых выстраивается беспроводная связь.

- **Пакет «Новые производственные технологии»**

Новые производственные технологии — совокупность новых, с высоким потенциалом, демонстрирующих де-факто стремительное развитие, но имеющих пока по сравнению с традиционными технологиями относительно небольшое распространение, новых подходов, материалов, методов и процессов, которые используются для проектирования и производства глобально конкурентоспособных и востребованных на мировом рынке продуктов или изделий (машин, конструкций, агрегатов, приборов, установок и т. д.). В сравнении с традиционными подходами, разработка изделий и продукции на основе технологии «цифрового двойника» может обеспечивать снижение временных, финансовых и иных ресурсных затрат до 10 раз и более.

- **Пакет «Квантовые технологии»**

Квантовые вычисления — новый класс вычислительных устройств, использующий для решения задач принципы квантовой механики. Прогнозируется, что в целом ряде задач квантовый компьютер будет способен дать многократное ускорение по сравнению с существующими суперкомпьютерными технологиями. Примерами являются сферы кибербезопасности, искусственного интеллекта и создание новых материалов.

Квантовые коммуникации — технология криптографической защиты информации, использующая для передачи ключей индивидуальные квантовые частицы.

Квантовые сенсоры и метрология — совокупность высокоточных измерительных приборов, основанных на квантовых эффектах.

- **Пакет «Технологии виртуальной и дополненной реальности»**

Технология виртуальной реальности (virtual reality, VR) — это комплексная технология, позволяющая погрузить человека в иммерсивный виртуальный мир при использовании специализированных устройств (шлемов виртуальной реальности). Виртуальная реальность обеспечивает полное погружение в компьютерную среду, окружающую пользователя и реагирующую на его действия естественным образом. Виртуальная реальность конструирует новый искусственный мир, передаваемый человеку через его ощущения: зрение, слух, осязание и другие. Человек может взаимодействовать с трехмерной, компьютеризированной средой, а также манипулировать объектами или выполнять конкретные задачи. В своей простейшей форме виртуальная реальность включает 360-градусные изображения или видео. Достижение эффекта полного погружения в виртуальную реальность до уровня, когда пользователь не может отличить визуализацию от реальной обстановки, является задачей развития технологии.

Технология дополненной реальности (augmented reality, AR) — технология, позволяющая интегрировать информацию с объектами реального мира в форме текста, компьютерной графики, аудио и иных представлений в режиме реального времени. Информация предоставляется пользователю с использованием heads-up display (ин-

дикатор на лобовом стекле), очков или шлемов дополненной реальности (HMD) или иной формы проецирования графики для человека (например, смартфон или проекционный видеомэпинг). Технология дополненной реальности позволяет расширить пользовательское взаимодействие с окружающей средой.

- **Пакет «Большие данные»**

Большие данные представляют собой массивы информации, характеризующиеся колоссальными объемами, стремительно растущей скоростью накопления, разнообразием их формата представления как в виде структурированной, так и неструктурированной информации. Big Data также включают в себя комплекс инновационных методов и способов хранения и обработки информации с целью автоматизации, оптимизации бизнес-процессов, обеспечения принятия наиболее эффективных решений на основе накопленной информации.

- **Пакет «Промышленный интернет»**

Индустриальный интернет (индустриальный интернет вещей, промышленный интернет, интернет вещей, Industrial Internet of Things, IIoT) — концепция построения инфокоммуникационных инфраструктур, которая подразумевает подключение к интернету любых небытовых устройств, оборудования, датчиков, сенсоров, автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП), а также интеграцию данных элементов между собой, что приводит к формированию новых бизнес-моделей при создании товаров и услуг, а также их доставке потребителям.

7 ноября 2019 года стало известно, что Минкомсвязи опубликовало финальный вариант дорожной карты «Технологии беспроводной связи». Документ был подготовлен «дочкой» госкорпорации «Ростех» «Национальным центром информатизации» (НЦИ) в рамках мероприятий федерального проекта «Цифровые технологии» национальной программы «Цифровая экономика России».

В настоящее время мировыми лидерами в стриминге являются Twitch, принадлежащий Amazon, YouTube и Facebook. Конкуренция в сегменте довольно большая, поэтому многие операторы предпочитают не создавать собственный продукт, а сотрудничать с крупными игроками рынка. Такой тактики придерживается и российский МегаФон.

На данный момент 5G только начинает свое проникновение в жизнь пользователей. В сентябре 2020 года коммерческое использование инфраструктуры начали 103 оператора в 46 странах, десятки других игроков объявили о подобных планах [4].

Сама по себе мобильная связь не уходит окончательно на второй план и не прекращает эволюционировать. В этой области также есть изменения, в частности, все большую популярность получают виртуальные операторы (Mobile Virtual Network Operator, MVNO) — поставщики услуг, не имеющие собственной наземной инфраструктуры и арендующие сотовые вышки. Первое место по количеству MVNO занимает Германия: в этой стране около 135 виртуальных операторов. На Европейский регион приходится 64,5 % всех абонентов виртуальных операторов в мире. Это направление также развито в Китае и США. Россия в этом плане немного отстает от лидеров — на данный момент доля рынка виртуальных операторов по количеству абонентов составляет около 4 %. Одна из причин в том, что на нашем рынке крупнейшие операторы создают существенную ценовую конкуренцию и при этом предлагают клиентам обширный набор услуг, связанных не только с традиционным телекомом. Тем не менее тренд на MVNO развивается и в России, зачастую благодаря крупным бизнесам, которые создают операторов, усиливая за счет этого свою экосистему [5].

В настоящее время российский рынок телекоммуникаций — один из наиболее передовых, и даже с учётом препятствий для коммерческого запуска 5G, операторы активно развиваются услуги на базе новейших технологий. МТС, Билайн и Мегафон в своих стратегиях декларируют намерения формировать экосистемы, внутри которых будут предоставляться сервисы на основе IoT, облаков и больших данных [6].

Впрочем, эти экосистемы уже формируются: Мегафон и МТС имеют собственные финансовые продукты, все операторы большой четвёрки предлагают бизнес-решения в сфере межмашинного взаимодействия (Machine to Machine, M2M) и Big Data.

Частная инновационная компания «Спутникс» в рамках проекта «Пульсар» планирует развернуть на низкой околоземной орбите группировку из 200 спутников. Их возможности будут использовать для Интернета вещей. Если проект окажется успешным, то российская компания намерена увеличить численность космических аппаратов до 600. Специалисты «Спутникса» прогнозируют, что к 2025 году через их спутники к Интернету вещей удастся подключить до 500 млн терминалов, находящихся на Земле. Цель этого проекта — создать глобальную информационную инфраструктуру, которая обеспечит стремительный рост услуг и сервисов на основе IoT-технологий [7].

Канадский стартап Helios Wire, который работает в сфере IoT, реализует проект по созданию на орбите группировки спутников. Эти аппараты должны помочь клиентам компаний связываться с миллионами устройств на Земле. Helios Wire производит датчики и небольшие концентраторы. Это оборудование используют для сбора данных от нескольких датчиков, контролирующих такие показатели, как температура, расположение и другие переменные. Если прикрепить такое изобретение к какому-либо предмету, оно начнет передавать в космос информацию, полученную благодаря Интернету вещей [8].

Комплекс отраслевых информационных сервисов «Цифровая Земля — Сервисы» разработан РКС и его дочерней компанией ТЕРРА ТЕХ по заказу Госкорпорации «Роскосмос» в ходе выполнения национальной программы «Цифровая экономика РФ». Цель проекта — обеспечение заказчиков государственных и региональных структур готовыми аналитическими продуктами и отчетами на основе данных космической съемки. В ходе работы секции «Использование РКД в интересах модернизации экономики РФ. Нормативно-правовая база в интересах повышения эффективности использования РКД» своим опытом применения ДЗЗ-геотехнологий также поделились и представители региональных органов исполнительной власти, которые подтвердили практическую ценность и высокий потенциал комплекса. Регулярно поступающие запросы субъектов РФ на подключение к «Цифровой Земле» сигнализируют о необходимости скорейшего ввода системы в эксплуатацию и дальнейшего расширения функционала комплекса геосервисов.

Благодаря проекту космические снимки всей территории России становятся общедоступными, появляются инновационные цифровые сервисы обработки данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Часть программных модулей «Цифровой Земли» уже сегодня работает в экспериментальном режиме. В их числе и специализированные отраслевые информационно-аналитические сервисы, которые апробированы в 8 регионах России. Всего на сегодняшний день в системе «Цифровая Земля — Сервисы» доступно 28 типовых стандартизованных продуктов по 7 ключевым направлениям: лесное и сельское хозяйство, недропользование, землепользование, строительство, экология и чрезвычайные ситуации. Вводить в эксплуатацию инфра-

структурой «Цифровой Земли» будут поэтапно в течение ближайших нескольких лет. Со временем проект объединит все создаваемые отдельно системы и комплексы.

Новые информационно-аналитические системы «Роскосмоса» радикально отличаются от всего, что делалось ранее. Традиционно оператор космических систем ДЗЗ поставлял государству и коммерческим компаниям космические снимки, картографические продукты и другие подобные материалы. Но все эти данные обрабатывались в значительной степени вручную. Хотя с годами автоматизация росла, принципиально подход не изменялся. Среди потребителей данных ДЗЗ во всем мире спрос на цифровизацию и облачные решения вырос, и система поставки космической информации нуждалась в модернизации. Сегодня в геосервисах «Цифровой Земли» происходит автоматическое преобразование информации с космических аппаратов в аналитический отчет о состоянии и развитии объектов, территорий и природных ресурсов. Он удобен и понятен для представителей профильных министерств и ведомств, коммерческих предприятий. В результате время получения нужной аналитики сократилось в несколько раз. При этом качество данных улучшилось. В платформе виртуальной реальности *Atlas VR* по космическим снимкам с фотографической точностью воссоздана наша планета Земля. Этот продукт имеет большой потенциал в части планирования и моделирования, обучения и развлечений. В будущем платформа виртуальной реальности должна стать облачной.

Огромное снижение стоимости пусков и позитивные перспективы в этом отношении также приближают мечту о космическом туризме. Когда-то космос был недоступен эксклюзивно для астронавтов, космонавтов и тайконавтов, которые прошли тщательную подготовку; теперь появляются компании, которые готовы предложить своим состоятельным клиентам уникальный опыт, который бывает лишь раз в жизни. Некоторые из них уже активно работают над созданием необходимой инфраструктуры для достижения цели. Среди них есть как крупные игроки, так и стартапы, такие как *Inspiration 4*, *Axiom Space* и многие другие.

Недавние успешные пуски частных астронавтов и актеров кино для съемок фильма в космосе — наглядные примеры того, что космический туризм станет обычным явлением, это лишь вопрос времени. Тогда демократизация пространства станет фактом — хотя термин «демократизация», вероятно, неверно отражает тех, кто сможет использовать эту возможность. Возникает необходимость еще больше снижать затраты и риски; общество не согласится с тем, что гражданские космические туристы будут подвергаться такому же уровню риска, что и астронавты сегодня. Одновременное оптимальное сочетание этих двух, казалось бы, противоречивых требований, затрат и рисков, будет иметь решающее значение для успеха компаний в сегменте. Но технологии уже доступны, и космическая экономика к этому готовится.

Согласно федеральному проекту «Цифровые технологии», существует 7 сквозных цифровых технологических пакетов. Каждый пакет технологий в той или иной области уже применяется или находится на стадии внедрения.

Важно отметить, что все технологии, на развитие которых сегодня делают ставки крупнейшие операторы, зачастую неразрывно связаны друг с другом. Прежде всего это облачные технологии, большие данные (*Big Data*), интернет вещей (*Internet of Things*, *IoT*), машинное обучение (*Machine Learning*), искусственный интеллект (*Artificial Intelligence*, *AI*). С их помощью игроки рынка создают, в частности, сервисы умного дома и их тарификацию, умных голосовых помощников, новые *B2B*-услуги, игровые платформы, более совершенные алгоритмы таргетирования.

Таким образом, видно, что в целом развитие российского телеком-рынка соответствует мировым трендам, и порой отечественные операторы создают передовые решения. Отечественные компании меняют бизнес-модели, осваивая новые для себя отрасли, создают виртуальных операторов связи и внедряют услуги на основе современных технологий, в особенности финансовые и развлекательные.

## Литература

- [1] Дроговоз П.А., Юсуфова О.М., Коренькова Д.А. Цифровая трансформация производственных систем: обзор основных направлений и факторов развития // X Чарновские чтения (Москва, 4–5 дек. 2020 г.): сб. трудов всеросс. науч. конференции по организации производства. М.: НОЦ «Контроллинг и управление инновации», 2021. С. 61–68.
- [2] Программа «Национальная технологическая инициатива» // Официальный сайт программы НТИ. URL: <https://nti2035.ru/nti/> (дата обращения 15.12.2021).
- [3] Шиболденков В.А. Цифровая трансформация проектной деятельности в научемкой организации космической отрасли // Аэрокосмические технологии (Реутов, 28 мая 2019 г.): сб. матер. междунар. молодеж. науч.-техн. конференции, посв. 105-летию со дня рождения академика В.Н. Челомея. М.: ВПК «НПО машиностроения»; МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019. С. 135–136.
- [4] Gorlacheva E.N., Omelchenko I.N., Drogovoz P.A., Yusufova O.M., Shiholdenkov V.A. Impact of socio-cultural factors onto the national technology development // Digital Transformation and Global Society (DTGS 2019). Communications in Computer and Information Science 1038 (Springer, Cham, 2019). Pp. 313–326. DOI: 10.1007/978-3-030-37858-5\_26
- [5] Виртуальные операторы // Официальный сайт АНО «Радиочастотный спектр». URL: <https://rspecctr.com/articles/639/prityanet-li-magniton-abonentov> (дата обращения 15.12.2021).
- [6] Российский рынок телекоммуникаций // Официальный сайт портала «Ведомости». URL: <https://www.vedomosti.ru/finance/articles/2019/07/19/806827-mobilnie-operatori-pitayutsya-stat-finansovimi-supermarketami> (дата обращения 15.12.2021).
- [7] Орбитальная группировка IoT // Официальный сайт портала «Известия». URL: <https://iz.ru/news/680729> (дата обращения 15.12.2021).
- [8] Проект орбитальной группировки Helios Wire // Официальный сайт портала Mediasat. URL: <https://mediasat.info/2017/08/31/helios-wire-iot-satellite/> (дата обращения 15.12.2021).

## Scientific and Analytical Research Efficiency of Use End-to-End Digital Technologies in the Space Industry

**Shipkova Angelina Dmitrievna**

angelina1602@mail.ru

*BMSTU*

**Shiholdenkov Vladimir Alexandrovich**

vshiholdenkov@mail.ru

*BMSTU*

*The relevance of the study is due to the need to improve the efficiency of the enterprises of the Russian Federation. In this paper, an overview of modern digital technologies and cases of application in high-tech production is carried out. The results of the review showed that the introduction of digital technologies into the activities of knowledge-intensive enterprises can not only improve quality, but also reduce the time to complete some tasks, costs, etc.*

**Keywords:** digital technologies, high-tech production, new production technologies, space industry

## References

- [1] Drogovoz P.A., Yusufova O.M., Koren'kova D.A. Tsifrovaya transformatsiya proizvodstvennykh sistem: obzor osnovnykh napravlenii i faktorov razvitiya [Digital transformation of production systems: an overview of the main directions and factors of development]. X Charnovskie chteniya [X Charnov Readings] (Moscow, December 4–5, 2020): proceedings of the All-Russian Scientific Conference on production organization. Moscow, NOTs "Kontrolling i upravlencheskie innovatsii", 2021, pp. 61–68. (In Russ.).
- [2] Programma "Natsional'naya tekhnologicheskaya initsiativa" [The program "National Technological Initiative"]. Ofitsial'noi sait programmy NTI [Official website of the NTI program]. Available at: <https://nti2035.ru/nti/> (accessed December 15, 2021). (In Russ.).
- [3] Shiboldenkov V.A. Tsifrovaya transformatsiya proektnoi deyatel'nosti v naukoemkoi organizatsii kosmicheskoi otrassli [Digital transformation of project activity in a high-tech organization of the space industry]. Aerokosmicheskie tekhnologii [Aerospace Technologies] (Reutov, May 28, 2019): collection of materials. international. youth. sci.-tech. conferences dedicated to the 105th anniversary of the birth of Academician V.N. Chelomey. Moscow, VPK "NPO mashinostroeniya"; BMSTU, 2019, pp. 135–136. (In Russ.).
- [4] Gorlacheva E.N., Omelchenko I.N., Drogovoz P.A., Yusufova O.M., Shiboldenkov V.A. Impact of socio-cultural factors onto the national technology development. Digital Transformation and Global Society (DTGS 2019). Communications in Computer and Information Science 1038 (Springer, Cham, 2019), pp. 313–326. DOI: 10.1007/978-3-030-37858-5\_26 (In Russ.).
- [5] Virtual'nye operatory [Virtual operators]. Ofitsial'nyi sait ANO "Radiochastotnyi spektr" [The official website of ANO "Radio Frequency spectrum"]. Available at: <https://rspectr.com/articles/639/prityanet-li-magniton-abonentov> (accessed December 15, 2021). (In Russ.).
- [6] Rossiiskii rynok telekommunikatsii [The Russian telecommunications market]. Ofitsial'nyi sait portala "Vedomosti" [Official website of the Vedomosti portal]. Available at: <https://www.vedomosti.ru/finance/articles/2019/07/19/806827-mobilnie-operatori-pitayutsya-stat-finansovimi-supermarketami> (accessed December 15, 2021). (In Russ.).
- [7] Orbital'naya gruppировка IoT [IoT Orbital Grouping]. Ofitsial'nyi sait portala "Izvestiya" [Official website of the Izvestia portal]. Available at: <https://iz.ru/news/680729> (accessed December 15, 2021). (In Russ.).
- [8] Proekt orbital'noi gruppировки Helios Wire [Helios Wire Orbital Grouping Project]. Ofitsial'nyi sait portala Mediasat [Official website of Mediasat portal]. Available at: <https://mediasat.info/2017/08/31/helios-wire-iot-satellite/> (accessed December 15, 2021). (In Russ.).

УДК 338.242.2

## Особенности проектно-ориентированного стратегического планирования высокотехнологичных наукоемких корпораций

**Шолох Людмила Сергеевна**

sholokhls@gmail.com

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

*Рассмотрены особенности стратегического планирования проектно-ориентированных предприятий высокотехнологичного сектора экономики. Даны определения высокотехнологичных и проектно-ориентированных предприятий. Представлены современные подходы к стратегическому планированию на предприятиях высокотехнологичных наукоемких отраслей. Приведены основные факторы разработки стратегий в специфике проектно-ориентированных предприятий, обеспечивающие использование инновацион-*

*ного потенциала и активизацию инновационной деятельности. Сформулированы основные задачи организации системы стратегического планирования.*

**Ключевые слова:** высокотехнологичное предприятие, уровень наукоемкости, проектно-ориентированная организация, стратегическое планирование

В современной экономической науке высокотехнологичные предприятия можно определить как коммерческие организации, создающие уникальные товары и услуги, которым необходимо в силу исключительности своей продукции создавать новые, не имеющие аналогов субрынки в сформировавшихся ранее отраслях экономики.

При этом уровень наукоемкости предприятия должен составлять более 3,5 %, а инновационная технология соответствовать требованиям потребителей. Уровень наукоемкости продукции зачастую определяется как доля расходов компании на исследования, для получения знания в области технологии в целях стимулирования инновации в области фундаментальных и прикладных исследований, отнесенная к результатам производства.

Помимо прочего, предприятия высокотехнологичных наукоемких отраслей выполняют важную роль — научно-технической и технологической базы, по ряду важнейших и перспективных направлений развития экономики государства, выступая в роли катализатора инноваций. Для формирования устойчивого положения в конкурентной борьбе, предприятиям высокотехнологичных наукоемких отраслей необходимо включиться в процесс интенсивного развития. Суть этого процесса в широком использовании инновационного потенциала, активизации инновационной деятельности, а также выделении и усилении доминанты конкурентных преимуществ. Именно предприятия, для которых характерен процесс интенсивного развития, обладают способностью создавать и воспринимать новшества [1].

Проектно-ориентированная организация формируется в результате роста доли в системе функционирования деятельности, направленной на разработку и реализацию проектов. Неопределенность задачи проектно-ориентированной организации — это относительный объем информации, которая необходима для обеспечения эффективной разработки заранее намеченных проектов. Чем больше степень неопределенности, тем больше решений необходимо принимать и тем больший объем информации необходимо обработать. Теоретически организации имеют ограниченные способности для обработки информации и используют различные методы, чтобы справиться с неопределенностью задач. Поэтому изменение этих методов влияет на способность организаций обрабатывать информацию и принимать решения относительно непредвиденных ситуаций [2].

Динамика экономических изменений в России в новых условиях хозяйствования экономики требует усовершенствования методик планирования, контроля, управления технико-экономическими системами и крупномасштабными научно-техническими программами. Развитие современных наукоемких отраслей требует оптимальных долгосрочных прогнозов и управленических решений [3]. Основными задачами менеджмента высокотехнологичных наукоемких корпораций в последнее время становятся проблемы организации эффективной системы стратегического планирования деятельности корпорации в целом и каждого предприятия в частности.

Сегодня стратегическое планирование — сложный процесс, охватывающий все уровни иерархии организаций, все бизнес-процессы, которые в ней осуществляются, все подразделения, планы и проекты. Все они рассматриваются в совокупности и каждый из них — в отдельности. Сложность задач по организации этого процесса,

анализу результатов деятельности компании, формулированию целей и задач, разработке плана их реализации, его адаптации к меняющимся внешним условиям определяет серьезные требования к стратегическому планированию [4].

Необходимость определения конкретных направлений, целей и задач развития корпорации на среднесрочный период с разработкой соответствующей стратегии обусловлена следующими факторами:

- формирование и закрепление системы стратегического планирования на корпоративном уровне, определяющей необходимость конкретизации подходов к развитию отдельных предприятий на определенный период (обеспечение согласованности по конечным целям и способам их реализации разноуровневых документов по планированию развития экономики);

- необходимость динамичного наращивания научно-технического и производственно-технологического потенциала предприятий Корпорации в условиях сохранения определенных ограничений в финансово-ресурсном обеспечении этого наращивания;

- последовательная децентрализация управления предприятиями Корпорации и, как следствие, повышение ответственности руководства последних за определение и реализацию направлений развития, согласующихся с едиными принципами корпоративного стратегического планирования.

К основным задачам системы стратегического планирования высокотехнологичного научноемкого сектора экономики можно отнести:

- обеспечение согласованности направлений и конечных целей развития предприятия с установками, определенными стратегией развития соответствующей интегрированной структуры;

- формирование программных основ для ежегодного планирования мероприятий, направленных на развитие предприятия;

- определение условий для рационального распределения и использования материальных, трудовых, технологических, а также получаемых в виде чистой прибыли предприятия финансовых ресурсов;

- подготовка основы для координации деятельности руководящего состава и различных структурных подразделений предприятия, осуществляющей в интересах развития последнего;

- получение определенности в понимании возможностей предприятия через 5–7 лет для планирования и организации взаимодействия с другими предприятиями отечественной и зарубежной промышленности, заказчиками продукции и поставщиками кадров;

- создание условий для повышения эффективности управления предприятием: переход от реактивной формы управления (принятие управленческих решений как реакции на текущие проблемы) к управлению на основе анализа и прогнозов;

- формирование возможности для корпоративного управления более объективно оценивать эффективность организаторской деятельности руководящего состава предприятия через контроль способности обеспечить выполнение задач и показателей принятой стратегии развития.

В качестве основных показателей, значение которых устанавливается в качестве промежуточного и конечного результатов реализации принятой стратегии в системе стратегического планирования, могут быть использованы следующие:

- количество видов производимой продукции;
- годовой объем продукции (в денежном выражении);

- ежегодный прирост объема продукции;
- объем чистой прибыли;
- доля продажи новых видов продукции (не старше 3-х лет) в общем объеме продаж;
- объем финансирования НИОКР за счет собственных средств;
- количество освоенных передовых производственных и управленческих технологий;
- показатели роста качества продукции;
- темпы обновления основного оборудования и повышения эффективности имеющихся производственных мощностей;
- показатели отличительной компетентности предприятия, определяющие передовое положение в конкурентной среде;
- размер среднемесячной заработной платы и темпы его прироста;
- средний возраст работников и доля работников в возрасте до 30 лет;
- текучесть кадров и, в том числе, работников в возрасте до 30 лет;
- показатели закрепления молодых специалистов в научно-исследовательских и проектно-конструкторских подразделениях (рост числа специалистов в возрасте до 30 лет, работающих в подразделении не менее 5 лет);
- рост числа рабочих мест, оборудованных на современном уровне;
- показатели работы руководящего состава предприятия по повышению уровня профессиональной подготовки работников и совершенствованию механизма защиты их социальных интересов.

Представленные методические основы разработки системы корпоративного стратегического планирования содержат только общий контур организации этой работы. Эти основы должны быть дополнены серьезной аналитической работой менеджмента Корпорации, его стремлением наиболее правильно определить условия предстоящего развития и, самое главное, координацией задействования всех ресурсов в интересах достижения основной стратегической цели — набор производственно-технологической готовности предприятия к обеспечению устойчивого положения на рынке.

## Литература

- [1] Шолох Л.С. Особенности бюджетирования на проектно-ориентированных предприятиях высокотехнологичных наукоемких областей // Наука Промышленность Оборона: тр. XXII Всероссийской научно-технической конференции. В 4 т. Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2021. С. 75–80.
- [2] Даренков М.Ю. Формирование проектно-ориентированных организаций в условиях России // Вестник Поволжской академии государственной службы. 2009. № 1 (18). С. 165–170.
- [3] Гришан В.А. Организационное обеспечение проектной деятельности международной компании в наукоемких отраслях // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2018. Т. 3. № 4 (14). С. 457–458.
- [4] Магданов П.В. Система стратегического планирования в корпорации // Вестник Пермского университета. Серия: Экономик. 2014. № 1 (20). С. 77–89.

## **Features of Design and Oriented Strategic Planning of High-tech Corporations**

**Sholokh Liudmila Sergeevna** sholokhls@gmail.com  
*Moscow Aviation Institute (National Research University)*

*This publication is devoted to the peculiarities of strategic planning of design and oriented enterprises of the high-tech sector of the economy. Dame definitions of high-tech and design and oriented enterprises. Modern approaches to strategic planning at the enterprises of high-tech high-tech industries are considered. The main factors for developing strategies in the specifics of design and oriented enterprises, ensuring the use of innovative potential and intensifying innovation activities. Formulated the main tasks of the organization of the strategic planning system.*

**Keywords:** high-tech enterprise, level of knowledge, design and oriented organization, strategic planning

### **References**

- [1] Sholokh L.S. Osobennosti byudzhetirovaniya na proyektno-orientirovannykh predpriyatiyakh vysokotekhnologichnykh naukoyemkikh oblastey [Features of budgeting at project-oriented enterprises of high-tech high-tech areas]. Nauka Promyshlennost' Oborona: tr. XXII Vserossiyskoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii [Science Industry Defense: tr. XXII All-Russian Scientific and Technical Conference]. 4 vol. Novosibirsk, Novosibirskiy gosudarstvennyy tekhnicheskiy universitet Publ., 2021, pp. 75–80. (In Russ.).
- [2] Darenkov M.Yu. Formirovaniye proyektno-orientirovannykh organizatsiy v usloviyakh Rossii [Shaping of project-oriented organizations in Russian conditions]. Vestnik Povolzhskoy akademii gosudarstvennoy sluzhby [The Bulletin of the Volga Region Institute of Administration], 2009, no. 1 (18), pp. 165–170. (In Russ.).
- [3] Grishan V.A. Organizatsionnoye obespecheniye proyektovoy deyatel'nosti mezhdunarodnoy kompanii v naukoyemkikh otrazlyakh [Organizational support of project activities of international companies in technology-intensive industries]. Aktual'nyye problemy aviatiki i kosmonavtiki [Actual problems of aviation and cosmonautics], 2018, vol. 3, no.4 (14), pp. 457–458. (In Russ.).
- [4] Magdanov P.V. Sistema strategicheskogo planirovaniya v korporatsii [Corporation strategic planning system]. Vestnik Permskogo universiteta. Seriya: Ekonomika [Perm university herald. Economy], 2014, no. 1 (20), pp. 77–89. (In Russ.).

УДК 65

## **Инновационное развитие высокотехнологичных предприятий ракетно-космической отрасли с учетом сбалансированности сформированных и перспективных компетенций**

**Яценко Виктория Викторовна**

vika\_management@mail.ru

*МГТУ им. Н.Э. Баумана*

**Фалько Сергей Григорьевич**

falko@controlling.ru

*МГТУ им. Н.Э. Баумана*

*Рассмотрена значимость инновационного развития высокотехнологичных предприятий ракетно-космической отрасли, для которой актуальной становится тенденция перехода к*

*многопрофильному производству с широкой номенклатурой выпускаемой продукции, не имеющей прямой связи с основной сферой деятельности, а также ориентация на индивидуальные проектные решения, диверсификацию производства. Показана связь усиления инновационной активности высокотехнологичных предприятий с проблемой обновления и трансформации компетенций организации. Обозначены варианты развития компетенций организации: собственными силами и за счет интеграции с другими производителями на условиях партнерства и сотрудничества. Доказана целесообразность оценки сбалансированности имеющихся в арсенале организации компетенций и перспективных компетенций, необходимых для реализации стратегии инновационного развития.*

**Ключевые слова:** высокотехнологичное предприятие, инновационное развитие, компетенции организации, перспективные компетенции, трансформация компетенций

Высокотехнологичные предприятия ракетно-космической отрасли (РКО), обладая огромным интеллектуальным и научно-техническим потенциалом, занимают лидирующие позиции в активизации инновационной деятельности, выступают ключевым фактором развития экономики и становится инновационным ядром промышленности. Внутренние резервы предприятий РКО определяются наличием уникальных компетенций организации и персонала, которые обеспечивают конкурентные преимущества, производственное превосходство, инновационный потенциал, возможность реализации стратегий роста.

Традиционно деятельность предприятий РКО связана с проектированием, разработкой, изготовлением, испытаниями и эксплуатацией космической техники, использованием космических технологий и созданием технологических инноваций для производства ракетно-космической техники. Однако в настоящее время наблюдается расширение направлений деятельности, диверсификация производства, выход за пределы РКО в другие отрасли промышленности. Поэтому кроме космического сектора, выпускающего космическую продукцию, ракетного сектора, производящего боевые ракетные комплексы, развивается и расширяется производство непрофильной высокотехнологичной продукции [1, 2].

Ориентация высокотехнологичных предприятий на реализацию инновационных проектов и программ, наращивание темпов усложнения и обновления продукции требует изменения не только структуры производства, бизнес-модели, но и преобразования архитектуры компетенций организации. Расширение, трансформация и формирование новых компетенций становятся основой процесса диверсификации производства и оказывают существенное влияние на выбор направлений инновационного развития высокотехнологичных предприятий [3].

Нередко развитие компетенций связано не столько с возникновением новых знаний и новых навыков, сколько с комбинацией имеющихся ресурсов, технологий и методов, способствующих реализации инновационных задач. Новые компетенции могут быть сформированы за счет объединения ключевых компетенций различных производителей в рамках кооперации и сотрудничества организаций, обладающих потенциальными технологическими возможностями для решения задач, отличающихся уникальностью и новизной.

Способы приобретения перспективных компетенций различны — обновление собственных компетенций организации или интеграция ключевых компетенций других производителей через сотрудничество и организацию распределенного (совместного) проектирования и производства инновационной технически сложной продукции. Развитие и трансформация компетенций организации через взаимодействие с партнерами по инновационной деятельности имеет свои преимущества по сравнению

с расширением компетенций собственными силами предприятия. Интеграция компетенций существенно сокращает финансовые, временные и организационные затраты для решения инновационных задач.

Выбор стратегии развития высокотехнологичных предприятий РКО основывается на анализе собственных потенциальных возможностей и выявлении преимуществ партнерских отношений с другими производителями [4]. Оценка сформированных и используемых компетенций организации с точки зрения возможности применения компетенций для проектирования и производства инновационной технически сложной продукции, а также поиск различных вариантов приобретения перспективных компетенций для реализации стратегических направлений деятельности должны осуществляться с учетом следующих критериев:

- технологическая возможность;
- научно-технический потенциал;
- уровень развития компетенций персонала организации, наличие потенциала компетенций;
- экономическая целесообразность.

Интеграция предприятий по вопросам распределенного (совместного) проектирования и производства инновационной продукции позволяет оптимизировать производственный потенциал за счет повышения уровня загрузки основных фондов, сокращения дублирующих производств, оптимизации затрат, выявления и использования инновационного потенциала организаций-партнеров, достижения сбалансированности сформированных и перспективных компетенций, востребованных для производства инновационной продукции. Однако следует помнить, что приобретение перспективных компетенций путем объединения с партнерами по инновационной деятельности не только обеспечивает получение значительных преимуществ, но и связано с определенными рисками: сложность выбора партнера из-за отсутствия общепринятых методик и критериев по оценке компетенций организации; необходимость защиты ключевых компетенций каждого партнера; возникновение конкуренции между организациями-партнерами; отсутствие механизма управления сбалансированностью сформированных, используемых в предыдущих проектах, и перспективных компетенций.

## Литература

- [1] Khrustalev E.Yu., Khrustalev O.E. Model tools to assess the production and financial reliability of knowledge-intensive and high-tech enterprises // Digest Finance. 2017. Vol. 22, no. 2. Pp. 154–162.
- [2] Makarov S.V., Khrustalev O.E. Commercialization of the space activity: global practices, challenges and promising areas // Digest Finance. 2019. Vol. 24, no. 2. Pp. 135–148.
- [3] Яценко В.В. Трансформация компетенций организации в условиях диверсификации высокотехнологичных производств // Друкеровский вестник. 2019. № 1. С. 58–69. DOI: 10.17213/2312-6469-2019-1-58-69
- [4] Фалько С.Г., Яценко В.В. Партнерство высокотехнологичных предприятий при создании инновационной продукции // Друкеровский вестник. 2020. № 1. С. 60–66. DOI: 10.17213/2312-6469-2020-1-60-66

## High-Tech Enterprises of the Rocket and Space Industry Innovative Development, Considering the Balance of Formed and Prospective Competencies

*Yatsenko Viktoriya Viktorovna*

vika\_management@mail.ru

*BMSTU*

*Falko Sergey Grigorievich*

falko@controlling.ru

*BMSTU*

*The article considers the significance of high-tech enterprises of the rocket and space industry innovative development, for which the tendency of transition to multiprofile production with a wide variety of products that are not directly related to the main sphere of activity, as well as orientation to individual design solutions, diversification of production becomes relevant. It shows the connection of strengthening of innovative activity of high-tech enterprises with the problem of updating and transformation of organizational competencies. Options for the organization competencies development: by own efforts and through the integration of competencies of other manufacturers in terms of joint activities, partnership and cooperation are outlined. The expediency of assessing the balance between the competencies available in the arsenal of the organization and prospective competencies needed to implement the strategy of innovative development has been proved.*

**Keywords:** high-tech enterprise, innovative development, competence of the organization, promising competencies, transformation of competencies

### References

- [1] Khrustalev E.Yu., Khrustalev O.E. Model tools to assess the production and financial reliability of knowledge-intensive and high-tech enterprises. Digest Finance, 2017, vol. 22, no. 2, pp. 154–162.
- [2] Makarov S.V., Khrustalev O.E. Commercialization of the space activity: global practices, challenges and promising areas. Digest Finance, 2019, vol. 24, no. 2, pp. 135–148.
- [3] Yatsenko V.V. Transformatsiya kompetentsii organizatsii v usloviyakh diversifikatsii vysokotekhnologichnykh proizvodstv [Transformation of organizational competencies in the conditions of diversification of high-tech industries ]. Drukerovskii vestnik, 2019, iss. 1, pp. 58–69. DOI: 10.17213/2312-6469-2019-1-58-69 (In Russ.).
- [4] Falko S.G., Yatsenko V.V. Partnerstvo vysokotekhnologichnykh predpriyatiy pri sozdaniyu innovatsionnoi produktsii [Partnership of high-tech enterprises in the creation of innovative products]. Drukerovskii vestnik, 2020, iss. 1, pp. 60–66. DOI: 10.17213/2312-6469-2020-1-60-66 (In Russ.).

УДК 65

## Роль центров компетенций в развитии компетенций высокотехнологичных предприятий ракетно-космической отрасли

*Яценко Виктория Викторовна*

vika\_management@mail.ru

*МГТУ им. Н.Э. Баумана*

*Показана значимость повышения инновационной активности высокотехнологичных предприятий ракетно-космической отрасли. Проанализировано влияние уровня развития*

*ключевых компетенций организации на инновационный потенциал предприятий. Выявлены тенденции изменения ключевых компетенций организаций, занятых проектированием и производством сложной в техническом плане продукции: обновление и трансформация имеющихся и используемых компетенций; поиск и формирование новых компетенций, востребованных в будущих инновационных проектах. Показана целесообразность создания на базе высокотехнологичных предприятий центров компетенций. Сформулированы задачи центров компетенций, заключающиеся в сосредоточении и систематизации основных компетенций организации, определении потребностей в новых компетенциях, исследовании различных вариантов приобретения новых компетенций.*

**Ключевые слова:** высокотехнологичное предприятие, центр компетенций, ключевые компетенции, развитие компетенций

Ракетно-космическая отрасль (РКО) характеризуется высокой долей высокотехнологичных производств, обладает уникальным научно-техническим и кадровым потенциалом, и именно поэтому занимает лидирующие позиции в решении стратегических задач на макроуровне. Ориентация предприятий РКО на постоянное обновление требований к ракетно-космической технике (РКТ), усложнение технических параметров изделий РКТ, а также расширение производственных возможностей и реализацию межотраслевых проектов и программ объясняет значимость обновления, совершенствования и трансформации имеющихся компетенций организации [1–3].

По мере развития и расширения проектной деятельности появляется необходимость концентрации уже известных отработанных решений и компетенций в единую базу для последующего перераспределения и оптимизации затрат по формированию новых компетенций организации. Компетенции, формируемые в ходе выполнения проектов, нередко теряются при расформировании команды, хотя в новом проекте могут быть востребованы уже отработанные методики, используемые технологии, известные ранее подходы и т. п. Результаты собственного опыта организации, полученного в процессе работы над проектами, могут быть сконцентрированы определенным образом, а затем повторно использованы полностью или частично в новых проектах. Это способствует снижению затрат на приобретение и развитие компетенций организаций.

Одним из способов организации управления компетенциями является механизм систематизации компетенций организации по отдельным ее составляющим: технико-технологические компетенции; компетенции персонала; интеллектуальные компетенции. Возникает необходимость создания центра сосредоточения и дальнейшего распространения компетенций как особого структурного подразделения предприятия, который аккумулирует и перераспределяет соответствующие компетенции. Центр компетенций позволит интегрировать и систематизировать ключевые знания, навыки, технологии и ресурсы организации, а также осуществлять относительно быстрый доступ к ним [4].

Целесообразно выстраивать работу центра компетенций по принципу систематизации ключевых компетенций, представляющих ценность для дальнейшего использования. Идея заключается в том, что компетенции могут быть сформированы внутри организации за счет накопленного опыта инновационной деятельности, а могут быть получены из базы данных организаций-партнеров, располагающих навыками, инструментарием и технологиями в других сферах и областях. При этом центры компетенций выступают как внутренним, так и внешним источником компетенций. Центр компетенций позволяет не только осуществлять обмен специалистами и технологиями между инновативными партнерами, но и интегрировать компетенции и создавать

кроссфункциональные проектные команды для реализации сложных инновационных решений. Новое развивающееся направление ориентировано на практические инновационные решения для конкретного предприятия или отрасли, а именно — обмен компетенциями между предприятиями, интеграция компетенций, обновление и трансформация технико-технологических и интеллектуальных составляющих компетенций организаций, управление проектами по созданию технически сложной инновационной продукции, оказание консультационных услуг и др. Сотрудничество по вопросам инновационной деятельности, основанное на объединении компетенций организаций-партнеров позволит создать принципиально новые уникальные с технологической точки зрения изделия.

Роль центров компетенций заключается в интеграции и систематизации знаний и процессов для получения новых возможностей и выступает источником получения компетенций для новых проектов. Кроме этого в центрах компетенций может осуществляться определение стратегических направлений развития предприятия за счет имеющейся базы компетенций, выбор сфер взаимодействия с другими производителями. Центры компетенций, созданные на базе высокотехнологичных предприятий, ориентированы на развитие передовых технологий в целях расширения инновационных возможностей и повышения конкурентоспособности предприятий. Источником непрерывного развития конкурентных преимуществ становится способность обучаться быстрее конкурентов, накапливать и затем использовать новые знания, находить уникальные способы решения новых задач, развивать и совершенствовать набор ключевых компетенций. Наиболее успешными становятся организации, которые способны генерировать новые знания; адаптироваться к изменениям внешней среды; отличающиеся гибкостью и инновационностью. Наиболее важными результатами деятельности центров компетенций могут стать сохранение, приумножение и интенсивность использования уникальных компетенций, развитие и совершенствование человеческого и интеллектуального капитала, расширение возможностей решения масштабных стратегических задач и оптимизация процесса управления инновационными проектами.

## **Литература**

- [1] Chemezov S.V., Kashirin A.I., Strenalyuk V.V. The formation of innovative leadership on key product features based on the unique technological competencies // Industry Competitiveness: Digitalization, Management, and Integration. Proceedings International Scientific and Practical Forum "Industry. Science. Competence. Integration". Lecture Notes in Networks and Systems. 2020. Vol. 115. Pp. 417–426.
- [2] Gorlacheva E.N., Omelchenko I.N., Drogovoz P.A., et al. Cognitive factors of production's utility assessment of knowledge-intensive organizations // AIP Conference Proceedings. 2019. Vol. 2171. Art. no. 090005. DOI: 10.1063/1.5133228
- [3] Яценко В.В. Формирование и развитие компетенций высокотехнологичных организаций. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2020. 146 с.
- [4] Яценко В.В., Яценко Р.Д. Функции и задачи центров компетенций высокотехнологичных предприятий // VII Междунар. конф. «Контроллинг в экономике, организациях производства и управлении»: сб. науч. тр. М., 2018. С. 255–261.

## The Role of Competence Centers in Competence Development of High-Tech Enterprises Rocket and Space Industry

**Yatsenko Viktoria Viktorovna**

vika\_management@mail.ru

*BMSTU*

*The significance of increasing the innovative activity of high-tech enterprises in rocket and space industry is shown. The influence of key competencies development level of the organization on the innovative potential of enterprises was analyzed. The tendencies of changes in the key competencies of organizations engaged in the design and production of technically complex products were revealed: updating and transformation of existing and used competencies; search and formation of new competencies demanded in future innovative projects. It shows the feasibility of creating competence centers on the basis of high-tech enterprises. The tasks of competence centers have been identified, which are to focus and systematize the main competencies of the organization, determine the needs for new competencies, and explore different options for acquiring new competencies.*

**Keywords:** high-tech enterprise, competence center, key competencies, development of competencies

### References

- [1] Chemezov S.V., Kashirin A.I., Strenalyuk V.V. The formation of innovative leadership on key product features based on the unique technological competencies. *Industry Competitiveness: Digitalization, Management, and Integration. Proceedings International Scientific and Practical Forum "Industry. Science. Competence. Integration". Lecture Notes in Networks and Systems*, 2020, vol. 115, pp. 417–426.
- [2] Gorlacheva E.N., Omelchenko I.N., Drogovoz P.A., et al. Cognitive factors of production's utility assessment of knowledge-intensive organizations. *AIP Conference Proceedings*, 2019, vol. 2171, art. no. 090005. DOI: 10.1063/1.5133228
- [3] Yatsenko V.V. *Formirovanie i razvitiye kompetentsii vysokotekhnologichnykh organizatsii* [Formation and development of competencies of high-tech organizations]. Moscow, BMSTU Press, 2020, 146 p. (In Russ.).
- [4] Yatsenko V.V., Yatsenko R.D. *Funktsii i zadachi tsentrov kompetentsii vysokotekhnologichnykh predpriyatiy* [Functions and tasks of competence centers of high-tech enterprises]. VII International Conference "Controlling in economics, production organization and management": Collection of scientific tr. Moscow, 2018, pp. 255–261. (In Russ.).



## Секция 9. КОСМОНАВТИКА И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ОБЩЕСТВА (КОНЦЕПЦИИ, ПРОБЛЕМЫ, РЕШЕНИЯ)

УДК 614.72

### Комплексный подход к оценке воздействия специальных объектов на окружающую среду

Егоркин Александр Алексеевич

egorkin1974@yandex.ru

Военная академия ракетных войск стратегического назначения имени Петра Великого

Рассмотрена организация оценки воздействия специальных объектов на окружающую среду. Выполнен анализ и указаны недостатки методов, используемых для оценки воздействия на окружающую среду. Показана необходимость применения комплексного подхода к оценке воздействия специальных объектов на окружающую среду. Предложена реализация комплексного применения и совершенствования существующих методик путем создания информационно-моделирующей системы поддержки и принятия решений. Представлена структура, ее составные части и действия, которые она должна осуществлять.

**Ключевые слова:** комплексный подход, оценка воздействия на окружающую среду, информационно-моделирующие системы поддержка и принятие решений, специальные объекты

Отсутствие методологической основы организации оценки воздействия специальных объектов (СО) на окружающую среду подтверждает актуальность разработки методологических подходов для данной области.

Используемые в настоящее время способы для оценки воздействия СО, как правило, дают оценку определенного воздействия объекта на окружающую среду. Однако анализ информации, характеризующей данную ситуацию приводит к выводу, что необходимо комплексное применение методик, которое дать более точную рациональную оценку воздействия, предсказать предполагаемые риски, ущерб и, в целом, обеспечить экологическую безопасность СО.

Под понятием «специальный объект» подразумевается объект, который в совокупности действует на окружающую среду как содержащими потенциально опасными веществами, так и продуктами его эксплуатации (токсические, взрывчатые радиационного опасные вещества и т. д.).

В то же время комплексное применение методик позволит учесть воздействие экологических факторов на СО, возникающих как ответная реакция на процессы освоения и загрязнения окружающей среды.

Негативные воздействия, производимые СО как при штатной работе, так и при аварийной ситуации, оценивают с помощью различных методик.

Методы, используемые для оценки воздействия:

- проведение экологического мониторинга (не носят четкой регламентации и по сути может выполняться и проводиться эпизодически);
- экологическое картирование (отсутствие унификации и способа определения комплексного воздействия того или иного элемента окружающей среды);

- оценка экологического риска (носит рекомендательный характер и не является обязательным требованием) и ущерба (рассчитываются большей частью по последствиям произошедших аварийных и чрезвычайных ситуаций);
- применение компьютерных экспертных систем (недостатком их применения можно отметить привязку к накопленным данным);
- использование имитационных моделей (сложность сбора статистических данных для моделирования);
  - проведение экспертной оценки (субъективность оценок);
  - составление контрольных списков, матриц, сетей (неприспособленность методов к выявлению непрямых, опосредованных воздействий);
  - проведение балльной оценки (отсутствие у баллов некой размерности, что затрудняет общую количественную оценку).

Как отмечено выше рассмотренные методики не дают в полной мере оценить воздействие данного фактора жизненного цикла СО на окружающую среду и полученные характеристики имеют часто значительную погрешность.

Реализацию данного положения возможно осуществить совершенствованием методологии оценки воздействия СО на окружающую среду как инструмента обеспечения экологической безопасности.

Необходимость реализации совершенствования методологии оценки воздействия СО предполагает использование информационно-моделирующей системы поддержки и принятия решений (ИМСППР), которая позволит соединить различные методики для оценки воздействия и прогнозирования обстановки.

Источники информации ситуации на объекте используются с целью проведения анализа и формирования данных оценки воздействия СО, анализ которых позволит сформулировать требования к ИМСППР, разработать концептуальную схему структуры ИМСППР.

Используя данные источников информации и их анализа, разрабатывается структура ИМСППР, основными элементами которой являются: экспертная система, состоящая из базы знаний, системы управления базами данных, геоинформационной системы, информационно-измерительного блока, блока программ математического и имитационного моделирования, блока управления рисками.

Существующее информационное обеспечение, применяемое в области оценки воздействия объекта на окружающую среду, в полной мере не подходит для решения задач создаваемой ИМСППР.

Для устранения недостатков при разработке ИМСППР необходимо учитывать требования методологических подходов по созданию информационных систем [1].

На основе анализа информации источников ситуации на объекте, необходимых для оценки воздействия, формируются действия, которые должна обеспечивать создаваемая ИМСППР:

- подготовку интегрированной информации о ситуации её обработку, накопление в базах данных;
- прогноз вероятных последствий деятельности и рекомендаций по обеспечению комплексной безопасности СО на основе имитационного и физико-математического моделирования процессов с учетом временных трендов, климатической обстановки, рельефа местности и использования ГИС, а также возможных результатов принимаемых управленческих решений [2];
- оценку риска и комплексного ущерба для существующих и проектируемых СО с целью управления комплексной безопасностью [3, 4];

- мониторинг состояния на территории объекта и территории контактирующей с ним на основе использования информационно-измерительной системы;
- обмен информацией (импорт и экспорт данных) с другими информационными системами;
- предоставление информации, необходимой для контроля за выполнением обязательных требований и обучение персонала.

Из изложенного материала можно сделать следующие выводы:

1. Применяемые методики для оценки воздействия СО на окружающую среду не позволяют в полной мере оценить экологическую обстановку.
2. Комплексное применение методик позволит повысить эффективность оценки воздействия и, в целом, экологической безопасности СО.
3. Отсутствие методологической основы организации оценки воздействия СО на окружающую среду подтверждает актуальность разработки методологических подходов для данной области.
4. Необходимость реализации совершенствования методологии оценки воздействия СО предполагает использование ИМСППР.
5. Предлагаемая ИМСППР позволит соединить различные методики для оценки воздействия и прогнозирования обстановки и формулирование рекомендаций, решений и отчетов.

## Литература

- [1] Копытенкова О.И., Аль Маджми Салих Сауд Якуб. Использование метода трехмерного математического моделирования в практике геоэкологических исследований // Интернет-журнал «Науковедение». 2016. Т. 8, № 3 (31). С. 123.
- [2] Алексеев В.В., Куракина Н.И., Желтов Е.В. ГИС комплексной оценки состояния окружающей природной среды // ArcReview. 2007. № 1 (40). С. 16–17.
- [3] Шмаль А.Г. Факторы экологической опасности & экологические риски. Бронницы: МП «ИКЦ БНТВ», 2010. 191 с.
- [4] Музалевский А.А. Техногенный и экологический риск в природно-технических системах. СПб.: РГГМУ, 2019. 184 с.

## An Integrated Approach to Assessing the Impact of Special Facilities on the Environment

**Egorkin Alexander Alekseevich**

egorkin1974@yandex.ru

*The Military Academy of Strategic Rocket Troops after Peter the Great*

*The organization of the assessment of the special objects impact on the environment is considered. The analysis is presented and the disadvantages of the methods used to assess the environmental impact are indicated. The necessity of applying an integrated approach to assessing the special objects impact on the environment is shown. The implementation of the integrated application and improvement of existing methods by creating an information modeling system of support and decision-making is proposed. The structure, its components and the actions to be carried out are presented.*

**Keywords:** integrated approach, environmental impact assessment, information modeling systems support and decision-making, special objects

## References

- [1] Kopytenkova O.I., Al' Madzhmi Saud Yakub. Ispol'zovanie metoda trekhmernogo matematicheskogo modelirovaniya v praktike geoekologicheskikh issledovanii [Using the method of three-dimensional mathematical modeling in the geoecological research practice]. Internet-zhurnal "Naukovedenie" [Online journal "Science Studies"], 2016, vol. 8, no. 3 (31), pp. 123. (In Russ.).
- [2] Alekseev V.V., Kurakina N.I., Zheltov E.V. GIS kompleksnoi otsenki sostoyaniya okruzhayushchei prirodnoi sredy [Integrated assesment GIS of the natural environment condition]. ArcReview, 2007, vol. 1 (40), pp. 16–17. (In Russ.).
- [3] Shmal' A.G. Faktory ekologicheskoi opasnosti & ekologicheskie riski [Environmental hazard factors & environmental risks]. Bronnitsy, MP "IKTs BNTV" Publ., 2010, 191 p. (In Russ.).
- [4] Muzalevskii A.A. Tekhnogennyi i ekologicheskii risk v prirodno-tehnicheskikh sistemakh [Technogenic and ecological risk in natural and technical systems: educational and methodological reference manual]. St. Petersburg, RGGMU Publ., 2019, 184 p. (In Russ.).

УДК 629.78

## Длительные пилотируемые космические экспедиции — важная часть исследования космоса

Зыков Николай Аполлонович

nzykov@bk.ru

МГУ имени М.В. Ломоносова

Российская космонавтика демонстрирует динамичное развитие. Идет подготовка к важным беспилотным и пилотируемым миссиям. Они призваны принести новые значимые научные результаты в исследовании ближнего и дальнего космоса. Предстоит исследовать околоземное пространство, Луну, Марс, Венеру и малые тела Солнечной системы. Запланировано на ближайшее время испытание новых ракет и космических аппаратов. Некоторые исследовательские проекты были задуманы еще С.П. Королёвым и другими пионерами освоения космоса. На подходе масштабные задачи, в том числе длительные орбитальные полеты на МКС, более быстрая доставка космонавтов к станции, создание российской космической станции. В более отдаленной перспективе возможно создание обитаемых баз на Луне и на Марсе и отправка беспилотного аппарата к Венере. Наибольший интерес представляют длительные пилотируемые экспедиции.

**Ключевые слова:** космонавтика, пилотируемые экспедиции, исследование космоса, жизнедеятельность космонавтов, эргономика

Планы отечественной космической программы по освоению ближнего и дальнего космоса включают широкий круг задач. Заканчивается разработка новых миссий. На подходе как автоматические беспилотные, так и пилотируемые проекты. Намечена в ближайшем будущем посадка беспилотного аппарата на Луну. За ним последуют другие аппараты. В более отдаленной перспективе запланирована пилотируемая миссия к спутнику Земли. Она призвана выполнить важные научные и исследовательские задачи. Подготовка к ней уже ведется. Автоматические беспилотные аппараты предназначены для ограниченного круга задач. Конечно, их применение также необходимо, особенно на первом этапе исследования космоса. Однако даже при стремительном развитии современной техники они не могут полностью заменить космонавтов. Представляется оптимальным решением сочетать беспилотные и пилотируемые

---

миссии. Это позволит добиться более значительных научных результатов, расширит горизонты наших знаний о ближнем и дальнем космосе. Космическая деятельность позволит освоить новые технологии, которые в дальнейшем можно будет с успехом применить и в земных условиях.

Среди важнейших более отдаленных перспектив российской космонавтики — создание обитаемых баз на Луне и Марсе. Это закономерный, давно ожидаемый этап освоения космического пространства, предсказанный еще пионерами исследования космоса. Ему будут предшествовать беспилотные миссии. Вслед за этим, в более отдаленном будущем станет возможным перейти и к созданию обитаемых баз на малых телах Солнечной системы. Такая необходимость может быть вызвана не только научными целями, но и истощением ресурсов нашей планеты, углублением экологического кризиса и задачей сохранения человечества как вида путем создания площадки для возможной эвакуации землян. Такое развитие событий представляется вполне возможным. О значительном интересе общественности к данной проблеме говорит и большое количество добровольцев, желающих участвовать в создании первой колонии на Марсе и других космических проектах.

В ходе длительных космических экспедиций человек испытывает значительные трудности, работает на пределе своих возможностей. Однако эти трудности вполне преодолимы при соблюдении ряда условий. Еще в начале космической эры в нашей стране был разработан целый комплекс мер психологической поддержки космонавтов, делающих длительные экспедиции возможными и успешными. Эти меры включают рациональную организацию рабочей и жилой среды космонавтов, продуманное цветовое и световое решение отсеков, вопросы эргономики. Весь этот комплекс вопросов был поставлен и решен в Институте медико-биологических проблем и ряде отраслевых КБ. Оригинальные методики Л.Н. Мельникова и других ученых позволяют избежать негативных последствий для здоровья и жизни космонавтов, сделать пилотируемые экспедиции более безопасными и результативными, а в перспективе и перейти к созданию постоянных лунных и марсианских баз. Для их успешного функционирования также будет необходимо применять эти методики.

Физиологические функции организма человека в условиях космического полета существенно видоизменяются. Это обусловлено невесомостью, монотонностью среды обитания, условиями длительного пребывания в замкнутом помещении малого объема. Наземные эксперименты показали, что комфортность пребывания в космосе создаст имитация на орбите земной среды обитания. Она обеспечивается при помощи смены освещения по подготовленной программе и использования проекционной аппаратуры [1]. Различные цвета по-разному влияют на состояние человека. Они могут вызвать активизирующий эффект для повышения работоспособности или, наоборот, седативный ( успокаивающий). Идея «виртуального окна» позволяет обеспечить космонавтам в условиях космического полета условия психологического комфорта. Плавно изменяя яркость освещения, проецируя на экран цветные изображения пейзажей, нетрудно создать иллюзию суточной смены освещенности, времен года, осадков и т. п. В дополнение к этому были разработаны цветомузыкальные композиции на произведения классической и современной музыки с различными видами воздействия (от бодрящего до успокаивающего) [2].

Применение всех этих мер в комплексе позволяет космонавтам успешно решать поставленные перед ними задачи. Для успешной работы в космосе человеку нужен своего рода защитный кокон в виде привычных условий проживания и работы [3, 4]. Это необходимо учесть при подготовке новых экспедиций.

Использование методик психологического сопровождения пилотируемых экспедиций, впервые разработанных в нашей стране на заре эры космонавтики и сейчас вступивших в стадию зрелости, позволит расширить горизонты освоения космоса без ущерба для здоровья и жизни космонавтов. В последнее время в ГНЦ ИМБП РАН проведен ряд успешных наземных экспериментов по имитации длительного космического полета. Это дает возможность научно обоснованного планирования будущих экспедиций, избежать возможных психологических проблем, сделать полеты более безопасными и результативными. Надо быть к этому готовыми, не ограничиваясь только беспилотными миссиями. Это позволит успешно решать задачи настоящего и будущего.

Несмотря на трудности, исследование космического пространства продолжается. Об этом говорит развитие российской космической программы. Интерес к освоению космического пространства не ослабевает. Это дает надежду и на перспективы длительных космических экспедиций. Они принесут новые, прорывные научные результаты и станут площадкой для обкатки новых технологий, которые в дальнейшем могут быть успешно применены как в космических, так и в земных условиях.

## Литература

- [1] Мельников Л.Н. Имитация суточных и сезонных ритмов в интерьере космического корабля // Космическая биология и медицина. 1972. № 1. С. 74–77.
- [2] Мельников Л.Н. Виртуальная реальность: как это начиналось // Техника — молодежи. 2000. № 3. С. 56–57.
- [3] Петров Ю.А. Физиолого-гигиенические и психологические аспекты организации жизни в кабине космического корабля // Основы космической биологии и медицины: Совместное советско-американское издание. Т. III. М.; Вашингтон, 1975. С. 185–187.
- [4] Мельников Л.Н. Программы, алгоритмы, конструкции. М.: Наука, 1980. 137 с.

## Long-Term Piloted Space Expeditions — An Important Part of Space Exploration

Zykov Nikolay Apollonovich

nzykov@bk.ru

Lomonosov Moscow State University

*Russian cosmonautics is demonstrating dynamic development. Preparations are underway for important unmanned and manned missions. They are designed to bring new significant scientific results in the exploration of near and deep space. It is necessary to explore the near-earth space, the Moon, Mars, Venus and small bodies of the solar system. Testing of new rockets and spacecraft is planned for the near future. Some research projects were conceived by S.P. Korolev and other pioneers of space exploration. Large-scale tasks are on the way, including long-term orbital flights to the ISS, faster delivery of astronauts to the station, and the creation of a Russian space station. In the longer term, it is possible to create habitable bases on the Moon and Mars and send an unmanned vehicle to Venus. Long-term manned expeditions are of the greatest interest.*

**Keywords:** cosmonautics, piloted expeditions, space exploration, life activity of cosmonauts, ergonomics

## References

- [1] Mel'nikov L.N. Imitatsiya sutochnykh i sezonnnykh ritmov v inter'ere kosmicheskogo korablya [Imitation of daily and seasonal rhythms in the interior of a spacecraft]. Kosmicheskaya biologiya i meditsina [Space biology and medicine], 1972, no. 1, pp. 74–77. (In Russ.).
- [2] Mel'nikov L.N. Virtual'naya real'nost': kak eto nachinalos' [Virtual reality: how it started]. Tekhnika — molodezhi [Technique — youth], 2000, no. 3, pp. 56–57. (In Russ.).
- [3] Petrov Yu.A. Fiziologo-gigienicheskie i psikhologicheskie aspekty organizatsii zhizni v kabine kosmicheskogo korablya [Physiological, hygienic and psychological aspects of the organization of life in the cockpit of a spacecraft]. Osnovy kosmicheskoi biologii i meditsiny: Sovmestnoe sovetsko-amerikanskoe izdanie [Fundamentals of Space Biology and Medicine: Joint Soviet-American Edition]. Vol. III. Moscow; Washington, 1975, pp. 185–187. (In Russ.).
- [4] Mel'nikov L.N. Programmy, algoritmy, konstruktsii [Programs, algorithms, constructions]. Moscow, Nauka Publ., 1980, 137 p. (In Russ.).

УДК 523.4

## Пилотируемая космонавтика: противостояние и сотрудничество. История и перспективы

Иванова Лидия Васильевна

[lidia.grinkevich@mail.ru](mailto:lidia.grinkevich@mail.ru)

ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»

Основной акцент в исследовании сделан на развитие международного сотрудничества в пилотируемой космонавтике. Проанализированы социально-статистические данные. Показано влияние результатов космических полетов на развитие науки и техники в странах-партнерах. Выделены основные этапы взаимодействия основных космических государств с другими странами, ключевые тренды современности и тенденции дальнейшего развития пилотируемых космических экспедиций.

**Ключевые слова:** международное сотрудничество, противостояние двух держав, пилотируемая космонавтика, сообщество космонавтов

Открытие космической эры и наиболее значительные достижения в освоении околоземного пространства, в исследовании Луны и ближайших планет Солнечной системы были осуществлены — СССР и США. Достижениям в пилотируемой космонавтике на начальном этапе способствовало соперничество между этими государствами. Космические успехи СССР (запуск первого в истории человечества ИСЗ; первый полет человека в космос, Юрия Гагарина; первый выход человека в открытое космическое пространство, Алексея Леонова) стимулировали США, усиливали элемент противостояния. В 1969 г. в ходе лунной экспедиции корабля «Аполлон-11» американский астронавт Нил Армстронг стал первым человеком, ступившим на Луну.

К концу 1960-х годов пилотируемая космонавтика встал перед выбором пути, что дальше? Стало очевидно: дальнейшее освоение космоса невозможно без партнерства и взаимодействия. 24 мая 1972 г. между СССР и США было подписано межправительственное соглашение, результатом которого стал экспериментальный полет «Аполлон-Союз» (ЭПАС) — первая совместная программа со сближением, стыковкой и взаимным переходом космонавтов космических кораблей двух стран (1975 г.).

Несмотря на выдающийся успех, экспериментальный полёт не смог сбить растущую напряженность в отношениях между сверхдержавами, как того хотели бы его вдохновители. Сотрудничество между странами возобновилось лишь в 1992 году — после распада СССР [1, 2].

В 1976 году по инициативе СССР была утверждена программа «Интеркосмос». В марте 1978 года в космос на КК «Союз» стартовал первый человек, не являющийся гражданином СССР или США, представитель Чехословакии. До конца семидесятых годов на советской технике «Союз»/«Салют» получили путевку в космос космонавты из 7 стран. В начале восьмидесятых впервые на американском космическом корабле «Колумбия» осуществил полет представитель ФРГ (1983 г.). Международное сотрудничество в пилотируемой космонавтике получило свое продолжение.

Исследование показало, что наибольшее количество первых полетов другими странами выполнено в 1980-е годы — 12 стран, наименьшее — в 2010 годы, 3 страны. На КК СССР/России впервые достигли околоземного пространства космонавты 25 стран, на КК США — 13 стран; большинство из них так и остались единственными представителями своих стран в космосе, многие из космонавтов, побывавших на орбите, сделали успешные военные и политические карьеры. С 2003 года в истории пилотируемой космонавтики новый этап: Китай, третья страна достигла земной орбиты с космонавтами на борту на национальной технике.

На текущее время освоение космического пространства можно условно разделить на четыре этапа:

1. Участие в пилотируемых полетах СССР и США (1961–1977).
2. Партнерство СССР со странами по программе «Интеркосмос» (1976–1982).
3. Активное сотрудничество СССР/России и США с другими странами — участниками в пилотируемых полетах (1983–2002).
4. Присоединение к пилотируемым космическим странам СССР/Россия и США — Китая (2003 г. — наст. вр.).

На январь 2021 года 566 человек на технике трех государств выполнили более 1345 полетов. Космонавтами не из США, России и Китая выполнено 126 космических полетов общей продолжительностью 70988 ч 25 мин, среди которых представители 8 стран работали 43 раза в открытом космосе общей продолжительностью 256 ч 15 мин. При этом следует отметить, что стартовали космонавты различных стран в равной степени как на технике России/СССР так и на технике США (по 62 раза). В первые десятилетия в абсолютном большинстве они выполняли функции космонавтов-исследователей или специалистов по полезной нагрузке. Начиная с 2010 года бортинженеров — 1, 2. Три космонавта летали в околоземное пространство как участники космических полетов. В исследуемой категории космонавтов 8 (10 %) женщин. Саманта Кристофоретти из Италии являлась обладателем рекорда продолжительности полета среди женщин — 199 суток 16 часов до 2018 года. В настоящее время она на четвертом месте. Обладатель рекорда продолжительности космического полета среди женщин — 328 дней 13 часов 58 минут стала Кристина Кох (НАСА) [3].

38 стран отправляли во Вселенную своих представителей на КК России и США, на китайской космической технике — только жители Китая. Запуск пилотируемого корабля Индии с экипажем, который был запланирован на август 2022 года в ознаменование 75-й годовщины независимости страны в связи с пандемией перенесен.

Все страны-участницы пилотируемых полетов внесли значительный вклад в достояние каждой страны и способствовали прогрессу космонавтики в целом. Большинство

космонавтов стран-партнеров — члены АУКП, активно участвуют в общественной жизни своих стран и содействуют развитию пилотируемой космонавтики в будущем [4, 5].

Современное положение отечественной пилотируемой космонавтики во многом является результатом реализации комплексной программы и передовых достижений индустрии СССР. Жесткая конкуренция с США, Китаем требует сегодня инновационного развития. Сегодня в мире четко прослеживается тенденция развития частной космонавтики, что благоприятствует притоку новых инвестиций и формированию здоровой конкуренции. В России развитие частного сектора затруднено, так как ГК «Роскосмос» является замкнутой государственной корпорацией, но мировая тенденция коммерциализации космической деятельности, рост интереса к космическому туризму перед ГК «Роскосмос» ставит новые вопросы, которые требуют незамедлительного решения: поддержка отношений с партнерами, создание новой орбитальной станции, новые проекты и мн. др. В декабре 2021 г. осуществлен орбитальный полет российского космонавта с двумя туристами из Японии на КК «Союз».

Туристические полеты в космос в перспективе станут доступными сотням и тысячам людей, смогут дать важные импульсы для самореализации землян, для совершенствования аэрокосмической сферы и формирования нового сообщества тех, кто будет осваивать космос и в перспективе жить вне Земли [6].

Развитие космического туризма и его технологий как части процесса освоения космоса необходимо приводить в соответствие с решением правовых, социальных, научно-технических, экологических и других проблем на Земле и в космосе. В настоящее время многие страны вовлекаются в этот процесс.

В долгосрочных планах преимущественный акцент делается на разработку средств обеспечения пилотируемого полета на Луну, высадка космонавтов на поверхность Луны, установление лунной инфраструктуры, на освоение дальнего космоса и др. что потребует изменения подходов к отбору и подготовке экипажей межпланетных миссий. Космическая кооперация и сообщество космонавтов будут расширяться и принимать новую конфигурацию. Целесообразно создание единого отряда космонавтов под эгидой ООН.

## Литература

- [1] Пузанов С. Звездное партнерство России и США // Международная жизнь. 2010. № 12. С. 155–168.
- [2] Афанасьев И., Маринин И. Рукопожатие без продолжения. Как сорвался второй ЭПАС // Русский космос. 2020. № 5. С. 70–73.
- [3] Кричевский С.В., Иванова Л.В. Воздействия первого полета человека в космос на развитие России и человечества // Воздушно-космическая сфера. 2021. № 1. С. 36–47.
- [4] Батурин Ю.М., Иванова Л.В., Кричевский С.В. Ассоциация участников космических полетов: история и проблемы развития. Ч. 1 // Пилотируемые полеты в космос. 2021. № 1 (38). С. 128–147.
- [5] Батурин Ю.М., Иванова Л.В., Кричевский С.В. Ассоциация участников космических полетов: история и проблемы развития. Ч. 2 // Пилотируемые полеты в космос. 2021. № 2 (39). С. 132–147.
- [6] Кричевский С.В. Миллиардеры осваивают космос. Как сделать суборбитальный туризм приемлемым в общественном мнении россиян. URL: [https://www.ng.ru/kartblansh/2021-07-21/3\\_8204\\_kartblansh.html](https://www.ng.ru/kartblansh/2021-07-21/3_8204_kartblansh.html) (дата обращения 27.10.2021).

## Manned Space Exploration: Confrontation and Cooperation. History and Prospects

Ivanova Lidiya Vasilyevna lidia.grinkevich@mail.ru

Federal State Organization "Gagarin Research & Test Cosmonaut Training Center"

*The paper focuses on the development of international cooperation in manned space exploration. Social and statistical data has been analyzed. The influence of the results of space flights on the development of science and technology in the partner countries is shown. The main stages of interaction between leading space powers and other countries, key trends of our time and further development of manned space exploration are highlighted.*

**Keywords:** international cooperation, confrontation between the two powers, manned cosmonautics, astronaut community

### References

- [1] Puzanov S. Zvezdnoe partnerstvo Rossii i SShA [Stella Partnership between Russia and the USA ]. Mezhdunarodnaya zhizn' [International Life], 2010, no. 12, pp. 155–168. (In Russ.).
- [2] Afanas'ev I., Marinin I. Rukopozhatie bez prodolzheniya. Kak sorvalsya vtoroi EPAS [Handshake without continuation. How the second EPIC failed]. Russkii kosmos [Russian Cosmos], 2020, no. 5, pp. 70–73. (In Russ.).
- [3] Krichevskii S.V., Ivanova L.V. Vozdeistviya pervogo poleta cheloveka v kosmos na razvitiye Rossii i chelovechestva [Effects of the First Manned Flight into Space on the Development of Russia and Humanity]. Vozdushno-kosmicheskaya sfera [Aerospace sphere], 2021, no. 1, pp. 36–47. (In Russ.).
- [4] Baturin Yu.M., Ivanova L.V., Krichevskii S.V. Assotsiatsiya uchastnikov kosmicheskikh poletov: istoriya i problemy razvitiya [Association of Space Flight Participants: History and Problems of Development]. Part 1. Pilotiruemye polety v kosmos [Manned Space Flights]. 2021, no 1 (38), pp. 128–147. (In Russ.).
- [5] Baturin Yu.M., Ivanova L.V., Krichevskii S.V. Assotsiatsiya uchastnikov kosmicheskikh poletov: istoriya i problemy razvitiya [Association of Space Flight Participants: History and Problems of Development]. Part 2. Pilotiruemye polety v kosmos [Manned Space Flights]. 2021, no 2 (39), pp. 132–147. (In Russ.).
- [6] Krichevskii S.V. Milliardery osvaivayut kosmos. Kak sdelat' suborbital'nyi turizm priemlyemym v obshchestvennom mnenii rossiyan [Billionaires Conquer Space. How to Make Suborbital Tourism Acceptable in the Public Opinion of Russians]. Available at: [https://www.ng.ru/kartblansh/2021-07-21/3\\_8204\\_kartblansh.html](https://www.ng.ru/kartblansh/2021-07-21/3_8204_kartblansh.html) (accessed October 27, 2021). (In Russ.).

УДК 520.607

## Исследование системы запуска космических аппаратов на основе твердотопливных технологий с различных пусковых платформ

**Козедра Петр Андреевич** kpa\_777@mail.ru  
НПО «Тайфун»

**Позин Анатолий Александрович** pozin@rpatyphoon.ru  
НПО «Тайфун»

**Матвеев Юрий Александрович** matveev\_ya@mail.ru

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)*

*Рассмотрен анализ способов разработки системы запуска малых космических аппаратов на основе твердотопливных технологий с различных пусковых платформ, обсуждаются особенности постановки задачи анализа структуры подсистем, приведены примеры показателей эффективностей принятия решения. Предложен алгоритм системного анализа для создания систем выведения с учетом ряда проблемных факторов как наземного комплекса управления, стартовой подготовки, оперативности запуска и выведения для решений различной степени готовности, технологического совершенства и технических решений, в том числе внезапно возникающих задач.*

**Ключевые слова:** малые космические аппараты, транспортных систем сверхлёгкого класса, ракета-носитель сверхлегкого класса, сложная организационно-техническая система

При разработке систем запуска малых космических аппаратов (МКА) с различных пусковых платформ необходимо проводить оптимизацию, как самих средств выведения, так и появляющихся при этом множеств систем и технических решений, имеющих узкое целевое назначение, влияющих на стоимость проекта, надежность и на принятие решения о его использовании [1].

В системах ракетных исследований, как и ракетно-космической технике, технико-экономическая эффективность изделий достигается рациональным управлением ресурсами, используемыми при выполнении работ на различных стадиях жизненного цикла посредством организации непрерывной информационной поддержки разработки систем.

Рассмотрены возможности применения такого подхода на начальном этапе разработке транспортных систем сверхлегкого класса (ТССК). Определяются критерии совершенства рассматриваемых систем, анализируется влияние различных факторов (таких как: вид топлива, место старта и др.) на структуру средств выведения (СВ) и их востребованность на рынке пусковых услуг, для формирования областей конкурентно способного использования разрабатываемой системы [2].

Приведен анализ возможности формирования ТССК при различных сочетаниях базовых параметров как подсистем, так и элементов сложной организационно-технической системы (СОТС), массовых критериях эффективности, экономических показателей, степени готовности и др [3].

Предложен алгоритм системного анализа для создания систем СВ с учетом ряда проблемных факторов как наземного комплекса управления, стартовой подготовки, оперативности запуска и выведения для решений различной степени готовности,

технологического совершенства и технических решений, в том числе при возможном изменении целевой нагрузки [4].

Для сбалансированного принятия решения по проекту привлекают дополнительные проектно-конструкторские организационно-технические решения. Приведена оценка решений смежных отраслей, используются ключевые метрики, измеряющие степени риска, степень возможности их применения, связанные с готовностью технологий и производства [5, 6].

Проведен системный анализ и исследование основных проектных параметров ракеты-носителя сверхлегкого класса, запускаемой с борта самолета-носителя (тип «воздушный старт»), обозначены основные технические характеристики объекта ТССК, внешние факторы, влияющие на облик ракеты, параметры, определяемые разработчиком, показатели уровней готовности технологий. Разработаны алгоритмы решения задачи проектирования и реализации проекта в условиях ограничений поставленной задачи [6].

Проверка применения методологии демонстрируется на примерах разработки проектов систем ракетно-космических исследований на базе модернизируемой отечественной ракетной техники, как эффективного демонстратора новых технологий для проведения опережающих лётных испытаний в целях реализации различных программ исследований в интересах устойчивого развития общества.

## Литература

- [1] Козёдра П.А., Матвеев Ю.А., Позин А.А., Чикачёва Ю.В., Шершаков В.М. Оценка возможности проекта ракеты-носителя сверхлегкого класса для формирования спутниковых группировок // Инженерный журнал: наука и инновации. 2021. Вып. 2. DOI: 10.18698/2308-6033-2021-2-2055
- [2] Матвеев Ю.А., Позин А.А., Шершаков В.М. Ракетные технические средства геофизического мониторинга, их развитие и возможности // Полет. 2017. № 8. С. 26–31.
- [3] Данилюк А.Ю., Клюшников В.Ю., Кузнецов И.И., Осадченко А.С. Требования к облику и основным проектным параметрам микrorакетного комплекса, предназначенного для запуска малых летательных аппаратов размерностей «нано», «пико» и «фемто» // Вестник НПО имени С.А. Лавочкина. 2015. № 3 (29). С. 107–113.
- [4] Матвеев Ю.А., Позин А.А., Шершаков В.М. Системные вопросы создания ракет-носителей сверхлегкого класса // Вестник НПО имени С.А. Лавочкина. 2019. № 2 (44). С. 37–43.
- [5] Бахвалов Ю.А. Особенности перехода на многоразовые средства выведения // Полет. 2019. № 2. С. 3–14.
- [6] Ганоненко О.В. Использование методов управления рисками при разработке и управлении программ технологического развития ракетно-космической промышленности // Космонавтика и ракетостроение. 2019. Вып. 6 (111). С. 130–144.

## Study of Spacecraft Launch System Based on Solid Propellant Technology from Different Launch Platforms

**Kozedra Petr Andreevich**

kpa\_777@mail.ru

*NPO Typhoon*

**Pozin Anatoliy Aleksandrovich**

pozin@rpatyphoon.ru

*NPO Typhoon*

**Matveev Yuriy Aleksandrovich**

matveev\_ya@mail.ru

*Moscow Aviation Institute (National Research University)*

*The paper considers the analysis of methods for developing a launch system for small spacecraft based on solid-fuel technologies from various launch platforms, discusses the specifics of setting the task of analyzing the structure of subsystems, and provides examples of decision-making efficiency indicators. A system analysis algorithm is proposed for creating launch systems taking into account a number of problematic factors such as ground control complex, launch preparation, launch and launch efficiency for solutions of various degrees of readiness, technological perfection and technical solutions, including sudden problems.*

**Keywords:** small spacecraft, ultra-lightweight transport systems, ultra-lightweight launch vehicle, complex organizational and technical system

### References

- [1] Kozedra P.A., Matveev Yu.A., Pozin A.A., Chikacheva Yu.V., Shershakov V.M. Otsenka vozmozhnosti proekta rakiety-nositelya sverkhlegkogo klassa dlya formirovaniya sputnikovykh gruppirovok [Assessment of the possibility of the project of ultra-light-class launch vehicle for the formation of satellite constellations]. Engineering Journal: Science and Innovation, 2021, iss. 2. (in Russ.). DOI: 10.18698/2308-6033-2021-2-2055
- [2] Matveev Yu.A., Pozin A.A., Shershakov V.M. Raketye tekhnicheskie sredstva geofizicheskogo monitoringa, ikh razvitiye i vozmozhnosti [Rocket technical means of geophysical monitoring, their development and capabilities]. Polet [Flight], 2017, no. 8, pp. 26–31. (in Russ.).
- [3] Danilyuk A.Yu., Klyushnikov V.Yu., Kuznetsov I.I., Osadchenko A.S. Trebovaniya k obliku i osnovnym proektnym parametram mikroraketnogo kompleksa, prednaznachennogo dlya zapuska malykh letatel'nykh apparatov razmernostey "nano", "piko" i "femto" [Requirements for the appearance and basic design parameters of a microrocket complex designed to launch small aircraft of "nano", "pico" and "femto" dimensions]. Vestnik NPO imeni S.A. Lavochkina [Herald of the NPO im. S.A. Lavochkin], 2015, no. 3 (29), pp. 107–113. (in Russ.).
- [4] Matveev Yu.A., Pozin A.A., Shershakov V.M. Sistemnye voprosy sozdaniya raket-nositeley sverkhlegkogo klassa [Systemic issues of creating ultra-light launch vehicles]. Vestnik NPO imeni S.A. Lavochkina [Herald of the NPO im. S.A. Lavochkin], 2019, no. 2 (44), pp. 37–43. (in Russ.).
- [5] Bakhvalov Yu.A. Osobennosti perekhoda na mnogorazovye sredstva vyvedeniya [Features of the transition to reusable launch vehicles]. Polet [Flight], 2019, no. 2, pp. 3–14. (in Russ.).
- [6] Ganonenko O.V. Ispol'zovanie metodov upravleniya riskami pri razrabotke i upravlenii programm tekhnologicheskogo razvitiya raketno-kosmicheskoy promyshlennosti [The use of risk management methods in the design and management of technological development programs of the rocket and space industry]. Kosmonavtika i raketostroenie [Cosmonautics and rocket engineering], 2019, iss. 6 (111), pp. 130–144. (in Russ.).

УДК 661.961

## Водородная энергетика, краткий исторический экскурс, перспективы и проблемы развития

**Лосицкий Владимир Петрович**

fondserbrova@yandex.ru

Фонд поддержки детского технического творчества  
имени летчика-космонавта СССР Героя Советского Союза А.А. Сереброва

**Поляхов Александр Дмитриевич**

alekdmtrpol@gmail.com

Фонд поддержки детского технического творчества  
имени летчика-космонавта СССР Героя Советского Союза А.А. Сереброва

*Рассмотрены перспективы и проблемы использования водорода как перспективного источника энергии. В связи с малой освещенностью данной темы в широкой общественно-информационной среде возникает множество трактовок и ненужных оптимистических ожиданий в решении данной несомненно перспективной задаче. Представлены наработки национальных и международных исследовательских центров в решении данной проблемы, показаны направления и опытные образцы промышленных изделий. Сделаны выводы о необходимости дальнейшего развития данной темы, очерчен круг задач для их решения. Отдельно вынесена проблема обеспечения пожарной безопасности и взрывной безопасности в связи физическими и химическими свойствами водорода.*

**Ключевые слова:** экология города, углеродный след, пиролиз водорода из метана, метод электролиза из воды, водород как источник энергии

Термин водородная энергетика (ВЭ) приобрел в последние десять лет огромную популярность в мире науки, экономики и политики в связи с проблемой истощения невозобновляемых источников энергии — углеводородов, а также сильного загрязнения атмосферы при сжигании Анализ многочисленных публикаций на эту тему показывает, однако, что под этим термином часто понимается ряд различных программ.

Иногда в популярной литературе ВЭ противопоставляется «углеводородной» энергетике. Сразу необходимо отметить, что сфера водородной энергетики — downstream, то есть транспортировка, переработка и использование энергии, но не upstream (добыча первичного энергосырья). ВЭ лишь дополняет нефтяную, атомную или «возобновляемую» энергетику, но сама по себе не является новым источником энергии. Другими словами, водородная энергетика — это способ наиболее эффективного применения имеющихся источников энергии, повышения КПД их использования или получения иных преимуществ.

Будучи самым распространенным элементом на Земле и в космосе, водород ( $H_2$ ) тем не менее остается почти невостребованным: если в 2018 г. в мире было добыто 4,4 млрд т нефти и 3,86 трлн м<sup>3</sup> природного газа (метана), то объем производства водорода не превышает 70 млн т, т. е. объем его выработки в 6285 раз меньше, чем нефти, и в 5514 раз меньше, чем газа [1].

В свободном виде водород на Земле практически не существует, поэтому его надо производить. Остановимся на наиболее перспективных и широкомасштабных приложениях водородных технологий. Концепция экологически чистой водородной энергетики, часто называемая «водородной экономикой», включает:

- производство водорода из воды с использованием невозобновляемых источников энергии (углеводороды, атомная энергия, термоядерная энергия);

- производство водорода с использованием возобновляемых источников энергии (солнце, ветер, энергия морских приливов, биомасса);
- надежная транспортировка и хранение водорода;
- широкое использование водорода в промышленности, на транспорте (наземном, воздушном, водном и подводном), в ракетно-космической технике;
- обеспечение надежности материалов и безопасности водородных энергетических систем.

Водород — не источник энергии, это средство преобразования других источников энергии в химическую энергию в форме запасенного чистого водорода, которую можно использовать впоследствии при его окислении. По сути, резервуар или другой накопитель водорода в техническом смысле подобен аккумуляторной батарее или бензобаку, и поэтому сравнивать нужно не только КПД, но и другие параметры. Водород нужно произвести и преобразовать для получения конечной энергии, и то и другое требует энергии. Из ископаемого топлива, главным образом из нефти, в настоящее время в мире получают 96 % конечной энергии, причем углерод по-прежнему переводится в CO<sub>2</sub>, так что это не решает проблему выбросов [2].

В Соединенных Штатах 90 % чистого водорода получается из природного газа, с КПД использования 72 %. Это означает, что 28 % энергии, содержащейся в природном газе — метане, теряется, не считая энергии, которая расходуется на добычу и транспортировку природного газа до завода, производящего водород. Только 4 % водорода получают из воды посредством электролиза. Себестоимость производства водорода из воды (различные виды электролиза) в 3–6 раз выше, чем получение водорода из природного газа. Этот метод используют лишь тогда, когда необходимо получить особо чистый водород.

И так как большая часть электричества для электролиза производится с использованием ископаемого топлива с эффективностью 30 % и КПД электролиза составляет 70 %, то это означает, что затрачивается четыре единицы энергии для создания одной единицы водородной энергии. В результате мы получаем, что эффективность использования водородной энергии составляет приблизительно 20 % [3].

Цена водородного киловатта на электролизе сегодня составляет 13 центов. Целевой задачей всех национальных водородных программ является ее снижение. По данным МЭА, с 2010 г. в мире вводили в эксплуатацию около 10 МВт электролизеров ежегодно. В 2018 г. введено уже 20 МВт, а до конца 2021 г. ожидается ввод еще 100 МВт. К 2025 г. в мире появится дополнительно 3205 МВт электролизеров, предназначенных для производства экологически чистого водорода — увеличение на 1272 % [4].

Одна из главных причин переключения на водород — предотвращение глобального потепления, вызванного использованием ископаемых топлив. Когда энергия, расходуемая на получение водорода, берется из природного газа, производятся окислы азота, выпуск которых в атмосферу в 58 раз более эффективен для создания условий для парникового эффекта, чем углекислого газа. Использование угля сопровождается большими выбросами CO<sub>2</sub> и ртути. Нефть — слишком мощный и полезный энергоноситель, чтобы использовать ее для производства водорода. Природный газ также слишком ценное сырье, чтобы делать из него водород.

Проблеме использования водорода как топлива уже 200 лет. Еще в 1820 г. В. Сесил в докладе Кембриджскому философскому обществу предложил использовать водород для привода в движение машин, а первый патент на двигатель, работающий на смеси водорода и кислорода, был выдан в Англии в 1841 г.

В 1920-х гг. Г.Ф. Рикардо и А.Ф. Брустелл выполнили детальные исследования работы двигателя внутреннего сгорания (ДВС) с внешним смесеобразованием на водородно-воздушных смесях. В этих работах впервые было обнаружено явление обратной вспышки, которым впоследствии занимались многие исследователи. В это же время началось и практическое использование водородных двигателей на дирижаблях фирмы «Цеппелин». Для них в качестве топлива использовался водород, наполнивший дирижабль. В 1928 г. был проведен испытательный перелет такого дирижабля через Средиземное море. Особое место в истории водородных двигателей занимают работы Р. Эррена, выполненные в 1920–1930-х гг. Р. Эррен впервые применил внутреннее смесеобразование в двигателях на водороде. Водород подавался в цилиндр через его стенку, что снижало опасность возникновения обратной вспышки. При этом у двигателя сохранялась система подачи основного топлива, и он мог работать на любом из топлив, а также на жидким топливом с добавлением водорода. Р. Эррен перевел на водород несколько типов двигателей, в том числе и дизельный, установленный на автобусе «Лэйлэнд». Успешная пробная эксплуатация этого автобуса происходила в пригороде Лондона. Р. Эрреном был разработан и испытан первый водородно-кислородный ДВС. На такте впуска в цилиндр подавалась смесь кислорода с водяным паром, на такте сжатия — водород. Образующийся при сгорании водяной пар частично возвращался на такте впуска в двигатель и частично конденсировался. Двигатель мог работать без наружного выхлопа, то есть был пригоден для использования в подводных лодках. В это же время в Германии использовались автодрезины, работающие на водороде. Последний производился на заправочных станциях электролизом воды.

В период с 1920-х до начала 1940-х гг. весьма важные и обширные исследования реакции горения водорода в кислороде и воздухе в различных условиях были выполнены российскими учеными школы Н.Н. Семенова, учеными Германии, Англии, США. Таким образом, к началу Второй мировой войны были заложены научные и технические основы использования водорода как топлива. Развитие экспериментальных работ по созданию водородных двигателей было прервано войной.

Однако первый успешный опыт массового серийного использования водорода как топлива в автомобильных двигателях внутреннего сгорания был осуществлен во время Второй мировой войны в России (тогда СССР).

В 1941 г. на Ленинград наступала группа немецких армий «Север», которым удалось отрезать город с суши и установить блокаду. Они стремились сломить сопротивление его защитников голодом, постоянными артиллерийскими обстрелами, наносили удары с воздуха. Блокированный Ленинград фактически оказался островом и организовал собственную оборону — на суше, на воде и в воздухе. Защита города от авиации противника кроме основных средств противовоздушной обороны обеспечивалась сотнями привязных аэростатов заграждения. Заполненные водородом и поднятые на высоту от 2000 до 4500 м гигантские резиновые «колбасы» не позволяли немецким самолетам снижаться для прицельного бомбометания.

Аэростаты приходилось периодически опускать, стравливать «отработанный» водород и заправлять чистым газом. В те дни воентехник младший лейтенант Б.И. Шелищ служил в мастерских по ремонту аэростатных лебедок. Они были установлены на двух сотнях автомобилей ГАЗ-АА, которые работали на бензине, но в условиях блокады бензин в городе стал такой же ценностью, как хлеб. Когда кончился бензин, Шелищ попробовал использовать для спуска аэростатов лифтовые электролебедки, но пока велось переоборудование, не стало и электричества. Б.И. Шелищ

21 сентября 1941 г. обратился к командованию с рационализаторским предложением: подавать «отработанную воздушно-водородную смесь из приземлившимся аэростатов во всасывающие трубы автомобильных двигателей». Очень скоро, 28 сентября, состоялось заседание полкового бюро по рационализации и изобретательству, постановившего: «Считать предложение ценным и приемлемым. Поручить автору предложения приступить к опытной проверке своего предложения».

Первые испытания проводились в сильный мороз — до  $-30^{\circ}\text{C}$ . Несмотря на это, после включения зажигания двигатель, питаемый водородом, легко завелся и длительное время устойчиво работал. Не обошлось без происшествий. Во время опасных опытов сгорели два аэростата, взорвался газгольдер, сам Шелиц получил контузию. После этого для безопасной эксплуатации воздушно-водородной «гримучей смеси» он придумал специальный водяной затвор, исключавший воспламенение смеси при вспышке во всасывающей трубе двигателя. Многократные испытания действия гидрозатвора оказались успешными. Когда все убедились, что система работает нормально, командование приказало за 10 дней перевести все аэростатные лебедки на новый вид горючего. Круглосуточно работали смены бригад слесарей, сварщиков и рабочих других специальностей, изготовивших несколько сотен комплектов аппаратуры. В дальнейшем управление всеми аэростатами велось с «водородных» грузовиков, и работали эти грузовики лучше, чем на бензине [5].

В 1942 г. необычный автомобиль с двигателем, работавшим на водороде, демонстрировался на выставке техники, приспособленной к условиям блокады (об этом 17 января 1942 г. писала газета «Ленинградская правда»). Хотя двигатель несколько часов работал в закрытом помещении, посетители выставки не почувствовали ни дыма, ни гари, ни необычных запахов. Отработанные газы — обычновенный пар — не загрязняли воздух.

За эту работу Б.И. Шелища в декабре 1941 г. наградили орденом Красной Звезды и командировали в Москву, чтобы использовать его опыт в частях противовоздушной обороны столицы — 300 двигателей перевели на использованный водород. Во время войны техник-лейтенант Б.И. Шелиц оформил авторское свидетельство на изобретение (патент № 64209 от 28 июля 1943 г.). И таким образом обеспечил приоритет нашей страны в развитии энергетики будущего. Он совершил гражданский подвиг и проявил при этом необыкновенную фантазию и изобретательность. Отражают сроки реализации его водородного проекта: всего за 10 дней на водород перевели 200 грузовиков, при величайшей надежности техники. За всю войну из-за утечек водорода взорвалась всего одна машина из 500.

После Второй мировой войны фундаментальные исследования процессов и разработки автомобильных двигателей на водородном топливе проводились во многих странах, в том числе в СССР (в НИИ энергетики Казахстана, Институте теоретической и прикладной механики (ИТПМ) СО АН СССР и некоторых других организациях), но активность исследований в этом направлении существенно снизилась. Дешевая нефть и не осознанные еще экологические последствия бурного развития автотранспорта на углеводородных топливах не оставляли места для развития водородных технологий в этой отрасли. Осознание необходимости их развития пришло в начале 1970-х гг., одновременно с первым нефтяным кризисом и резким обострением экологической ситуации в крупных городах. К этому времени относится начало активной фазы научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) по созданию водородных транспортных средств и инфраструктуры их топливообеспечения. К началу 1980-х гг. в США, Японии, Германии, СССР, Канаде и ряде других

стран были созданы экспериментальные водородные автомобили с двигателями внутреннего сгорания, работающие на водороде, бензоводородных смесях, смесях водорода с природным газом и с различными системами хранения водорода на борту автомобиля: в виде гидридов интерметаллических соединений, в жидким и газообразном сжатом состоянии.

В начале 1970-х гг. в Австрии К. Кордеш создал первый экспериментальный водородный электромобиль с водородно-кислородным щелочным топливным элементом (ТЭ) мощностью 6 кВт. Основной задачей работ в этом направлении в последующие годы стало создание эффективной и дешевой двигательной установки на основе водородно-воздушного топливного элемента. Активные исследования и разработки в области водородной энергетики и технологии начались в нашей стране в середине 1970-х гг. Они проводились по многим направлениям крупными научными коллективами под руководством В.А. Легасова, Н.Д. Кузнецова, А.М. Фрумкина, Р.Е. Лозино-Лозинского, А.А. Туполева, В.П. Глушко, В.П. Бармина, А.Н. Барабошкина, В.П. Белякова, А.Н. Подгорного и других выдающихся ученых и крупных организаторов науки.

Разрабатывались новые технологические процессы крупномасштабного производства водорода и водородсодержащих газов из природных топлив, воды и нетрадиционного сырья, методы и средства его хранения, транспортировки и распределения, технологии использования водорода и искусственных топлив на его основе в энергетике (в том числе, автономной), автотранспорте, авиации, ракетной технике, металлургии, химической промышленности и других отраслях народного хозяйства. Была обеспечена координация фундаментальных и прикладных исследований по линии Академии наук и Государственного комитета по науке и технике (ГКНТ). Начиная с середины 1970-х гг. систематические исследования проблем использования водородного топлива для автотранспорта выполняли Институт проблем машиностроения (ИПМаш) АН Украины (Харьков), Научный автомобильный и автомоторный институт (НАМИ, Москва), НПО «Квант» (Москва), Институт атомной энергии им. И.В. Курчатова (Москва), институты Сибирского отделения Академии наук и ряд других организаций. Главными задачами этих исследований и разработок являлись снижение токсичности выбросов и повышение эффективности использования первичных энергоресурсов. Поскольку в крупных городах число автомобилей весьма велико и существует развитая инфраструктура их топливообеспечения, рациональным путем внедрения водородного топлива в автотранспорт было признано создание на базе существующих моделей автомобилей с ДВС, способных работать как на водороде, так и на бензоводородных смесях различного состава. Одновременно с этим разрабатывались двигательные установки для перспективных автомобилей с нулевым выбросом на базе водородно-воздушных топливных элементов и элементы инфраструктуры.

В результате обширных экспериментальных исследований специалистами ИПМаш АН УССР и НАМИ были детально изучены рабочие процессы в двигателях на водороде и бензоводородных смесях как с внешним, так и с внутренним смесеобразованием. Было показано, что главным фактором, вызывающим обратную вспышку, является контакт водородно-воздушной смеси с горячими остаточными газами в момент впуска, и разработаны пути подавления обратных вспышек. Созданы были универсальные системы питания автомобильных двигателей, обеспечивающие их устойчивую работу на водороде, бензоводородных смесях и бензине, и эффективные системы хранения водорода на борту на основе комбинации высокотемпературных и

низкотемпературных металлогидридов. К началу 1980-х гг. в СССР различными организациями были созданы и испытаны опытные легковые автомобили ВАЗ «Жигули», АЗЛК «Москвич», ГАЗ-24 «Волга» и ГАЗ-69, грузовые ЗИЛ-130, микроавтобусы РАФ и УАЗ, работающие на водороде и бензоводородных смесях. Опытная эксплуатация бензоводородных автомобилей «Волга», осуществлявшаяся в Харькове с 1980 г., показала перспективность перевода части городского автотранспорта на бензоводородные смеси с содержанием водорода около 5 % по весу. При этом резко снижается токсичность выбросов, эксплуатационный расход бензина уменьшается на 35...40 %, а эксплуатационная экономичность повышается на 20...25 %. В 1986 г. Минавтопрому СССР было принято решение о выпуске и последующей эксплуатации в городах СССР опытной партии городских микроавтобусов РАФ (200 шт.), работающих на бензоводородных смесях. Однако это решение из-за начавшихся политических процессов не было выполнено [7].

В 1970–1980 гг. в НПО «Квант» был выполнен цикл работ по применению топливных элементов (ТЭ) для городских электробусов на водородном топливе. Была решена задача создания щелочных ТЭ, работающих на водороде и воздухе. Найдено эффективное и изящное решение сложной проблемы создания активного воздушного электрода. Для этого был использован разработанный «Квантом» гидрофобизированный электрод с газозапорным слоем, активность которого в процессе работы поддерживается за счет избытка воздуха (с коэффициентом  $K_n \sim 2,5\dots 3$ ). Одновременно был решен комплекс электротехнических проблем, связанных с созданием системы электродвижения.

В 1982 г. НПО «Квант» и заводом РАФ был создан первый в мире экспериментальный водородный микроавтобус «Квант-РАФ» с комбинированной энергоустановкой на основе водородно-воздушного ТЭ мощностью 2 кВт и никель-цинковой аккумуляторной батареи (5 кВт/ч), который был представлен на Московской международной выставке «Электро-82» и прошел экспериментальную эксплуатацию. На основе полученного опыта специалисты НПО «Квант» совместно с венгерскими партнерами разработали технический проект городского автобуса с энергоустановкой на основе водородно-воздушных щелочных топливных элементов. Однако этот проект, по тем же причинам, что и выпуск малой серии бензоводородных микроавтобусов, не был реализован [6].

Создание систем хранения водорода на борту транспортных средств имеет ключевое значение для развития водородных технологий на транспорте. В 1980-х гг. в нашей стране были разработаны опытные образцы таких систем (металлогидридных, газобаллонных, криогенных). Для автомобилей, работающих на бензоводородных смесях, приемлема разработанная в ИПМаше комбинированная система аккумулирования водорода с использованием низкотемпературных и высокотемпературных гидридов интерметаллических сплавов на основе FeTiVa (70...75 %) и Mg<sub>2</sub>Ni (25...30 %). Такая система обеспечивает минимальные весовые характеристики аккумулятора водорода и полную десорбцию водорода за счет утилизации тепловых потерь двигателя с охлаждающей водой и выхлопными газами. Изготовленные и испытанные ИПМашем несколько опытных металлогидридных аккумуляторов для различных автомобилей («Волга» ГАЗ-24, «Жигули» ВАЗ-2101, автопогрузчик, микроавтобус РАФ) прошли опытную эксплуатацию в составе транспортных средств и показали вполне приемлемые технические характеристики и соответствие нормам безопасности при запасе хода бензоводородных автомобилей до 300 км. Металлогидридные системы хранения водорода вполне приемлемы для бензоводородных автомобилей,

автопогрузчиков, тракторов, подводных лодок, но по весовым характеристикам не подходят для транспорта, работающего на чистом водороде. Для таких автомобилей наиболее эффективны легкие композитные супербаллоны с весовым содержанием водорода примерно 8...10 % при давлениях 300...500 атм. Такие баллоны были разработаны в России для авиационной техники и вполне могут быть использованы в автотранспорте.

Исследовались также и возможности создания криогенных систем хранения жидкого водорода на борту автомобиля. Экспериментальный автомобиль РАФ с криогенной системой хранения водорода испытан на полигоне НАМИ. По результатам этих работ в НПО «Криогенмаш» был разработан экспериментальный криогенный бак для хранения жидкого водорода на борту автомобиля. Однако дальнейшего развития после 1985 г. эти работы не получили. Главными задачами сегодняшних отечественных разработок в области водородной энергетики и технологии являются создание компактных и дешевых топливных элементов с ресурсом более 10 тысяч часов, надежных и дешевых систем хранения водорода на борту автомобиля, обеспечивающих запас хода 400...500 км, бортовых конверторов углеводородных топлив, усовершенствованных элементов инфраструктуры, новых и усовершенствованных технологий производства водорода и его использования в энергетике (в том числе автономной и основанной на возобновляемых энергоресурсах), авиационно-космической технике и других отраслях народного хозяйства, систем обеспечения безопасности [7].

В этих направлениях в последние годы получен ряд важных результатов. Созданы опытные образцы ТЭ с твердополимерным электролитом на базе отечественных мембран мощностью до 10 кВт, разрабатываются такие ТЭ мощностью до 200 кВт для автотранспорта, организовано опытное производство отечественных мембран на основе твердополимерного электролита, созданы компактные электролизеры с твердым полимерным электролитом на повышенные давления с энергопотреблением 3,9...4,2 кВт·ч/нм<sup>3</sup> H<sub>2</sub> производительностью до 10 нм<sup>3</sup>/ч, компактные микроволновые конверторы природных топлив в синтез-газ производительностью до 20 нм<sup>3</sup>/ч, новая технология модификации полимерных мембран для выделения водорода из газовых смесей, обеспечивающая увеличение их селективности на несколько порядков, эффективные каталитические дожигатели водорода производительностью до 100 нм<sup>3</sup>/ч по водородсодержащему газу (РНЦ «Курчатовский институт» в кооперации с НПО «Пластполимер», ГУП «Компания МЭТИС» и др.), созданы и испытаны экспериментальные и опытно-промышленные устройства для использования водородных технологий в автономной и стационарной энергетике — водородно-кислородные парогенераторы мощностью до 25 МВт (ИВТАН, Центр Келдыша), энергоустановка на базе водородно-воздушного щелочного ТЭ мощностью около 6 кВт (ФГУП «НПП «Квант»», Independent Power Technology), разработаны новые интерметаллические соединения с емкостью по водороду до 2 % (весовых) и выше и организовано их опытное производство (Московский завод полиметаллов «Полимс», МГУ, ИХФ РАН и др.), новые типы блочных катализаторов на теплопроводных носителях для бортовых конверторов углеводородных топлив и стационарных компактных конверторов (Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН), выполнены разработки усовершенствованного криогенного оборудования, обеспечивающего снижение энергозатрат при производстве жидкого водорода и потерь при его транспортировке, распределении и хранении (ОАО «Криогенмаш» и кооперация), усовершенствованных ДВС для работы на водороде и водородсодержащих топливах (НАМИ). Этот далеко не пол-

ный перечень результатов последних лет показывает, что российская наука и техника способна решать сложные задачи создания новых водородных технологий для автотранспорта, авиации, ракетной техники, энергетики и других отраслей народного хозяйства [7].

В США, Великобритании, Франции, Германии, Канаде, Японии всплеск интереса к электротранспорту в 1970-х гг. XX в. возник как раз на фоне скачкообразного роста цен на нефть из-за политического кризиса — недостатка в сырье не было, но четырехкратный рост цен мгновенно сделал бензиновые автомобили и нефтяную энергетику роскошью. На пути бензиновых авто встали более спорные препятствия — забота об экологии в городах и странах, где автомобильный выхлоп стал проблемой. Из-за этого, например, Германия приняла резолюцию о запрете производства автомобилей с ДВС с 2030 г. Франция и Великобритания обещают отказаться от углеводородного топлива до 2040 г. Нидерланды — до 2030 г. Норвегия — до 2025 г. Даже Индия и Китай рассчитывают запретить продажи дизельных и бензиновых авто с 2030 г. Париж, Мадрид, Афины и Мексика запретят к использованию дизельные машины с 2025 г.

Водородные энергетические установки автомобиля (баллон со сжатым водородом + топливный элемент (ТЭ) +электромотор) в перспективе выглядят крайне привлекательно как по цене, так и по эксплуатационным характеристикам. Однако все же основным стимулом их развития является снижение выбросов в атмосферу парниковых газов. Если использовать жидкий водород в автомобиле, необходимо иметь криогенную систему обеспечения. Резервуар или бак для хранения водорода должен быть достаточно холодным в целях безопасности.

Водород ведет к ломкости металла. Хрупкий металл может создавать утечки. На трубопроводе или в аккумуляторе это может вести к взламыванию или растрескиванию стенок и, как следствие, — к катастрофе. Поэтому необходимо создание соответствующего сплава, стойкого к воздействию водорода. Водород — очень «текучий» элемент. Как только его закачали в бак, он старается выйти из него, как самый легкий из всех газов. Он быстро растворяется и проникает в металлы, резину, пластики и даже стекло, поэтому требуются дополнительные усилия, чтобы застраховаться от утечек. «Запирающие» устройства на баках с водородом нуждаются в сложном наборе запоров, прокладок и клапанов. Утечки вероятны также и из-за высокого давления. Это может происходить по швам, неметаллическим прокладкам и т. п. Сверхпрочная топливная задвижка топливного элемента может иметь тысячи условно опасных мест.

Водород имеет самую низкую точку зажигания из всех видов топлива, в 20 раз более низкую, чем бензин. В смеси с воздухом образуется чрезвычайно взрывоопасный гремучий газ. Поэтому, если имеется утечка, то даже в состоянии покоя при взрыве водородного бака одного автомобиля площадь пораженной территории охватит несколько квадратных километров. И пока не видно путей устранения утечек и полного исключения взрывов и пожаров.

Создание широкой водородной инфраструктуры автозаправок при современном уровне технологий — крайне дорогая (порядка 5 млрд долл.) для охвата 10 % автомобилей США задача. Департамент Энергетики США в январе 2006 г. принял план развития водородной энергетики. План предусматривал:

- к 2010 г. — первичное рыночное проникновение водорода;
- к 2015 г. — коммерческую доступность;
- к 2025 г. — реализацию водородной экономики.

В реальности проекты «водородных шоссе» были закрыты в 2011 г. и происходит дальнейшая корректировка планов коммерческого использования водорода в автомобильном транспорте. Кроме того, в полной мере не решены вопросы ВЭ в техническом отношении и в плане обеспечения безопасности. Действительно, опасность взрывов «гримучей смеси» в случае утечки водорода с кислородом воздуха при массовом использовании сжатого водорода очень высока. Безопасные методы хранения водорода либо слишком дороги, либо нетехнологичны. Тем не менее идут интенсивные разработки в этом направлении, и теоретически можно ожидать появления безопасных способов хранения водорода на борту автомобиля. Одним из немногих серийных автомобилей, где водород сжигался в ДВС подобно другому топливу, стал BMW Hydrogen 7, вышедший всего в 100 экземплярах в 2006–2008 гг. Модифицированный шестилитровый ДВС V12 работал на бензине или водороде, переключение между видами топлива происходило автоматически. Несмотря на успешное решение проблемы перегрева клапанов, на этом проекте все равно поставили крест. Во-первых, при сжигании водорода мощность двигателя падала примерно на 20 % — с 260 л. с. на бензине до 228 л. с. Во-вторых, 8 кг водорода хватало всего на 200 км пробега, что в разы меньше, чем в случае с дизельными элементами.

Еще раньше, в 2003 г., была представлена двухтопливная Mazda RX-8 Hydrogen RE, добравшаяся до заказчиков только к 2007 г. При переходе на водород от мощности легендарного роторного RX-8 не оставалось и следа — мощность падала с 206 до 107 л. с., а максимальная скорость — до 170 км/ч. Стало окончательно ясно, что куда эффективней использовать водород в давно известных топливных элементах, чем просто жечь. В 2013 г. Toyota представила модель Mirai на водородных топливных элементах. Уникальность ситуации была в том, что Toyota Mirai был не концепт-каром, а готовым к серийному производству автомобилем, продажи которого начались уже год спустя.

В отличие от электромобилей на аккумуляторах, Mirai сама вырабатывала электроэнергию для себя. Электродвигатель переднеприводной Mirai имеет максимальную мощность 154 л. с., что немного для современного электромобиля, но весьма неплохо в сравнении с водородными авто прошлого. Теоретический запас хода на 5 кг водорода составляет 500 км, фактический — около 350 км. Tesla Model S по паспорту может пройти 540 км. Вот только на заправку полного бака водорода уходит 3 минуты, а батарея Tesla заряжается до 100 % за 75 мин на станциях Tesla Supercharger и до 30 ч от обычной розетки на 220 В. Постоянный ток из 370 водородных топливных элементов Mirai преобразуется в переменный, а напряжение увеличивается до 650 В. Для запаса энергии используется никель-металл-гидридный аккумулятор на 21 кВт·ч, в который передается избыток от топливных элементов и энергия рекуперативного торможения. Учитывая японские реалии, при которых населенные пункты могут в любой момент пострадать от землетрясения, в багажнике Mirai 2016 модельного года установлен разъем CHAdeMO, через который можно организовать электроснабжение небольшого частного дома, что делает автомобиль генератором на колесах с предельной емкостью 150 кВт·ч. Кстати, всего за несколько лет Toyota удалось значительно уменьшить массу генератора: если в начале века в прототипах он весил 108 кг и выдавал 122 л. с., то в Mirai топливный элемент вдвое компактней (объем 37 л) и весит 56 кг. Справедливо будет прибавить к этому 87 кг топливных баков. Для сравнения, популярный современный турбомотор Volkswagen 1.4 TSI схожей с Mirai мощностью 140...160 л.с. славится своей «легкостью» благодаря алюминиевой конструкции — он весит 106 кг плюс 38...45 кг бензина в баке. Кстати, батарея Tesla Model S весит 540 кг.

За 4 км пробега Mirai вырабатывает только 240 мл дистиллированной воды. В Toyota Mirai установлено сразу два бака для водорода на 60 и 62 л, в сумме вмещающих 5 кг водорода под давлением 700 атм. Toyota разрабатывает и производит водородные баки самостоятельно вот уже 18 лет. Бак Mirai сделан из нескольких слоев пластика с углеволокном и стеклотканью. Использование таких материалов, во-первых, повысило стойкость хранилищ к деформации и пробитию, а, во-вторых, решило проблему наводораживания металла, из-за которого стальные баки теряли свои свойства, гибкость и покрывались микротрецинами. С другой стороны, в случае ДТП углепластиковые баки получат трещины и катастрофы не избежать.

На автосалоне в Ганновере в 2019 г. все крупные производители легковых автомобилей представили свои модели на водороде, включая Audi, BMW, Daimler, Ford, GM, Mercedes-Benz. Максимальной дальностью поездки в 750 км на одной заправке в 2019 г. обладает серийный автомобиль Honda Clarity. Автомобили на водородных ТЭ продаются дорого: Honda Clarity — 51 тыс. евро, Toyota Mirai — 60,7 тыс. евро, Hyundai ix35 Fuel Cell — 65,4 тыс. евро. При этом во всех странах покупатели получают компенсацию в 20...30 % от стоимости автомобиля и гарантию на 5–10 лет. По оценке Hydrogen Council, существенное падение стоимости ТЭ (на 80 %) может быть достигнуто за счет масштабирования производства машин и заправочной инфраструктуры. Стоимость батареи топливных элементов Toyota Mirai в 2016 г. составила \$183 / кВт. По прогнозу Департамента энергетики США, стоимость мощности топливных элементов с PEM к 2025 г. может снизиться до \$36 / кВт при условии производства не менее 500 тыс. батарей топливных элементов в год.

Канада первой в мире интегрировала водород в городской транспортный автопарк. Канадская компания поставила первые ячейки на автобусы Ванкувера еще в 1995 г. За четверть века технологии были отработаны, и транспорт ездит исправно. С 2005 г. аналогичный принцип активно используется в Нидерландах, Испании, Германии, Италии, Люксембурге, Исландии. Магистрат Цюриха, к примеру, в 2020 г. купил 130 автобусов Hyundai на водороде плюс к уже имевшимся 150–160 ед. Основной рывок запланирован на 2021–2023 гг. Масштабные проекты по водородизации городского транспорта реализуются также в Австралии и Китае.

Преимущества водородных автомобилей:

- главное неоспоримое преимущество автомобилей на водороде — это высокая экологичность, так как продуктом горения водорода является водяной пар. Конечно, при этом сгорают еще различные масла, но токсичных выбросов гораздо меньше, чем у бензиновых выхлопов;
- простая конструкция;
- отсутствие дорогостоящих систем топливоподачи, которые к тому же опасны и ненадежны;
- бесшумность;
- КПД электродвигателя на водородном топливе намного выше, чем у ДВС.

Недостатки водородных автомобилей:

- дорогой и сложный способ получения топлива в промышленных объемах;
- отсутствие водородной инфраструктуры заправок автотранспорта;
- не разработаны стандарты транспортировки, хранения и применения топлива на водороде;
- несовершенство технологий хранения такого топлива;
- дорогие водородные элементы;

• большой вес транспорта. Работа электродвигателя на водородном топливе требуют водородные преобразователи тока и мощные аккумуляторные батареи, которые весят немало, а также обладают внушительными габаритами;

• существует опасность возгорания и взрыва при работе водорода с традиционным топливом.

Ознакомившись с достоинствами и недостатками применения в автомобилях водородного топлива можно понять, почему до сих пор откладывается серийный выпуск водородных автомобилей. Однако из-за ухудшающейся экологии этот альтернативный источник энергии может оказаться единственным решением проблемы.

Мировые производители все же проводят испытание в этой сфере и выпускают автотранспорт на водородном топливе:

- Toyota — модель Toyota Highlander FCHV;
- Ford Motor Company проводит испытания с концептом Focus FCV;
- Honda со своей моделью Honda FCX;
- Hyundai выпускает Tucson FCEV;
- Daimler AG отвечает за модель Mercedes-Benz;
- General Motors.

Общей проблемой автотранспорта на водороде независимо от функционального назначения является повышенная пожаровзрывоопасность эксплуатации по сравнению с бензиновыми и дизельными автомобилями. Это, в свою очередь, требует первоочередной разработки организационных мер и технических средств контроля утечек водородного топлива.

## Литература

- [1] Global energy transformation: A roadmap to 2050 (2019 edition). Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2019. 52 р.
- [2] Тарасов Б.П., Лотоцкий М.В. Водородная энергетика: прошлое, настоящее, виды на будущее // Журнал Российского химического общества им. Д.И. Менделеева. 2006. Т. 1. № 6. С. 5–18.
- [3] Полякова Т.В. Состояние и перспективы развития водородной энергетики // Вестник МГИМО Университета. 2012. № 1. С. 156–164.
- [4] Дли М.И., Балабина А.А., Дроздова Н.В. Водородная энергетика и перспективы ее развития // Альтернативная энергетика и экология (ISJAEE). 2015. Вып. 22. С. 37–41.  
DOI: 10.15518/isjaee.2015.22.004
- [5] Бродский А.Д. Двигатели на водороде работали в осажденном Ленинграде // Изобретатель и рационализатор. 1975. № 5. С. 8–9.
- [6] Хрусталёв Е.Ю. Из истории водородной энергетики // Энергетика и промышленность России. 2008. № 15–16. URL: <https://www.eprussia.ru/egr/107/8367.htm> (дата обращения 10.01.2022).
- [7] Фатеев В.Н., Григорьев С.А., Серегина Е.А. Водородная энергетика в России и СССР // Российские нанотехнологии. 2020. Т. 15. № 3. С. 262–279.

## Hydrogen Energy, a Brief Historical Digression, Prospects and Problems of Development

**Lositskiy Vladimir Petrovich**

fondserebrova@yandex.ru

*Foundation for the Support of Children's Technical Creativity  
named after the USSR Cosmonaut Hero of the Soviet Union A.A.Serebrov*

**Polyakov Alexander Dmitrievich**

alekdmtrpol@gmail.com

*Foundation for the Support of Children's Technical Creativity  
named after the USSR Cosmonaut Hero of the Soviet Union A.A.Serebrov*

*The prospects and problems of using hydrogen as a promising energy source are considered. Due to the low coverage of this topic in the broad public information environment, there are many interpretations and unnecessary optimistic expectations in solving this undoubtedly promising task. The achievements of national and international research centers in solving this problem are presented, directions and prototypes of industrial products are shown. Conclusions are drawn about the need for further development of this topic, the range of tasks for their solution is outlined. Separately, the problem of ensuring fire safety and explosive safety in connection with the physical and chemical properties of hydrogen is considered.*

**Keywords:** ecology of the city, carbon footprint, pyrolysis of hydrogen from methane, method of electrolysis from water, hydrogen as a promising fuel

### References

- [1] Global energy transformation: A roadmap to 2050 (2019 edition). Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2019, 52 p.
- [2] Tarasov B.P., Lototskiy M.V. Vodorodnaya energetika: proshloe, nastoyashchee, vidy na budushchее [Hydrogen power engineering: past, present, views for the future]. Zhurnal Rossiyskogo khimicheskogo obshchestva im. D.I. Mendeleva [Journal of the Russian Chemical Society named after D.I. Mendeleev]. 2006, vol. 1, no. 6, pp. 5–18. (in Russ.).
- [3] Polyakova T.V. Sostoyanie i perspektivy razvitiya vodorodnoy energetiki [State and prospects of hydrogen energy development]. Vestnik MGIMO Universiteta [Bulletin of MGIMO University], 2012, no. 1, pp. 156–164. (in Russ.).
- [4] Dli M.I., Baliabina A.A., Drozdova N.V. Vodorodnaya energetika i perspektivy ee razvitiya [Hydrogen energy and development prospects]. Alternativnaya energetika i ekologiya (ISJAE) [Alternative Energy and Ecology (ISJAE)], 2015, iss. 22, pp. 37–41. (in Russ.) DOI: 10.15518/isjaee.2015.22.004
- [5] Brodskiy A.D. Dvigateli na vodorode rabotali v osazhdennom Leningrade [Hydrogen engines worked in besieged Leningrad]. Izobretatel i ratsionalizator [Inventor and innovator], 1975, no. 5, pp. 8–9. (in Russ.).
- [6] Khrustalev E.Yu. Iz istorii vodorodnoy energetiki [From the history of hydrogen energy]. Energetika i promyshlennost Rossii [Energy and Industry of Russia], 2008, no. 15–16. Available at: <https://www.eprussia.ru/epr/107/8367.htm> (accessed January 1, 2022). (in Russ.).
- [7] Fateev V.N., Grigorev S.A., Seregina E.A. Vodorodnaya energetika v Rossii i SSSR [Hydrogen energy in Russia and the USSR]. Rossiyskie nanotekhnologii [Russian Nanotechnologies], 2020, vol. 15, no. 3, pp. 262–279. (in Russ.).

УДК 008

## Развитие космической отрасли. Истоки, эволюция взглядов и современные решения

Магомадов Сайдмагомед Мухмәд-Салимович

saiditmkl@gmail.com

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)

Выполнен обзор человеческого прогресса в сфере освоения космоса. Проанализированы начальные теоретические знания и последующий переход к практическому изучению космоса. Исследован переход от их теоретической основы к практическим трудам отечественных и зарубежных ученых. Представлены этапы жизненного пути и труды ученых, оставивших наиболее значимый вклад в освоение космического пространства. Дан обзор выставочной деятельности и рассмотрен проект Международной космической станции с точки зрения влияния данных событий на имидж и репутацию Российской Федерации в сфере освоения космоса.

**Ключевые слова:** космонавтика, космонавтика и культура, развитие общества, взгляды на устройство вселенной, Константин Эдуардович Циолковский, Сергей Павлович Королев, выставочная деятельность, дипломатия, космос, космические технологии, международные отношения, имидж, репутация

Тема космоса всегда была крайне актуальной и востребованой. Особенную позицию данный вопрос занимает и в России. На протяжении 100 лет данная тематика получает активное развитие и укрепляет свои позиции.

Однако построение космической программы не было вопросом одного дня. Данный проект носит стратегический характер. Использовать преимущества, наработанные Россией и Советской космической программой, призывает Президент РФ В.В. Путин: «В новом, XXI веке, Россия должна достойно поддержать статус одной из ведущих ядерных и космических держав, потому что космическая отрасль связана напрямую с обороной, хочу это тоже напомнить» [1]. Данный вектор, заданный В.В. Путиным, определяет важность и актуальность данной тематики в вопросах развития и прогресса общественного самосознания россиян.

Тяга к неизведанному, блеск далеких звезд и различные суеверия испокон веков пробуждали интерес населения Земли. Именно этот фактор привлекал лучшие умы планеты к изучению и познанию темы космоса. Однако первым способом познания вселенной все-таки служили всем известные мифы. В мифах сотворением вселенной занимаются божества. В разных культурах мифы различаются, однако есть общая божественная линия практически у всех культур. Основная линия, связывающая все эти истории, — присутствие хаоса и разделение пространств на небо и землю, или на верхнюю и нижнюю часть.

Следующим распространенным маркером является присутствие стержня мироздания, или оси. Это обусловлено находящимися вблизи мест непосредственного проживания данного общества больших неодушевленных предметов, например, гор или озер. Еще один распространенный миф — это представление о так называемом поддерживающем животном, будь то черепаха, слон или кит, на спине которого располагается наша планета [2]. Однако данные модели были крайне далеки от реальности, и первые мысли, наиболее похожие на современные идеи, начали зарождаться в умах греческих философов. Именно они заложили представления, которые известны и во многом актуальны и по нынешний день. Так, Птолемей написал Энциклопе-

дию астрономических и математических знаний. В труде была описана геоцентрическая система мира. Идея провозглашала центром вселенной землю. Вокруг нее, согласно трудам Птолемея, и происходит вращение всех небесных тел. Это учение было актуально до времен написания своих работ о гелиоцентрической системе устройства вселенной ученым Николаем Коперником.

Фактор представлений о занятии центральной позиции нашей планеты в космосе в разных культурах говорит о приблизительно единовременности формирований первородных познаний о космосе у человечества. Аристотель подобно Птолемею считал, что земля неподвижна и небесные тела привязаны к твердым «небесным сферам». Представители школы Пифагора полагали, что Солнце, Луна и другие планеты вращаются вокруг некого центрального Огня — Гестии. Данную модель называли пироцентрической.

Более зрелую и похожую на правдивую теорию предложил Аристарх Самосский, предположивший, что Солнце — это центральное космическое тело и Земля имеет меньший размер. Однако теории, говорящие о том, что Земля — это центр космоса, были популярны еще очень долго.

Последующей важной вехой в вопросе изучения космоса стали Средние века. Ученые того периода времени главным образом опирались на работы античных философов. Главной концепцией, принятой ими, оставался геоцентризм. При этом на развитие человечества в данном вопросе начал влиять такой масштабный и всеобъемлющий фактор, как христианство. Мир для человечества времен Средневековья пропускался сквозь призму восприятия мира глазами Бога, а это означало, все вещи имеют глубокий духовный смысл. То есть вещи и идеи — это различного рода проявления божественного промысла.

Следом за Средними веками человечество вошло в эпоху Ренессанса. Данный временной период отличался тем, что методы наблюдения за природными явлениями развивались и позволяли создавать все более полную картину мира. Именно в эпоху Ренессанса появляется гениальный ученый Николай Коперник с его идеями о гелиоцентризме. Учение Коперника гласило, что в центре мира находится Солнце, вокруг которого вращаются планеты, и более того, Земля вращается вокруг своей оси. Однако наиболее значимый период в сфере открытий и формирований концепций, наиболее походящих на нынешние, — эпоха Просвещения. Это время характеризуется большим количеством географических открытий и морских путешествий.

Однако главными открытиями в вопросах освоения космических пространств стали открытия в областях механики и оптики. Именно данные новшества позволили человечеству убедиться в сложности и разнообразии не только нашей планеты, но и устройства Вселенной в целом. Открытие этих технологий послужило началом так называемой телескопической эпохи. Человечество начало активно наблюдать за небесными телами на принципиально новом уровне. Период активных познаний задал новый дух времени. Все отныне стало доступно для изучения, вопрос был только в технологиях. В эту эпоху выдвигались самые смелые теории о природе космоса: будь то Иоганн Кеплер с его тремя законами планетных движений или Галилео Галилей, настаивавший на том, что Земля вращается вокруг своей оси в течение суток. Такого рода заявления в те времена приводили к неизбежным конфликтам с Римской католической церковью. Все это доказывало, что Земля ничем не отличается от других небесных тел, у которых также есть спутники, и они находятся в постоянном движении.

Следующей вехой в исследовании мироустройства является модель вселенной Ньютона. Исаак Ньютон открыл и сформулировал закон всемирного тяготения, раз-

работал единую систему земной и небесной механики и сформулировал законы динамики. Данные открытия легли в основу классической физики. Именно Ньютон доказал состоятельность законов Кеплера с позиции гравитации и разработал теорию о бесконечности Вселенной. Рассмотрение вопроса о бесконечности Вселенной и изложение своих представлений о материи и плотности также внесли вклад в развитие представлений человечества о космосе. Труды Ньютона «О математических началах натуральной философии», написанные в 1687 г., собрали результаты исследований предшественников и заложили методы создания модели Вселенной с помощью математического анализа. Исаак Ньютон внес неоценимый вклад и сильно опередил своих современников, именно благодаря ему человечество вышло на новую стадию развития и познания космических пространств.

Следующим значительным этапом в развитии знаний и представлений стал XX в. Главным и самым узнаваемым именем тех времен является имя гениального ученого из Германии Альберта Эйнштейна. Его прорывные с точки зрения прогресса теории об общей относительности, которые были сформулированы в 1916 г., доказывали, что пространство не является чем-то неизменным, время имеет начало и конец и может течь по-разному в зависимости от условий. Данная теория и по сей день наиболее влиятельна. Она вобрала в себя время, движение и гравитацию. Как известно, это главные составляющие практически всей физической реальности и принципов построения мира. Эти же положения утверждают, что пространство должно либо расширяться, либо сужаться [3]. Доказательство динамичности Вселенной сильно изменило представления и подходы ученых. Данный качественный прогресс позволил американскому астроному Эдвину Хабблу доказать, что мы находимся в галактике под названием Млечный путь, в которой располагается Солнечная система. Также утверждалось, что наша Галактика — лишь одна из сотен миллиардов других. Исследуя данный вопрос, Хаббл сделал вывод, что галактики находятся в постоянном движении, и они удаляются друг от друга.

Таким образом, было предположено постоянное расширение Вселенной. Согласно данной концепции постоянного расширения, выходит, когда-то Вселенная находилась в сжатом состоянии. Инцидент, который предшествовал переходу Вселенной от сжатых кондиций к росту, получил название Большого взрыва. Таким образом, к XXI в. данная теория была дополнена такими понятиями, как «темная энергия». Природа данного явления до сих пор не ясна, однако данный элемент составляет основную массу Вселенной. Именно давление «темной энергии» способствует постоянному расширению. Также важной вехой в изучении Космоса стало открытие таких явлений, как черные дыры, в которых исчезают вещество и излучение. Предположительно черные дыры — это погибшие звезды [4]. Данные, полученные в процессе этих познаний, позволили предположить возраст Вселенной со времени начала расширения, предположительно он оценивается в 13–15 млрд лет [5]. Данный колоссальный прогресс за крайне непродолжительный срок времени привел человечество к осознанию своей неуникальности. Открытие большого количества звезд, планет и галактик поставило огромное количество вопросов, на которые современная наука не имеет возможности дать ответ из-за отсутствия достаточно мощных технологий. С наступлением XXI в. человечество уже обладало огромным пластом знаний о космосе, не только с позиции сторонних наблюдателей, но уже как побывавших в тех пространствах участников. Прогресс ученых с разных концов планеты уже вывел человека на орбиту, высадил человека на Луну и изучил достаточно хорошо другие планеты Солнечной системы. Ниже будет описан процесс непосредственно практи-

ческого изучения космоса человечеством и влияния данных процессов на дипломатические, экономические и другие аспекты жизни людей.

Как уже отмечалось, на формирование взглядов о вселенной и ее материальной природе влияли представители различных научных школ. К примеру, Демокрит, Аристотель, Птолемей, Иоганн Кеплер, Галилео Галилей и Пифагор в своих трудах рассматривали космос, его влияние и взаимосвязь с нашим миром. Однако их мысли носили лишь теоретический и творческий характер. И склонность человеческой природы познания явлений в полной мере не оставила другого выбора ходу развития изучения космоса.

Дорогу в космос отечественные ученые начали прокладывать раньше, чем принято считать. У истоков космонавтики в нашей стране стоял Гагарин, но не Юрий Алексеевич, а родившийся в 1829 г. Николай Федоров — внебрачный сын князя Павла Гагарина, взявший фамилию крестного отца [6]. Вследствие данного факта началось формирование идей, пусть даже и фантастических, но все же уже визуализирующих идею запуска человека в те далекие пространства. Так, советский ученый Константин Эдуардович Циолковский, который занимался разработкой теорий о космонавтике и спроектировал первую ракету, способную вывести объект за пределы земного притяжения, пророчески отмечал: «Сначала неизбежно идут мысль, фантазия, сказка, а за ними существует точный расчет» [7]. Со временем такие идеи и каждое последующее поколение, вырастающее на все более детально описанных, хоть и научно-фантастических трудах, начинает предпринимать попытки и закладывать фундамент для запуска человека в те далекие и недосягаемые, как тогда казалось, просторы.

Однако родоначальником идей ракетных двигателей в России является человек, во многом опередивший свое время, — Николай Иванович Кибальчич (1853–1881). Его идеи носили революционный по тем временам характер, он был осужден и посанжен под стражу. Тем не менее в тюрьме он продолжил работу над своим проектом летательной машины [8]. Его идея отличалась тем, что он хотел применить порох в реактивном двигателе. Также Н.И. Кибальчич всерьез задумался о системах управления, торможения и устойчивости аппарата. Однако его идеям было суждено воплотиться в реальность не при его жизни. Таким образом, Циолковский практически через 20 лет после смерти Н.И. Кибальчича заложил основы той космонавтики, которую человечество знает сегодня. Как отмечает Н.А. Душкова в своей работе «Из истории освоения космоса»: «Разработав теорию реактивного движения, ряд принципиальных требований к созданию ракетной техники, к системам, обеспечивающим жизнедеятельность экипажа, К.Э. Циолковский гениально предвосхитил реальные пути, методы и стратегию освоения человеком космического пространства» [9].

К.Э. Циолковский, безусловно, внес огромный вклад в развитие аэрокосмической отрасли, и по сути своей стал человеком, чье дело подхватил и продолжил знаменитый ученый, конструктор, организатор производства ракетно-космической техники и ракетного оружия и по сути основатель практической космонавтики Сергей Павлович Королёв. Родился он 12 января 1907 г. в Житомире. Королёв внес неоценимый вклад в развитие и создание советской космонавтики. Несмотря на все невзгоды и репрессии он смог пронести искреннее желание созидать и развивать технологии военной и аэрокосмической отрасли. Самыми знаменитыми достижениями данного деятеля являются: запуск первого в мире искусственного спутника Земли, участие в подготовке и запуске автоматических межпланетных станций «Луна-1», Луна-2», Луна-3», последняя из которых сделала снимки обратной стороны Луны. Также стоит отметить два самых ярких и громких достижения С.П. Королёва — это организация и

руководство проектом первого полета человека в космос и руководство проектом первого выхода человека в открытый космос [10]. Именно под чутким начальством С.П. Королёва космонавты Гагарин и Леонов совершили свои подвиги. Таким образом, можно сделать вывод, что Сергей Павлович Королёв внес неоценимый вклад в развитие, создание и руководство Советской космической программой. Миллионы людей впечатляются тематикой космоса и имеют возможность наблюдать за прогрессом в данной отрасли именно благодаря его труду. Именно так он смог повлиять на общество не только Советского Союза, но и в целом на развитие прогресса человечества в вопросе изучении пространств, которые до его деятельности казались далекими и недоступными. За свои выдающиеся достижения С.П. Королёву было дважды присвоено звание Героя социалистического труда.

Параллельно с успехами Советской космонавтики бурно развивалась космическая программа США. Именно данная космическая гонка создала огромное количество технологий, которые и ныне используются не только в космонавтике, но и в медицине, конструкторском деле и развитии производства высокотехнологичных материалов. В процессе развития космической отрасли государства — участники «гонки» начали осознавать, что одним из важнейших аспектов космических программ разных стран является фактор объединения народов и совместной продуктивной деятельности, направленной на всецелое развитие человечества. Как отмечают эксперты, «...для достижения поставленных целей и более качественного прорыва в ракетно-космической отрасли все более необходимым становится стратегическое партнерство с другими странами. Возможность такого партнерства открывает совершенно иные, качественно новые перспективы развития и реализации ряда важных проектов для дальнейшего развития отрасли, так как в данное партнерство вкладываются не только обмен важнейшими технологиями и знаниями, но и разделение огромных финансовых затрат, а также совместные запуски на космодромах стран партнеров, что является очень важной частью данного стратегического партнерства» [11]. Самым ярким примером такого продуктивного сотрудничества является Международная космическая станция (МКС). Данный комплекс — это место совместной работы космонавтов из 15 стран. Условия космоса и станции предполагают жесткую организацию труда и беспрекословную дисциплину. Поэтому сотрудники станции независимо от своего происхождения, религии или гражданства в условиях космической станции вынуждены слаженно трудиться изо дня в день. Именно данный фактор, по мнению автора, создает уникальную химию команды. Ведь от продуктивности труда в таких условиях зависит не только сохранность высокотехнологичного комплекса, но и выживание персонала станции в целом. Общество в условиях глобализации и цифровизации имеет возможность наблюдать за деятельностью космонавтов практически в прямом эфире. Особенную актуальность и востребованность данной станции подчеркивает недавняя поддержка идеи включения белорусского космонавта в состав МКС Президентом РФ [12].

Отметим, что работа на данной станции мотивирует умы молодых людей к обучению и развитию себя как специалистов и как личностей. Такая репутация обусловлена позиционированием бренда МКС. Однако данная станция создает не только благоприятную ауру вокруг себя, она также имеет абсолютно осязаемые и полезные качества для человечества в целом. МКС — это, в первую очередь, научное пространство, где проводятся исследования и эксперименты для общечеловеческого прогресса. Разработанные для космической отрасли технологии активно используются людьми в повседневной жизни. Примеров «перекочевавших технологий» намного

больше, чем обыватель может себе представить, в том числе: фильтры для воды, тefлон, который используется в производстве посуды, геолокационные сервисы и даже банальные застежки и липучки, которые люди используют ежедневно, даже не задумываясь о природе происхождения данных разработок. Все эти технологии так или иначе были созданы для космонавтов и космонавтики. Данные разработки постепенно пришли в жизнь людей по всему миру [13]. Проблематика вопроса такова, что многие налогоплательщики негативно настроены к затратам на финансирование аэрокосмического комплекса, однако несвоевременное и некачественное освещение и популяризация космических технологий не могут наглядно продемонстрировать пользу инвестиций в данную высокотехнологичную отрасль.

Таким образом, можно наблюдать, как тематика космонавтики и ее имидж способны плодотворно воздействовать на общество. В продолжение темы стоит отметить, что тема космоса увенчана особым романтизмом и харизмой в постсоветском пространстве. Ныне в России данная отрасль во многом является наследницей именно советской космической программы, которая отличалась прорывной культурой быстрого развития, культом технологичности и особенным соревновательным духом. Именно фактор соперничества с Западом, по мнению автора, оказывал столь мотивирующее влияние на развитие космической отрасли. С точки зрения влияния столь инновационная и интересная для граждан Советского союза тема создавала огромное количество востребованных информационных поводов. И деятельность космонавтов, и работа технических специалистов освещались повсеместно. Именно грамотное позиционирование данной тематики, умелая работа специалистов по связям с общественностью создали имидж лидера и новатора Советскому Союзу. В совокупности труд технологического блока и отдела, отвечающего за пропаганду и связи с общественностью, создавали для отрасли благоприятный имидж. Данная репутация способствовала эффекту большой приверженности и поддержки со стороны советского народа.

Что касается наших дней, как уже было сказано, нынешняя космическая программа во многом является наследницей традиций и культуры именно советской авиационно-космической отрасли. В этом есть преимущество и недостаток современного аэрокосмического комплекса России. С точки зрения преимуществ были унаследованы такие факторы, как преемственность традиций, разработки и имидж. Однако если в случае с разработками и технической частью очевидных слабостей и недостатков не наблюдается, хотя, безусловно, прогресс в данных сферах также необходим, то в случае имиджа, репутации и вопросах влияния, которое оказывается на общество данной сферой, есть определенные упущения и недостатки. При детальном рассмотрении практического любого случая из истории космонавтики в России однозначно складывается исключительно позитивное мнение.

Однако динамика развития общества такова, что привычные для предыдущих поколений каналы средств массовой информации отличаются от нынешних и трендовых. Анализ данных каналов позволяет сделать вывод: многие коммуникативные каналы упускаются из виду. Даже если они используются, формат донесения сообщений может приобрести новый, столь востребованный, «хайповый» и вирусный формат. Данные изменения позволяют вывести аэрокосмическую сферу на новый уровень узнаваемости и трансформировать имеющийся имиджевый капитал в нечто новое и интересное для подрастающих поколений. Это является важным аспектом, так как подрастающее молодые люди — прямые наследники сегодняшнего авиационно-космического комплекса. Естественно, грамотное информирование в востребованных

молодым поколением форматах имеет важный стратегический характер. Несмотря на данное возможное упущение, космическая отрасль в России, а именно государственная корпорация «Роскосмос», активно занимается всевозможной PR-деятельностью, направленной на улучшение позиций в данной сфере. Наследственность данной космической корпорации, безусловно, играет ей на руку. Так, PR-команда и пресс-центр «Роскосмоса» взяли за обычновение проводить, организовывать и принимать участие во всевозможных мероприятиях, выставках и благотворительных акциях. Например, в 2020 г. были проведены следующие акции:

- арт-проект «Скафандр», направленный на помочь детям с онкологическими заболеваниями;
- участие во Всероссийской акции «Елка желаний», в которой руководство «Роскосмоса» воплощало мечты детей с различными заболеваниями;
- активное взаимодействие высшего руководства организации со всевозможными СМИ.

Это лишь немногие мероприятия, в которых «Роскосмос» имел возможность продемонстрировать обществу глобальность своих целей и планов. Использование различных каналов воздействия, безусловно, крайне важно для такой крупной организации и ее репутации [14].

Также хотелось бы подробно рассказать об одной из важнейших и эффективнейших методик для укреплений позиций, создания дипломатических отношений в сфере космических вопросов и демонстрации технологий — проведении выставок. Как отмечают эксперты, «выставочная индустрия в РФ является важной специфической отраслью сектора реальной экономики, рассматривается как эффективный инструмент социально-экономической политики государства для продвижения российских товаров и услуг, результатов научно-исследовательской и образовательной деятельности на отечественные и зарубежные рынки, формирования имиджа страны в мире» [15].

Выставочная деятельность имеет особую эффективность в сфере B2B-продаж и продвижения. Экспоненты имеют возможность демонстрировать свои достижения и тут же заключать контракты, совершать продажи, заводить связи в отрасли и всячески продвигать свой продукт или услугу. Наглядность, возможность показывать продукт в лучшем свете и непосредственный контакт с аудиторией, которая точно заинтересована в продукте, безусловно, являются абсолютными конкурентными преимуществами выставочной деятельности перед другими методиками. Однако специфика выставок помогает продвигать продукт в таком востребованном публикой формате, как шоу. Современные реалии требуют от такого рода мероприятий иметь в своей программе развлекательный аспект. Именно данная мера помогает влиять на умы так называемой холодной аудитории и поднимать индекс узнаваемости. Таким образом, производители в аэрокосмической сфере посредством выставок могут оказывать влияние не только на рынок продаж, но и на восприятие обширных масс данной отрасли.

Среди прочих хотелось бы отметить наиболее успешный пример регулярной выставки, которая проводится в России. Это Международный авиационно-космический салон (МАКС). Данное мероприятие проводится лично под наблюдением президента Российской Федерации с его непосредственным участием. «По единодушному мнению специалистов, действуя в этом ключе, салон МАКС эффективно воздействует на улучшение ситуации в авиационной и космической сфере, реализует беспрецедентные меры по преодолению допущенного в 1990-е годы отставания России от США и Европейского Союза, стал главной площадкой для демонстрации достижений и новинок отечественной авиации и космонавтики» [16]. Также на событии присутствуют

лидеры стран-партнеров. Мероприятие имеет регулярный характер и проходит раз в 2 года в подмосковном городе Жуковский. Площадкой для него служит комплекс, созданный на базе аэродрома Летно-исследовательского института имени М.М. Громова. Данное событие имеет колоссальный масштаб для авиационно-космических отраслей практически всех стран мира и входит в десятку крупнейших мировых авиационных форумов. Под колоссальным масштабом понимается не только количество участников и глобальность данного мероприятия, но и площадь, которую занимает выставка. Площади размещения события превышают 26 тыс. м<sup>2</sup> в павильонах и 160 тыс. м<sup>2</sup> на открытом пространстве. Также стоит отметить, что на МАКСе выставляются более восьми сотен экспонентов из трех десятков стран. Салон является местом встречи более 140 тыс. специалистов, а также 570 тыс. участников и гостей выставки. В ходе самой выставки заключаются соглашения и контракты более чем на 400 млрд руб.

Однако данный масштаб и успех достигались не одним днем. Выставка начала свою историю в 1992 г. под названием «Мосаэрошоу-92». Данный салон, несмотря на свой пробный характер, вместил в себя более 200 участников и 300 тыс. посетителей. Данная мера убедительно показала обществу, что несмотря на глобальные реформы тех лет Россия все еще остается одним из лидеров в авиационно-космической сфере. В 1993 г. выставка приобрела именно то название, которое актуально и по сей день. И в этом же году, в соответствии с указом Президента Российской Федерации, было определено место для проведения такого рода салонов. Этим местом стала территория ЛИИ им. М.М. Громова в городе Жуковском. Мероприятие в дальнейшем начали проводить раз в 2 года. С каждым годом салон продолжал расти и приобретать все более популярный и глобальный характер. На сегодняшний день форум имеет характер экспозиционной площадки для крупных презентаций передовых достижений конструкторской мысли. Популярность и влияние данного события явно имеет глобальный характер и продолжает расти. Однако стоит обозначить, что самые важные цели и приоритеты МАКС — это демонстрация новейших технических достижений, прорывных технологий российских военных и гражданских летательных аппаратов. Кроме демонстрации новейших продуктов выставка имеет функцию показателя открытости России для сотрудничества и ведения рыночных отношений практически со всеми желающими того странами. Программа салона включает в себя более полутора сотен мероприятий, научных конференций, бизнес-встреч и переговоров. Также проводятся наиболее интересные для публики демонстрационные полеты. В данных шоу-полетах принимают участие как российские летчики высшего пилотажа, так и иностранные. Технические характеристики аэродрома позволяют демонстрировать пилотам высшие элементы мастерства и предельные скорости. Данный фактор, безусловно, сильно впечатляет аудиторию и создает вокруг мероприятия имидж чего-то грандиозного и высокотехнологичного. Данный факт служит огромным заделом в сфере совместного развития авиационно-космической отрасли. Так, МАКС-2019 открывали совместно Президент России Владимир Путин и президент Турции Реджеп Эрдоган [17]. Данный факт ярко показывает направленность выставки на укрепление дипломатических и дружественных отношений между двумя сильными государствами. Можно отметить, что мероприятие такого рода является ярким событием и интересным информационным поводом. Отличительная черта данного мероприятия в сфере влияния на умы общества — это наглядность результатов, возможность показать всю силу и мощь авиационно-космической отрасли Российской Федерации. Аудитория может не просто увидеть, но и практически принять участие в развитии и

продвижении данной отрасли. Мероприятия такого рода имеют возможность мотивировать молодые умы на усердную работу в данном направлении и укреплять имиджевые позиции аэрокосмической отрасли.

Авиационно-космическая отрасль, как уже было показано в данной работе, имеет многогранное значение для общества. Было определено, что развитие космической отрасли имеет огромное влияние на технологический прогресс в целом. Разработки из данной сферы активно используются в повседневной жизни человека. Космос развел такие сферы жизнедеятельности, как медицина, автомобилестроение, цифровые датчики изображений, строительство и аграрная промышленность. Получение такого эффекта обусловлено работой в данной сфере специалистами самого разного калибра. С прогрессом данной отрасли мы могли наблюдать не только технологический прорыв, но и изменения в сознании массового общества. Данный фактор обусловлен представлениями человечества о его месте во Вселенной. Начальные идеи о занятии центральной позиции нашей планеты были смешены фактами о необъятности космоса, его постоянном росте и вопросом неодиночества человечества. Данные факторы, однако, отнюдь не смущили специалистов данной отрасли. Ежегодно на рынке труда появляются все новые и еще более мотивированные профессионалы, ставящие вопросы ребром и достигающие новых высот. Вчерашние идеи, казавшиеся фантастическими, сегодня обретают реальный облик. Также важным аспектом развития и продвижения авиационно-космической отрасли является фактор международного сотрудничества. Данный фактор заставляет расти сферу покорения космоса различными методиками. С точки зрения истории мы могли наблюдать, как конкуренция между СССР и США способствовала технологическому прогрессу и сформировала технологический дух времени. Однако со временем данное соперничество переросло в плодотворное сотрудничество и создание МКС. Так, отношения двух государств были дипломатически, экономически и исторически закреплены совместной продуктивной деятельностью. Именно космическая сфера выступила той уникальной точкой соприкосновения, которая объединила не только США и РФ, но и других крупных игроков в данной отрасли.

Последующим выводом стало то, что вопрос имиджа космической сферы — это крайне специфичный вопрос, не имеющий аналогов. Специфичность этого вопроса заключается в многосоставной структуре данной отрасли. Дипломатия, экономика разных стран, текущая политическая ситуация в мире — все это оказывает влияние на текущие вопросы продвижения и имиджа космоса. Таким образом, мы можем наблюдать формирование абсолютно нового калибра специалистов в сфере PR. Был сделан вывод о том, что наиболее эффективной мерой PR и рекламы в этой отрасли является выставочная деятельность. Рассмотрение Международного авиационно-космического салона позволило нам увидеть наиболее эффективную меру воздействия не только на B2B-рынок, но и на так называемую холодную аудиторию. Данний салон был определен как место установления качественных взаимоотношений, наглядной демонстрации прогресса и яркого шоу, которое привлекает внимание самых различных аудиторий. В связи с этим автором для рассмотрения и анализа был выбран именно этот вариант продвигающего мероприятия. Также были рассмотрены возможные упущения в вопросах воздействия и развития аэрокосмической сферы на умы человечества. Выбор актуальных и трендовых площадок с созданием рекламных сообщений в востребованной современной аудиторией формате должен исправить данное упущение. Главным итогом данной работы стал вывод о том, что космос и все, что связано с ним, является тематикой с очень богатой историей, и именно то,

как каждое последующее поколение будет перенимать и трансформировать данные традиции под текущие тренды, будет определять будущее воздействие данной тематики на общечеловеческий прогресс.

## Литература

- [1] Арбузова А., Масленко Д. Какие технологии из космической отрасли мы используем ежедневно // РБК.РУ. 2021. URL: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/607061ff9a794727e1d25ee6> (дата обращения 26.10.2021).
- [2] Баранов М.И. Антология выдающихся достижений в науке и технике. Ч. 51: Конструктор ракетно-космической техники Сергей Королев и его свершения в ракетостроении // ЕiE. 2019. № 5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/antologiya-vydayuschihsya-dostizheniy-v-nauke-i-tehnike-chast-51-konstruktor-raketno-kosmicheskoy-tehniki-sergey-korolev-i-ego> (дата обращения 26.10.2021).
- [3] Березин Ю. Мысли, фантазия и точный расчет // Учительская газета. 2021. № 14 (10875). URL: <https://ug.ru/mysly-fantaziya-i-tochnyj-raschet> (дата обращения 22.10.2021).
- [4] Бровкина М. Кибальчич предложил проект ракеты с реактивным двигателем 140 лет назад // Российская газета. 2021. URL: <https://rg.ru/2021/04/02/kibalchich-predlozhil-proekt-rakety-s-reactivnym-dvigatelem-140-let-nazad.html> (дата обращения 22.10.2021).
- [5] Гусаров С.Н. Достойно поддержать статус: Путин призвал использовать преимущества России в космосе для развития страны // Russia Today. 2021. URL: <https://russian.rt.com/russia/article/852194-putin-rossiya-kosmos-preimushchestvo> (дата обращения 20.10.2021).
- [6] Душкова Н.А. Из истории освоения космоса // Вестник ВГТУ. 2011. № 6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/iz-istorii-osvoeniya-kosmosa> (дата обращения 26.10.2021).
- [7] Загрядская А. Как менялись представления о Вселенной // Newtonew. 2016. URL: <http://newtonew.com:81/science/cosmological-theories> (дата обращения 20.10.2021).
- [8] Имихович А.О., Сурменкова К. Ю., Шашин А.А., Сумина Е. В. Стратегическое партнерство в ракетно-космической отрасли на международном рынке // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2015. № 11. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/strategicheskoe-partnerstvo-v-raketno-kosmicheskoy-otrasli-na-mezhdunarodnom-rynke> (дата обращения: 24.10.2021).
- [9] Альберт Эйнштейн — гениальный физик, донжуан и прогульщик // РИА Новости. 2009. URL: <https://ria.ru/20090313/164690958.html> (дата обращения 21.10.2021).
- [10] Первые в космосе: от дворня до космических туристов // РИА Новости. 2010. URL: <https://ria.ru/20100412/221258475.html> (дата обращения 22.10.2021).
- [11] Физики уточнили постоянную Хаббла и возраст Вселенной // РИА Новости. 2020. URL: <https://ria.ru/20200727/1575005151.html> (дата обращения 22.10.2021).
- [12] Карасева Л. Черные дыры: почему они черные, как их находят и при чем здесь квазары // РБК.РУ. 2021. URL: <https://trends.rbc.ru/trends/futurology/60741be59a79470547496e3b> (дата обращения 22.10.2021).
- [13] Латухина К. Путин поддержал идею включить в состав МКС белорусского космонавта // Российская газета. 2021. URL: <https://rg.ru/2021/11/04/putin-podderzhal-ideiu-vkliuchit-v-sostav-mks-beloruskogo-kosmonavta.html> (дата обращения 24.10.2021).
- [14] Лысцева М. История проведения Международного авиационно-космического салона // ТАСС. 2019. URL: <https://tass.ru/info/6800367> (дата обращения 29.10.2021).
- [15] Магомадов С.М-С. PR и формирование имиджа Роскосмоса // Гагаринские чтения — 2021: сб. тез докл. 2021. № 39 (6). С. 1099–1100.
- [16] Назаров А.Д. Роль выставочной деятельности в развитии авиации и космонавтики в современной России // Вопросы политологии. 2020. № 2 (54). С. 391–401.

## Development of the Space Industry. Origins, Evolution of Views and Modern Solutions

**Magomadov Saidmagomed Muhmed-Salimovich** saiditmkl@gmail.com  
Moscow Aviation Institute (National Research University)

*A review of human progress in the field of space exploration has been carried out. The initial theoretical knowledge and the subsequent transition to the practical study of space are analyzed. The transition from their theoretical basis to the practical works of domestic and foreign scientists is investigated. The stages of the life path and the works of scientists who have made the most significant contribution to the exploration of outer space are presented. An overview of the exhibition activities is given and the project of the International Space Station is considered from the point of view of the impact of these events on the image and reputation of the Russian Federation in the field of space exploration.*

**Keywords:** cosmonautics, cosmonautics and culture, society development, views on the structure of the universe, Konstantin Eduardovich Tsiolkovsky, Sergei Pavlovich Korolyov, exhibition activities, diplomacy, space, space advertising, space activities, international relationships, image, reputation

### References

- [1] Arbuzova A., Maslenko D. Kakie tekhnologii iz kosmicheskoi otrazili my ispol'zuem ezhednevno [What technologies from the space industry do we use daily]. RBK.RU, 2021. Available at: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/607061ff9a794727e1d25ee6> (accessed October 26, 2021). (In Russ.).
- [2] Baranov M.I. Antologiya vydayushchikhsya dostizhenii v nauke i tekhnike. Ch. 51: Konstruktor raketno-kosmicheskoi tekhniki Sergei Korolev i ego sversheniya v raketostroenii [Anthology vi-dayutshikhsya dostigeniy V nauke i tekhnike. Ch. 51: Konstruktor raketno-kosmicheskoy technical Sergey Korolev i ego sversheniya V raketostroenii]. EiE, 2019, № 5. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/antologiya-vydayushchikhsya-dostizheniy-v-nauke-i-tehnike-chast-51-konstruktor-raketno-kosmicheskoy-tehniki-sergey-korolev-i-ego> (accessed October 26, 2021). (In Russ.).
- [3] Berezin Yu. Mysl', fantaziya i tochnyi raschet [Thought, fantasy and precise calculation]. Uchitel'skaya gazeta [Teacher's newspaper, 2021, no. 14 (10875)]. Available at: <https://ug.ru/mysl-fantaziya-i-tochnyi-raschet> (accessed October 22, 2021). (In Russ.).
- [4] Brovkina M. Kibal'chich predlozhil proekt rakety s reaktivnym dvigatelem 140 let nazad [Kibal'chich proposed a rocket project with a jet engine 140 years ago]. Rossiiskaya gazeta, 2021. Available at: <https://rg.ru/2021/04/02/kibalchich-predlozhil-proekt-rakety-s-reaktivnym-dvigatelem-140-let-nazad.html> (accessed October 22, 2021). (In Russ.).
- [5] Gusarov S.N. Dostoino podderzhat' status: Putin prizval ispol'zovat' preimushchestva Rossii v kosmose dlya razvitiya strany [Worthily support the status: Putin urged to use the advantages of Russia in space for the development of the country]. Russia Today, 2021. Available at: <https://russian.rt.com/russia/article/852194-putin-rossiya-kosmos-preimushestvo> (accessed October 22, 2021). (In Russ.).
- [6] Dushkova N.A. Iz istorii osvoeniya kosmosa [From the history of space exploration]. Vestnik VGTU [Bulletin of VSTU], 2011, no. 6. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/iz-istorii-osvoeniya-kosmosa> (accessed October 26, 2021). (In Russ.).
- [7] Zagryadskaya A. Kak menyalis' predstavleniya o Vselennoi [How ideas about the Universe changed]. Newtonew, 2016. Available at: <http://newtonew.com:81/science/cosmological-theories> (accessed October 20, 2021). (In Russ.).
- [8] Imikhovich A.O., Surmenkova K. Yu., Shashin A.A., Sumina E. V. Strategicheskoe partnerstvo v raketno-kosmicheskoi otrazili na mezhdunarodnom rynke [Strategic partnership in the rocket and space industry on the international market]. Aktual'nye problemy aviatsii i kosmonavtiki [Actual

- problems of aviation and cosmonautics], 2015, no. 11. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/strategicheskoe-partnerstvo-v-raketno-kosmicheskoy-otrasli-na-mezhdunarodnom-rynke> (accessed October 24, 2021). (In Russ.).
- [9] Al'bert Einshtein — genial'nyi fizik, donzhuan i progul'shchik [Albert Einstein is a brilliant physicist, a philanderer and a truant]. RIA Novosti, 2009. Available at: <https://ria.ru/20090313/164690958.html> (accessed October 21, 2021). (In Russ.).
- [10] Pervye v kosmose: ot dvornyyag do kosmicheskikh turistov [The first in space: from mongrels to space tourists]. RIA Novosti, 2010. Available at: <https://ria.ru/20100412/221258475.html> (accessed October 22, 2021). (In Russ.).
- [11] Fiziki utochnili postoyannyyu Khabbla i vozrast Vselennoi [Physicists have clarified the Hubble constant and the age of the Universe]. RIA Novosti, 2020. Available at: <https://ria.ru/20200727/1575005151.html> (accessed October 22, 2021). (In Russ.).
- [12] Karaseva L. Chernye dyry: pochemu oni chernye, kak ikh nakhodyat i pri chem zdes' kvazary [Black holes: why they are black, how they are found and what quasars have to do with it]. RBK.RU, 2021. Available at: <https://trends.rbc.ru/trends/futurology/60741be59a79470547496e3b> (accessed October 22, 2021). (In Russ.).
- [13] Latukhina K. Putin podderzhal ideyu vklyuchit' v sostav MKS belorusskogo kosmonavta [Putin supported the idea of including a Belarusian cosmonaut in the ISS]. Rossiiskaya gazeta, 2021. Available at: <https://rg.ru/2021/11/04/putin-podderzhal-ideiu-vkliuchit-v-sostav-mks-belorusskogo-kosmonavta.html> (accessed October 24, 2021). (In Russ.).
- [14] Lystseva M. Istorija provedeniya Mezhdunarodnogo aviationsko-kosmicheskogo salona [The history of the International Aviation and Space Salon]. TASS, 2019. Available at: <https://tass.ru/info/6800367> (accessed October 29, 2021). (In Russ.).
- [15] Magomadov S.M-S. PR i formirovanie imidzha Roskosmosa [PR and the formation of the image of Roscosmos. "Gagarinskie chteniya — 2021" ["Gagarin readings — 2021"]]: collection of tez dokl., 2021, no. 39 (6), pp. 1099–1100. (In Russ.).
- [16] Nazarov A.D. Rol' vystavochnoi deyatel'nosti v razvitii aviatsii i kosmonavtiki v sovremennoi Rossii [The role of exhibition activities in the development of aviation and cosmonautics in modern Russia]. Voprosy politologii [Questions of Political Science], 2020, no. 2 (54), pp. 391–401. (In Russ.).

УДК 629.78

## Навигационно-баллистическая подготовка космонавтов

Митина Антонина Алексеевна

A.Mitina@gctc.ru

НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина

Темарцев Дмитрий Александрович

timadima@yandex.ru

НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина

Приведены результаты анализа становления и развития навигационно-баллистической подготовки, проводимой на базе Центра подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина, позволяющие рассматривать ее как сформировавшуюся научную школу. Результаты анализа могут быть полезны для дальнейшего совершенствования навигационно-баллистической подготовки космонавтов, а также при разработке новых программ подготовки космонавтов для обеспечения полетов на перспективных пилотируемых космических аппаратах.

**Ключевые слова:** пилотируемый полет, космонавт, навигационно-баллистическая подготовка, научная школа, результаты развития навигационной подготовки космонавтов

В докладе представлены результаты анализа процесса создания и развития навигационно-баллистической подготовки космонавтов, сложившейся в Центре подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина (ЦПК) и ее дальнейшей перспективы. Анализ выполнен во взаимосвязи с задачами, решаемыми на борту пилотируемых космических аппаратов, и, как следствие, с требованиями, выдвигаемыми к подготовке космонавтов.

В качестве предмета исследования рассмотрена теоретическая подготовки космонавтов по дисциплинам «Теория полета», «Навигация и ориентация ПКА», «Основы астронавигации ПКА» [1]. Показана связь изученных дисциплин с последующей подготовкой космонавтов, в качестве примера взяты дисциплины «Радиотехнические системы и оптико-визуальные приборы транспортного пилотируемого корабля» [2] и «Информационно-управляющая система. Комплекс средств поддержки экипажа РС МКС».

Анализ процесса создания и развития навигационно-баллистической подготовки космонавтов выполнен, начиная с момента, когда руководством СССР была поставлена задача подготовки космонавтов к полету по лунной программе [3], и до настоящего времени. Необходимо отметить, что лунная программа вновь становится актуальной.

Для организации и проведения в ЦПК навигационно-баллистической подготовки были привлечены специалисты Военно-воздушной академии имени Ю.А. Гагарина. Данное обстоятельство позволяет говорить о том, что специалисты ЦПК являются приемниками научной школы подготовки по «Теории полета и навигации космических аппаратов» Военно-воздушной академии имени Ю.А. Гагарина [4].

Результаты анализа истории создания и развития навигационно-баллистической подготовки на базе ЦПК позволяют ее рассматривать как сложившуюся школу. Во-первых, потому что эта подготовка была исторически обусловленной — она была сформирована для решения задач обеспечения выполнения лунной программы. Это потребовало организации совместной научной деятельности группы исследователей, результаты которой нашли свое отражение в научно-исследовательских работах, разработанных методиках, учебниках, учебных и учебно-справочных пособиях. Во-вторых, потому что, в научно-исследовательскую деятельность по обеспечению и развитию навигационно-баллистической подготовки привлекали и молодых специалистов, которые в результате такой совместной работы становились самостоятельными учеными и достойными приемниками, сохраняя идеи, знания, опыт, сложившиеся традиции.

Для обоснования создания технической базы, позволяющей обеспечить навигационно-баллистическую подготовку на базе ЦПК, был выполнен ряд научно-исследовательских работ, в которых исследовались особенности, требования и возможности подготовки космонавтов по применению астрономических приборов навигации и ориентации. В результате выполнения этих работ в ЦПК был создан планетарий, который затем модернизировался в астронавигационный моделирующий стенд (АФМС) со специализированными рабочими местами для обучения космонавтов работе с астронавигационными приборами в космическом полете [5]. АФМС до настоящего времени поддерживается в рабочем состоянии и используется для изучения дисциплины «Основы астронавигации ПКА».

Результаты анализа создания и развития навигационно-баллистической подготовки космонавтов в ЦПК могут быть полезны при разработке новых программ подготовки космонавтов для обеспечения полетов на перспективных пилотируемых космических аппаратах в околоземном космическом пространстве, полетов по лунной программе и межпланетных перелетов, а также для дальнейшего совершенствования

навигационно-баллистической подготовки космонавтов и воспитания будущих специалистов в этой области.

### **Литература**

- [1] Прудков В.Н., Темарцев Д.А., Чигиринов А.М. Применение визуально-ассоциативного метода распознавания созвездий и навигационных звезд на небесной сфере в подготовке космонавтов // Пилотируемые полеты в космос. 2011. Вып. 2 (2). С. 145–154.
- [2] Темарцев Д.А. Предложение по автоматизации измерений параметров относительного движения с помощью визира специального комплекса ВСК4 // XII Международная научно-практическая конференция «Пилотируемые полеты в космос»: сб. мат-лов. (Звездный городок, 24–26 октября 2017 г.). Звездный городок, 2017. С. 62.
- [3] Митин А.Т., Митина А.А. Из истории подготовки космонавтов к полету на Луну в ЦПК имени Ю.А. Гагарина (История пятого навигационного отдела) // Научно-практическая конференция «Полеты в космос. История, люди, техника»: сб. мат-лов. (Звездный городок, 8–9 октября 2014 г.). Звездный городок, 2014. С. 69–72.
- [4] Митин А.Т., Митина А.А. Из истории развития средств отображения навигационной обстановки и возможность использования опыта их применения в пилотируемом полете к Луне // Известия инженерных наук имени А.М. Прохорова. 2014. № 4. С. 12–18.
- [5] Кvasova E.A., Mitiina A.A., Prudkov V.N., Syreyshikova T.B., Temartsev D.A., Chernyak E.A. Kosmicheskiy planetariy Tsentra podgotovki kosmonavtov imeni Yu.A. Gagarina // XLVIII Obshchestvenno-nauchnye chteniya, posvyashchennye pamяти Yu.A. Gagarina: sb. mat-lov. (Gagarin, 9–12 marta 2021 g.). Gagarin, 2021. C. 131–137.

## **Navigational Ballistic Training of Cosmonauts**

**Mitina Antonina Alekseevna**

A.Mitina@gctc.ru

*State Organization “Gagarin Research & Test Cosmonaut Training Center”*

**Temartsev Dmitry Aleksandrovich**

timadima@yandex.ru

*State Organization “Gagarin Research & Test Cosmonaut Training Center”*

*The paper presents the analytical results of establishment of the navigation-ballistic training that has been developed at the Cosmonaut Training Center, and now can be considered as a full-fledged scientific methodology. The results of the analysis can be useful for further improving the navigation and ballistic training of cosmonauts, as well as in the development of new training programs for flights on advanced spacecraft*

**Keywords:** manned flight, cosmonaut, navigation and ballistic training, scientific school, results of the development of navigation training of astronauts

### **References**

- [1] Prudkov V.N., Temartsev D.A., Chigirinov A.M. Primenenie vizual'no-assotsiativnogo metoda raspoznavaniya sozvezdiy i navigatsionnykh zvezd na nebesnoy sfere v podgotovke kosmonavtov] [Application of the visual-associative method of recognition of constellations and navigation stars on the celestial sphere for cosmonaut training]. Pilotiruemye polety v kosmos [Manned Spaceflight], 2011, iss. 2 (2), pp. 145–154. (in Russ.).
- [2] Temartsev D.A. Predlozhenie po avtomatizatsii izmereniy parametrov otносitel'nogo dvizheniya s pomoshch'yu vizira spetsial'nogo kompleksa VSK4 [Proposal for the automation of measurement parameters of relative motion using the sighting device of the special complex VSK4]. Proceedings of the XII Scientific and Practical Conference “Manned Space Flights”. Star City, 2017, p. 62. (in Russ.).

- [3] Mitin A.T., Mitina A.A. Iz istorii podgotovki kosmonavtov k poletu na Lunu v TsPK imeni Yu.A. Gagarina (Istoriya pyatogo navigatsionnogo otdela) [From the history of cosmonaut training at the Yu.A. Gagarin CTC for a flight to the Moon (History of the 5th navigation division)]. Proceedings of the Scientific and Practical Conference “Space flights. History, People, Technology”. Star City, 2014, pp. 69–72. (in Russ.).
- [4] Mitin A.T., Mitina A.A. Iz istorii razvitiya sredstv otobrazheniya navigatsionnoy obstanovki i vozmozhnost ispolzovaniya opyta ikh primeneniya v pilotiruemom polete k Lune [From the history of the development of means for displaying the navigation circumstances and the possibility of using the experience of their application in a manned flight to the Moon]. Izvestiya inzhenernykh nauk imeni A.M. Prokhorova [News Academy of Engineering Sciences A.M. Prokhorov], 2014, no. 4, pp. 12–18. (in Russ.).
- [5] Kvasova E.A., Mitina A.A., Prudkov V.N., Syreyschikova T.V., Temartsev D.A., Chernyak E.A. Kosmicheskiy planetariy Tsentrata podgotovki kosmonavtov imeni Yu.A. Gagarina [Space Planetarium of the "Gagarin Research&Test Cosmonaut Training Center"]. Proceedings of XLVIII Social and Scientific Readings Dedicated to the Memory of Yu.A. Gagarin. Gagarin, 2021. pp. 131–137. (in Russ.).

УДК 341

## Горизонты космического туризма

**Нечаева Наталья Борисовна** natalyanechaeva18@gmail.com

ЧОУ ВО «Северо-Кавказский гуманитарный институт»

*Рассмотрен процесс коммерциализации космического туризма, показан вклад российской космонавтики в сотрудничество государств. Обоснована позиция о необходимости системной перестройки международного законодательства в области космического пространства, сделаны выводы о соблюдении жестких стандартов безопасности не только космической техники и оборудования, но и сертификации дополетной подготовки кандидатов.*

**Ключевые слова:** космический полет, космический турист, гарантии прав участников полета, частный космический оператор, ответственность за потенциальный ущерб, коммерциализация космоса, сертификация космической техники и оборудования

## Горизонты космического туризма

В основе стремления развивать новую космическую экономику, интегрированную в предпринимательскую деятельность на Земле и за ее пределами, лежит гипотеза о ее перспективности для человечества.

За последние 20 лет в космическом праве произошли фундаментальные изменения. Равным участником полетов становятся частные предприятия, хотя ранее их роль ограничивалась обслуживанием и оказанием вспомогательной помощи государственных структур. В настоящее время сфера их деятельности значительно расширилась и предполагает, что все или часть того, что связано с полетом: запуск, маркетинг, участники полета, страховщик, производитель транспортного средства, оператор космического объекта и т. д. могут быть частным [1, с. 4]. Фактически на рынке космических услуг, который уже имеет вектор развития на ближайшие 300–400 лет, появились новые игроки, предлагающие спасение человеческой расы от надвигающегося вымирания через внеземные колониальные события [2, с. 182]. Рост коммерческого сектора увеличился примерно на 7 % [3, с. 33]. Параллельно, свою

актуальность несколько утрачивает международное законодательство: основные договоры, заключенные в конце 1960–1970-х годов, не охватывают подготовительный, прикладной, вспомогательный характер космической деятельности, нередко допускают двойное толкование.

Вовлечение частного сектора в космическую деятельность потребовало от отдельных государств осуществления юрисдикционного контроля над ними, поскольку в соответствии со ст. VI Договора по космосу «ответственность за действия частных лиц несет государство на том же уровне, что и за государственную».

С целью осуществления надзора за деятельностью частных космических операторов, государства принимают внутринациональные законы, касающиеся лицензирования, сертификации и другие нормативные акты.

Мы полагаем, что невозможно использовать правовую базу, регулирующую действия, относимые к космическому пространству, по образцу правовой базы, относимой к действиям на Земле, где внутригосударственные законы одной страны часто не соответствуют законам другой, «земные правила» могут не соответствовать условиям в космическом пространстве.

Например, еще в 1957 году СССР, запустив Спутник, отвечая на возражения других стран относительно того, что Спутник пролетает над ними (другими странами) пояснил, что никаких правонарушений не было, потому что в реальности, не Спутник пролетел над другими территориями, а они (другие страны) прошли под ним, вследствие вращения Земли; и что свобода передвижения выше 15 или 18 миль разрешена международным правом. Этот случай показал отличие правового характера космического пространства от правового характера воздушного пространства под ним, и что данные правовые коллизии снова и снова могут приводить к серьезному ограничению эффективности юрисдикции.

Расширение географии использования космонавтики спрограммировало формирование прикладного эффекта — космического туризма.

Нововведения по коммерциализации космоса вводят ряд юридических вопросов, которые происходят из пересечения публичных и частных коммерческих интересов, а также решения вопроса о присвоении имущественных прав в космосе [4, с. 1].

В определении частного космического полета необходимо выделить два критерия: первый: туристы (участники полета) — это частные лица, второй: оператор полета — частная компания. Посредником может быть тоже частная компания, в качестве которой, например, себя позиционирует Space Adventures. Следует различать понятия «космического туризма» и понятие «частного космического полета», поскольку второй предполагает, что пассажиром может быть и профессиональный космонавт другого государства, оплата может производиться из государственных средств, и обязанности лежат на частном операторе.

В статье обосновывается конкурентоспособность единственной компании в России, осуществляющей коммерческие полеты «Главкосмос» — дочерней компании Госкорпорации «Роскосмос», предлагающей на своем вебсайте базовую и дополнительную программы подготовки космических туристов. Показаны гарантии прав участников космического полета (туристов) в плане медицинского обследования, полноценной физической, научно-образовательной и психологической подготовки, гарантируется приземление вдали от объектов инфраструктуры. Программа также включает работу поисково-спасательных служб и послеполетная реабилитация, так как во время пребывания на МКС организм человека подвергается [5].

Право на безопасный коммерческий космический полет обеспечивается сертификацией транспортных средств, программного обеспечения.

Сертификация признается эффективным средством обеспечения качества выпускаемых космических аппаратов, а как следствие их конкурентоспособности [6, с. 4]. Сертификации подлежит космическая техника, включая космические объекты, объекты космической инфраструктуры, создаваемая в научных и социально-экономических целях и оборудование, применяемое при создании и использовании космической техники. Наиболее подробно вопросы сертификации раскрыты в «Федеральной системе сертификации космической техники научного и народнохозяйственного назначения» (ФСС КТ) [7].

Сертификация особенно важна сейчас, так как с появлением оплаты за туристические услуги — т. е. установлением договорных отношений, актуальным становится вопрос о халатности, либо совершении умышленных действий лицами, отвечающими за товар или услугу в целом. Проверка соответствия качества поставляемой продукции стандартам, техническим условиям и т. п., а также стандартам дополетной подготовки претендентов, должна осуществляться под постоянным контролем, процесс которого тоже должен быть сертифицирован.

Тщательный процесс проверки российской космической техники на всех стадиях от проектирования до производства и тренировочных запусков значительно снижает риск чрезвычайных происшествий.

Успешное освоение космоса требует определенного срока службы техники и надежных стандартов безопасности и строительства. Можно ожидать, что в сильной цифровой среде эти требования будут соблюдены, и ответственность за ущерб от космической деятельности будет адаптирована к частной космической экономике, с адекватным распределением рисков.

## Литература

- [1] Meeks D. Space tourism law: Lessons from aviation, antarctica, and the International space station // Theses and Dissertations. 2014. Vol. 1571. P. 4. Available at: <https://commons.und.edu/theses/1571> (accessed December 12, 2021).
- [2] Kearnes M., van Dooren T. Rethinking the final frontier: cosmo-logics and an ethic of interstellar thriving // GeoHumanities. 2017. Vol. 3, no. 1. Pp. 178–197. Available at: <https://www.semanticscholar.org/paper/Rethinking-the-Final-Frontier%3A-Cosmo-Logics-and-an-Kearnes-Dooren/2169fd7282606314c5f2678af78e604760186312> (accessed December 12, 2021).
- [3] Conklin K. Deterrence in the age of asteroid mining: nuclear strategy and the commercialization of space // Project on Nuclear Issues: A Collection of Papers from the 2017 Conference Series and Nuclear Scholars Initiative. Washington, DC: Centre for Strategic and International Studies, 2017. Available at: <https://nuclearnetwork.csis.org/project-nuclear-issues-journal-2017/> (accessed December 21, 2021).
- [4] Guskow A. Private space industry and its Legal framework lexology PRO // The Intelligent Global Legal Research Platform. 2021. Available at: <https://www.lexology.com/library/detail.aspx?g=b69fe009-076a-4598-804c-c956ea76045b> (accessed December 21, 2021).
- [5] Коммерческие космические полеты к МКС // Официальный сайт компании «Главкосмос» URL: <https://www.glavkosmos.com/ru/commercial-space-flights-to-the-iss/> (дата обращения 12.12.2021).
- [6] Вашуков Ю.Л., Советкин Ю.А. Сертификация изделий авиационной и ракетной техники. Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2007. 68 с.

- 
- [7] Постановление Государственного комитета Российской Федерации по стандартизации и метрологии от 4 июля 2001 г. № 63 «О регистрации Федеральной системы сертификации космической техники и знаков соответствия системы». URL: <https://docs.cntd.ru/document/901801805>(дата обращения 12.12.2021).

## Horizons of Space Tourism

**Nechaeva Natalia Borisovna** natalyanechaea18@gmail.com

*North Caucasus Humanitarian Institute*

*The article examines the process of commercialization of space tourism, shows the contribution of Russian cosmonautics to the cooperation of states, substantiates the position on the need for a systematic restructuring of international legislation in the field of outer space, draws conclusions about compliance with strict safety standards not only for space technology and equipment, but also certification of pre-flight training of applicants.*

**Keywords:** space flight, space tourist, guarantees of the rights of flight participants, private space operator, liability for potential damage caused by space activities, commercialization of space, certification of space technology and equipment

### References

- [1] Meeks D. Space tourism law: Lessons from aviation, antarctica, and the International space station. Theses and Dissertations, 2014, vol. 1571, p. 4. Available at: <https://commons.und.edu/theses/1571> (accessed December 12, 2021).
- [2] Kearnes M., van Dooren T. Rethinking the final frontier: cosmo-logics and an ethic of interstellar thriving. GeoHumanities, 2017, vol. 3, no. 1, pp. 178–197. Available at: <https://www.semanticscholar.org/paper/Rethinking-the-Final-Frontier%3A-Cosmo-Logics-and-an-Kearnes-Dooren/2169fd7282606314c5f2678af78e604760186312> (accessed December 12, 2021).
- [3] Conklin K. Deterrence in the age of asteroid mining: nuclear strategy and the commercialization of space. Project on Nuclear Issues: A Collection of Papers from the 2017 Conference Series and Nuclear Scholars Initiative. Washington, DC, Centre for Strategic and International Studies, 2017. Available at: <https://nuclearnetwork.csis.org/project-nuclear-issues-journal-2017/> (accessed December 21, 2021).
- [4] Guskow A. Private space industry and its Legal framework lexology PRO. The Intelligent Global Legal Research Platform, 2021. Available at: <https://www.lexology.com/library/detail.aspx?g=b69fe009-076a-4598-804c-c956ea76045b> (accessed December 21, 2021).
- [5] Kommercheskie kosmicheskie polety k MKS [Commercial space flights to the ISS]. Ofitsial'nyi sait kompanii "Glavkosmos" [Official website of Glavkosmos]. Available at: <https://www.glavkosmos.com/ru/commercial-space-flights-to-the-iss/> (accessed December 12, 2021). (In Russ.).
- [6] Vashukov Yu.L, Sovetkin Yu.A. Sertifikatsiya izdelii aviationsionnoi i raketnoi tekhniki [Certification of aviation and rocket technology products]. Samara, Izd-vo Samar. gos. aerokosm. un-ta Publ, 2007, 68 p. (In Russ.).
- [7] Postanovlenie Gosudarstvennogo komiteta Rossiiskoi Federatsii po standartizatsii i metrologii ot 4 iyulya 2001 g. No. 63 "O registratsii Federal'noi sistemy sertifikatsii kosmicheskoi tekhniki i znakov sootvetstviya sistemy" [Resolution of the State Committee of the Russian Federation for Standardization and Metrology of July 4, 2001 No. 63 "About of the registration of the Federal system of certification of space technology and marks of conformity of the system". Available at: <https://docs.cntd.ru/document/901801805> (accessed December 12, 2021). (In Russ.).

УДК 52 1684

## Безальтернативность противоастероидной защиты с применением противобункерных ракет на базе российских С-500

Пиряев Игорь Анатольевич

pir1964@yandex.ru

АО «Капитал Прок»

Рассмотрены результаты учений НАСА по астероидной опасности, прошедшие в апреле 2021 г. Впервые на примере полярной пары Антарктида — Северный Ледовитый океан представлена концепция последствий глобальной сферической волны от удара астероида. Показана несостоятельность предлагавшихся ранее способов противоастероидной защиты. Сделаны выводы о безальтернативности противоастероидной защиты с применением противобункерных ракет на базе российских С-500 для дефрагментации тела астероида на высоте около 100 км. Для этого предлагается создать тетраэдрическую систему космической защиты Земли из четырех основных взаимозависимых элементов: средства наблюдения, противобункерные ракеты, способ разработки этими ракетами тела астероида, средства их доставки от мест постоянного базирования к стартовым площадкам.

**Ключевые слова:** астероидная безопасность, верхние слои атмосферы, опасный космический объект, противобункерные ракеты, противоастероидная защита Земли

В апреле 2021 г. прошли учения НАСА по астероидной безопасности. Результаты этих учений подтвердили полную бесперспективность предложенных ранее способов отражения астероидной атаки на Землю даже при обнаружении опасного космического объекта (ОКО) размером около 100 м за полгода до его столкновения с планетой. Реальное время обнаружения всех ОКО таких размеров исчисляется несколькими сутками. В результате было сделано предложение принять в качестве безальтернативного варианта способ противоастероидной защиты Земли в виде тетраэдрической структуры, включающей в себя четыре взаимозависимых элемента:

- систему обнаружения ОКО;
- инструмент воздействия на ОКО — противобункерные ракеты на базе российских С-500;

• доставку этих ракет со стационарных пунктов до мест их стартов дирижаблями;

• систему разработки ОКО в верхних слоях атмосферы (около 100 км над Землей).

Данный способ позволит разукрупнить тело ОКО до размеров, максимально сгущающихся в атмосфере, и отказаться в дальнейшем от применения ядерных зарядов, что позволит отражать одновременную атаку нескольких ОКО. Рассмотрим данную тематику более детально.

Знаменитая Пучеж-Катунская астроблема имеет диаметр 80 км и центральную горку высотой почти 2 км. Посреди Среднерусской равнины — двухкилометровая гора, выходящая из кольцеобразного «цирка». Подобные образования обнаружены не только на Земле, но и на других планетах, в частности, на Луне. Общепринятым считается, что астроблемы — это след от падения крупного небесного тела на Землю (или другую планету). Положение о том, что после такого удара в месте падения остается выемка диаметром в десятки и сотни километров, не вызывает никаких сомнений. Но наличие «центральной горки» уже заставляет ученых искать ответ на вопрос о механизме ее возникновения. Все выдвинутые гипотезы сводятся к тому,

что сначала горная порода поднимается в небо, а потом часть ее возвращается обратно, формируя насыпную центральную горку. Но вопрос о том, почему существуют астроблемы без горки и почему не вся порода возвращается остается открытым.

В 1991 году А.Ф. Черняев написал книгу «Камни падают в небо», высказав всего лишь предположение о возможности по каким-то причинам процесса выброса массы породы из земных недр без падения какого-либо тела сверху [1]. В своей «Эфиродинамике» В.А. Ацюковский предложил следующий механизм образования и «центральной горки» и самих астроблем. Он объясняет это явление выбросом эфирных потоков из недр планеты, захватывающих своим движением гигантские горные массы [2]. Причем сам выброс происходит в виде тороида, в центре которого действительно имеется пространство, которое при определенных динамических характеристиках его движения может полностью или частично захватывать горную массу. Именно поэтому какие-то астроблемы имеют «центральную горку», а какие-то нет. Возможно, подробное изучение эфиродинамических процессов в ближайшем будущем позволит по-новому взглянуть на неразрешимые в настоящее время научные проблемы, но есть и более простая модель, объясняющая происхождение астроблем. Удар по сфере формирует глобальную волну, которая по поверхности (астеносфера), выходя из одной точки планеты, устремляется к противоположной точке, встречаясь сама с собой. То есть именно на противоположном от астроблемы полюсе должны находиться следы «космического удара». Самым очевидным примером предлагаемого механизма образования комет (и не только) является пара Антарктида — Северный Ледовитый океан. Что также позволяет выдвинуть гипотезу о происхождении не только кометы, но и целой планеты — Луны.

Что данное положение означает на практике? Оно означает, что если на Землю в любой район с достаточно высокой вероятностью упадет массивное космическое тело, то глобальная волна пройдет по поверхности всей планеты, не оставив никаких шансов на выживание. В настоящее время стратегия выживания человечества подчинена решению двух проблем: глобальное потепление и пандемия. Данные продукты человеческой жизнедеятельности отодвинули на второй план решение проблем, связанных с угрозами, исходящими из Космоса. Космический мусор, космическая погода и астероидно-кометная опасность как бы перестали существовать и сняты с текущей повестки дня. Практически все силы мирового сообщества брошены на борьбу с пандемией, развивающейся на фоне именно глобального потепления климата. Последние учения НАСА по астероидной безопасности, прошедшие в конце апреля 2021 г., показали, что для противодействия астероидно-кометной опасности у землян нет никаких реальных средств. Даже за полгода после обнаружения реального опасного космического объекта размером 115 м, приближающегося к Земле со скоростью 15 км/с и готового упасть на Европу, не будет никакой возможности избежать столкновения. Были рассмотрены все предлагавшиеся ранее более-менее приемлемые способы защиты: отклонение с помощью так называемого «космического трактора», уничтожение астероида ракетой с ядерным зарядом на расстоянии нескольких миллионов километров от Земли, кинетический удар по типу «космического бильярда» с использованием как ракетных средств, так и других космических тел. Не вдаваясь в подробности возможности технической осуществимости предлагавшихся вариантов, однозначно можно утверждать: все их объединяет один существенный недостаток: для их предлагаемой реализации потребуется запас времени, гораздо превышающий шесть месяцев. Заметим, при почти 42000 сферических градусах космического неба вокруг Земли существующими средствами наблюдения одновременно может скани-

роваться не более нескольких градусов. И реальный минимальный срок обнаружения любого опасного космического объекта размером около 100 м сокращается в лучшем случае до нескольких суток [3].

В итоговом докладе по результатам последних учений НАСА содержится неутешительное заключение: в результате смоделированного столкновения Европа перестанет физически существовать. Другие последствия, такие как наступление «ядерной зимы», учеными НАСА даже не рассматривались. Между тем даже в таких жестких условиях решение существует.

В 2020 г. проявилась весьма интересная тенденция в решении проблемы астероидной безопасности. Предлагается не отклонить или уничтожить ядерным взрывом опасный космический объект ОКО за миллионы километров от Земли, а произвести его разделение на части в верхних слоях атмосферы. Действительно, интервал времени от момента обнаружения ОКО размером в несколько десятков метров до его столкновения (подлета) с Землей лежит в диапазоне от нескольких часов до нескольких суток. В одном из вариантов предложено применить кинетическое воздействие на эти объекты искусственных спутников и готовящихся к запуску космических аппаратов. Это воздействие должно произойти буквально за несколько секунд до столкновения, поскольку при скоростях астероидов в десятки километров в десятки километров в секунду и расположении спутников на высоте 200...1000 км получается именно такое время: секунды, максимум десятки секунд [4].

Более приемлемым представляется такое решение: провести аналогичное воздействие на ОКО в таком же временном диапазоне, но в отличие от неопробированной на практике идеи «космического бильярда на низких орбитах» предложено реализовать комплексное взаимодействие уже отработанных и положительно зарекомендовавших себя общезвестных технологий. Рассмотрим некоторые из этих технологий.

Первая технология. Объект, на который предстоит воздействовать в верхних слоях атмосферы (100...150 км), представляет из себя осколок горной породы (для начала рассмотрим размеры 50...150 м в поперечном сечении), который необходимо разуточнить на части (20...30 м), гарантированно сгорающих в земной атмосфере при движении со скоростями в десятки километров в секунду. В земных условиях такой объем горной породы разрабатывается без особых проблем буровзрывным способом с помощью карьерной техники. Горный массив обуивается по определенной сети скважин, в которые закладывают взрывчатое вещество ВВ из расчета максимум 1 кг ВВ на 1 м<sup>3</sup> породы. Все количественные характеристики буровзрывных работ можно проверить в любом отраслевом справочнике. Данный пример приведен исключительно для наглядного представления самого процесса дефрагментации горного массива. Но вместо карьерного оборудования для разработки горного массива астероида предлагается привлечь разработку военных специалистов под названием «противобункерная бомба», способную выполнить роль карьерного оборудования в верхних слоях атмосферы. Так, американская противобункерная бомба GBU-57 имеет следующие характеристики: до взрыва погружается в грунт на глубину до 61 м и несет 2400...2700 кг взрывчатого вещества. Необходимым условием для ее применения является скорость падения в несколько километров в секунду, что вполне согласуется со скоростями сближения астероида с Землей. Но остается вопрос: как доставить эту бомбу до астероида? Существует ли такое средство доставки? Да, существует.

Вторая технология. Российский зенитно-ракетный комплекс С-500, если судить по общедоступным источникам, рассчитан на поражение целей, находящихся до 200 и более километров над земной поверхностью. Общая масса одного комплекса С-500

с четырьмя ракетами без учета массы тягача составляет 33 т. Несложный расчет позволяет утверждать, что за счет снижения высоты полета до 100...150 км и соответствующего высвобождения массы топлива создается предпосылка для создания общенпланетарного инструмента воздействия на ОКО, представляющего из себя гибрид американской противобункерной бомбы GBU-57 и российского ЗРК С-500. Рой таких противобункерных ракет сможет разукрупнить астероид в непосредственной близости от Земли, будучи направлен прямо ему навстречу. Соответственно необходимое время упреждения сократится от нескольких лет до нескольких суток. Но возникает вполне закономерный вопрос: при ограниченном количестве таких систем и таком минимальном времени упреждения существует ли решение по быстрому развертыванию таких противоастероидных комплексов и подготовке мест их непосредственных стартов в любой точке Земли? Да, существует.

Третья технология. Средства обнаружения (наземные и космические обсерватории, места базирования ракетных комплексов, средства доставки этих комплексов к местам стартов. Такая логистическая система из трех взаимозависимых составляющих будет способна справиться с поставленной задачей. Если первые два элемента принципиально не представляют по отдельности какой-то сверхпроблемы, то третий элемент предлагаемой схемы взаимоувязывает и скрепляет в единое целое всю систему противоастероидной безопасности. Скорость доставки ракетных комплексов к местам их стартов определяет и места их базирования и глубину сканирования космического пространства. Этот третий элемент должен иметь следующие характеристики: достаточную грузоподъемность, а это десятки и даже сотни тонн, достаточную скорость передвижения, а это не менее 100 км/ч, и вседоступность что над земной, что над водной поверхностью. Такая технология имеется и получает с каждым годом новое развитие. Это — дирижабли. Свое наивысшее развитие этот вид транспорта нашел в «Атлантах» — самолето-вертолето-дирижаблях Г.Е. Вербы, которые с грузоподъемностью до 180 т и крейсерской скоростью 120 км/ч при наличии водной поверхности могут стать не только средствами доставки противобункерных ракет к местам их непосредственных стартов «на астероид», но и местами их пусков (наподобие «Морского старта» В.А. Лопоты). Тогда вся предлагаемая логистическая система увязывается в следующие характеристики (длина земного экватора 40000 км): При обнаружении ОКО за 10 суток до столкновения потребуется всего одна база. За пять суток — 4 базы, за 60 часов — 14 баз.

Еще один закономерный вопрос. Даже при создании инструмента воздействия и обозначенной логистической структуры: каким способом производить воздействие непосредственно на объект, как «разрабатывать» такое космическое «месторождение», несущееся на Землю со скоростью в десятки километров в секунду, угрожая всему живому? И на этот вопрос имеется ответ.

Четвертая технология. Из опыта разработки рудных месторождений открытым способом известно: качество дробления горных пород взрывом повышается, когда ударная волна отражается на границе двух фаз «горная порода — открытое пространство». В горном деле даже существует метод, когда для лучшей проработки массив породы предварительно оконтуривают и взрывают по контуру, создавая так называемую «экранирующую щель». В случае применения противобункерных ракет для разработки «астероидного месторождения» открытое пространство окружает весь объект, а значит эффективность взрывания при большей площади отраженной волны будет выше. Кроме того, имеются все предпосылки для еще более качественного дробления горной породы с увеличением высоты взрыва. Не так давно автор

настоящей работы предположил, что известное понижение атмосферного давления с высотой может этому способствовать. Предположение заключалось в следующем. С высотой увеличивается разность давлений взрывных газов и внешней среды. Это означает, что должна увеличиваться и скорость истечения этих газов, а значит и их кинетическая энергия, т. е. эффективность самого процесса взрываания. Отсюда следует, что эффективность взрываания для одинаковых пород на высокогорных карьерах должна быть выше, чем на равнинах. Высказанное в личной переписке автора предположение имело поддержку у А.Г. Секисова, доктора наук в области горного дела, который подтвердил, что наблюдал эффект более низкого выхода негабарита для гранитоидов высокогорного Тырныаузского месторождения (высота 3000 м) по сравнению с Сорским месторождением (высота 850 м).

Сам по себе способ отработки астероида противобункерными ракетами должен учитывать их последовательное проникновение:

- от периферии к центру;
- взрывание сначала дальних по ходу его движения участков, чтобы не создавать препятствий для последующих эшелонов роя ракет.

Необходимое число ракет для одного стометрового объекта условно составляет 55 шт. Расход взрывчатого вещества ВВ 1 килограмм на кубометр взят для условий «взрыва на выброс», когда горную породу подготавливают буровзрывным способом до крупности, допускающей ее выемку экскаваторами. Такого измельчения при разукрупнении астероида не потребуется (необходимы 20–30-метровые блоки). Поэтому количество ракет будет заведомо меньше. Применение непромышленных нетиповых, новых неядерных ВВ так же снизит количество необходимых ракет. Здесь поможет опыт применения экструдированных взрывчатых веществ, применяемых при исследовании кумуляционных эффектов.

Еще одна существенная особенность предлагаемого способа противоастероидной защиты — реальная возможность противодействовать не одному, а сразу нескольким опасным объектам, одновременно сближающимся с нашей планетой, что в ранее предлагавшихся известных способах даже не рассматривалось.

Из всего изложенного следует однозначный вывод: любым программам освоения космического пространства, в том числе лунной программе, должна предшествовать разработка системы противоастероидной защиты с применением уже отработанных на Земле технологий.

## Литература

- [1] Шустов Б.М., Рыхлова Л.В. Астероидно-кометная опасность: вчера, сегодня, завтра. М.: ФИЗМА-ТЛИТ, 2010. 372 с.
- [2] Шустов Б.М., Рыхлова Л.В., Кулешов Ю.П., Дубов Ю.Н., Елкин К.С., Вениаминов С.С., Боровин Г.К., Молотов И.Е., Нароенков С.А., Барабанов С.И., Емельяненко В.В., Девяткин А.В., Медведев Ю.Д., Шор В.А., Холшевников К.В. Концепция системы противодействия космическим угрозам: астрономические аспекты // Астрономический вестник. Исследования Солнечной системы. 2013. Т. 47. № 4. С. 327–340. DOI: 10.7868/S0320930X13040221
- [3] Боровский Ю.В., Жаворонков Г.Н., Сердюков Н.Д., Шубин Е.П. Гражданская оборона. М.: Прогресс, 1991. 223 с.
- [4] Шустов Б.М., Нароенков С.А., Емельяненко Н.Ю., Шугаров А.С. Астрономические аспекты построения системы обнаружения и мониторинга опасных космических объектов // Астрономический вестник. Исследования Солнечной системы. 2013. Т. 47. № 4. С. 312–320. DOI: 10.7868/S0320930X1304021X

## Alternativity of Antiasteroid Protection with Application Anti-Bunker Missiles Based on Russian S-500

**Piryazev Igor** pir1964@yandex.ru  
**Capital Proc, JSC**

*The results of NASA's asteroid hazard exercises held in April 2021 are considered. For the first time, using the example of the polar pair Antarctica - Arctic Ocean, the concept of the consequences of a global spherical wave from an asteroid impact is presented. The inconsistency of the previously proposed methods of anti-asteroid protection is shown. Conclusions are drawn about the lack of alternative to anti-asteroid protection with the use of anti-bunker missiles based on the Russian S-500 for defragmentation of the asteroid body at an altitude of about 100 kilometers. To do this, it is proposed to create a tetrahedral system of space protection of the Earth from four main interdependent elements: surveillance equipment, anti-bunker rockets, a way for these rockets to develop an asteroid body, means of their delivery from permanent bases to launch sites.*

**Keywords:** asteroid safety, dangerous space object, anti-asteroid protection of the Earth, anti-bunker rockets, upper atmosphere

### References

- [1] Shustov B.M., Rykhlova L.V. Asteroidno-kometnaya opasnost': vchera, segodnya, zavtra [Asteroid-comet danger: yesterday, today, tomorrow]. Moscow, FIZMATLIT Publ., 2010, 372 p. (in Russ.).
- [2] Shustov B.M., Rykhlova L.V., Naroenkov S.A., Barabanov S.I., Emelyanenko V.V., Kuleshov Y.P., Dubov Y.N., Elkin K.S., Veniaminov S.S., Borovin G.K., Molotov I.E., Devyatkin A.V., Medvedev Y.D., Shor V.A., Kholshevnikov K.V. Kontseptsiya sistemy protivodeystviya kosmicheskim ugrozam: astronomicheskie aspekty [A concept of a space hazard counteraction system: astronomical aspects]. Astronomicheskiy vestnik [Solar System Research], 2013, vol. 47, no. 4, pp. 327–340. (in Russ.). DOI: 10.7868/S0320930X13040221
- [3] Borovskiy Yu.V., Zhavoronkov G.N., Serdyukov N.D., Shubin E.P. Grazhdanskaya obrona [Civil defense]. Moscow, Prosveshchenie Publ., 1991, 223 p. (in Russ.).
- [4] Shustov B.M., Naroenkov S.A., Emelyanenko V.V., Shugarov A.S. Astronomicheskie aspekty postroeniya sistemy obnaruzheniya i monitoringa opasnykh kosmicheskikh obektov [Astronomical aspects of building a system for detecting and monitoring hazardous space objects]. Astronomicheskiy vestnik [Solar System Research], 2013, vol. 47, no. 4, pp. 312–320. (in Russ.). DOI: 10.7868/S0320930X1304021X

УДК 004.93'12

## Миграция технологий машинного обучения в космическую отрасль

**Ребенкова Юлия Дмитриевна** yulya.rebenkova@gmail.com

ПАО «МТС»

**Кашфутдинов Булат Дамирович** Bkashfutdinov@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана

*Рассмотрены возможности использования искусственного интеллекта в космической отрасли. Представлены существующие методики обработки данных с помощью техно-*

*логий машинного обучения, приведены результаты сравнительного анализа качества обработки снимков при помощи человека и искусственного интеллекта. Показаны преимущества и недостатки использования технологий машинного обучения для аэрокосмических систем. Сделаны выводы о возможности и перспективах использования технологий машинного обучения в космической отрасли.*

**Ключевые слова:** машинное обучение, индустрия 4.0, искусственный интеллект, большие данные, космические телескопы, нейросети, анализ данных

В XX веке технологии, связанные с космическими аппаратами, находились на переднем крае науки и техники. Исследования, проводимые в космическом пространстве, двигали науку вперед, многие технологии постепенно мигрировали из космической отрасли и стали применяться в повседневной жизни. XXI век связан с бурным ростом автоматизации, появлением машинного обучения и даже искусственного интеллекта. В настоящее время происходит миграция технологий в обратную сторону: анализ большого количества данных с датчиков, наложение определенных фильтров на снимки и их обработка, распознавание объектов и др. То есть технологии, разработанные для облегчения и совершенствования жизни на Земле, значительно превосходят используемые в космической отрасли. Например, современные космические телескопы отправляют огромные массивы данных на Землю для их последующей обработки. С каждым годом количество передаваемой информации увеличивается. Космическая сфера приближается к эпохе больших данных, обработка которых невозможна в короткий срок с применением существующих механических технологий. Однако не вся передаваемая информация соответствует условиям исследований и пригодна для изучения, например, засвеченные, некачественные снимки, произведенные в неверном направлении, снимки, поврежденные внешними факторами (космические излучения, галактическая и межгалактическая пыль, космические объекты), снимки, поврежденные внутренними факторами (ошибки внутренних систем телескопа) [1]. Использование машинного обучения позволяет получить значительное превосходство в задачах обработки изображений при условии правильного создания обучающих данных и правильном обучении нейросети.

В исследовании представлены возможности использования машинного обучения для задач обработки снимков [2], рассмотрены основные открытые библиотеки машинного обучения, используемые в настоящее время для обработки космических снимков [3]. Современные методы обработки изображений успешноправляются с отсеиванием изображений, не несущих ценности. Однако в то время, пока они применяются для обработки изображений, полученных со спутников дистанционного зондирования земли, и вычислительные сервера располагаются на Земле, передача снимков не требует больших мощностей приемопередатчиков и антенн, в отличие от космических аппаратов и зондов, находящихся в отдалении от Земли, и имеющих серьезные ограничения по пересылке информации. В рамках данной работы предлагается рассмотреть возможности использования наземного программного обеспечения для обработки изображений на космических аппаратах в рамках исследовательских миссий.

На основе изображений, полученных в космическом пространстве (спутники дистанционного зондирования земли и космические телескопы), в работе описаны основные библиотеки обработки изображений, применение которых на космических аппаратах может значительно сократить объем передаваемой информации [4].

## Литература

- [1] Пономарчук А.И., Черепанова Е.С., Шихов А.Н. Дистанционное зондирование в картографии. Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2013. 100 с.
- [2] Балухто А.Н., Романов А.А. Искусственный интеллект в космической технике: состояние, перспективы развития // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы. 2019. Т. 6, вып. 1. С. 65–75.
- [3] Куликова Е.А., Пестунов И.А., Синявский Ю.Н. Непараметрический алгоритм кластеризации для обработки больших массивов данных // Математические методы распознавания образов: тр. 14-й науч. конф. М.: MAKС Press, 2009. С. 149–152.
- [4] Пестунов И.А., Рылов С.А. Метод построения ансамбля сеточных иерархических алгоритмов кластеризации для сегментации спутниковых изображений // Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли: матер. междунар. науч. конф. Красноярск, Сибирский федеральный университет, 2014. С. 215–223.

## Migration of Machine Learning Technologies to the Space Industry

**Rebenkova Yulya Dmitrievna**

yulya.rebenkova@gmail.com

MTS PJSC

**Kashfutdinov Bulat Damirovich**

Bkashfutdinov@bmstu.ru

BMSTU

*In this work, the possibilities of using artificial intelligence in the space industry are considered; the existing methods of data processing using machine learning technologies are presented, as well as a comparative analysis of the quality of image processing using human and artificial intelligence is given; the advantages and disadvantages of using machine learning technologies for aerospace systems are shown; conclusions are drawn about the possibility and prospects of using machine learning technologies in the space industry.*

**Keywords:** machine learning, industry 4.0, artificial intelligence, big data, spacecraft, neural networks, data analysis

## References

- [1] Ponomarchuk A.I., Cherepanova E.S., Shikhov A.N. Distsantsionnoe zondirovanie v kartografi [Remote sensing in cartography]. Perm', Permskii gosudarstvennyi natsional'nyi issledovatel'skii universitet [Perm State National Research University], 2013, 100 p. (In Russ.).
- [2] Balukhto A.N., Romanov A.A. Iskusstvennyi intellekt v kosmicheskoi tekhnike: sostoyanie, perspektivi razvitiya [ Artificial intelligence in space technology: state, prospects of development]. Raketno-kosmicheskoe priborostroenie i informatsionnye sistemy [Rocket and Space Instrumentation and Information Systems ], 2019, vol. 6, iss. 1, pp. 65–75. (In Russ.).
- [3] Kulikova E.A., Pestunov I.A., Sinyavskii Yu.N. Neparametricheskii algoritm klasterizatsii dlya obrabotki bol'shikh massivov dannykh [Nonparametric clustering algorithm for processing large data arrays]. Matematicheskie metody raspoznavaniya obrazov: tr. 14-i nauch. konf. [Mathematical methods of pattern recognition: tr. 14th scientific conf.]. Moscow, MAKС Press, 2009, pp. 149–152. (In Russ.).
- [4] Pestunov I.A., Rylov S.A. Metod postroeniya ansambyla setochnykh ierarkhicheskikh algoritmov klasterizatsii dlya segmentatsii sputnikovykh izobrazhenii [A method for constructing an ensemble of grid hierarchical clustering algorithms for segmentation of satellite images]. Regional'nye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli: mater. mezhdunar. nauch. konf. [Regional problems of remote sensing of the Earth, Proceedings of the International Scientific Conference]. Krasnoyarsk, Sibirskii federal'nyi universitet [Siberian Federal University], 2014, pp. 215–223. (In Russ.).

УДК 629

## Повышение информативности о малых космических аппаратах орбитальной группировки как путь обеспечения устойчивости космической деятельности

Сергеев Виктор Евгеньевич

sergeevve@rambler.ru

ЦНИИмаш

Важным фактором, определяющим устойчивость космической деятельности, является расширение доступа в космос странами мирового сообщества. Прогнозируется увеличение количества малых космических аппаратов в орбитальных группировках. Появляются проблемы, касающиеся устойчивого развития космической деятельности. Для эксплуатации малых космических аппаратов необходимо обладать полной информации о них. Предложено увеличить объем информации о малых космических аппаратах для их идентификации. Для этого используют светоотражающие покрытия на малых космических аппаратах с кодировкой информации в надписи и средства наземного считывания, например, по патенту № 2442998 «Способ идентификации космических аппаратов и их обломков в космическом пространстве (варианты)».

**Ключевые слова:** космическое пространство, малые космические аппараты, идентификация малых космических аппаратов, развитие космической деятельности, космические технологии

При проведении системных исследований условий, определяющих перспективы развития космической деятельности, отмечен важный фактор, которым является расширение доступа в околоземное космическое пространство не только ведущими космическими государствами, но и другими странами мирового сообщества. Развиваются способы использования космических технологий, совершенствуется ракетно-космическая техника. Разрабатываются проекты с использованием группировок с большим числом малых космических аппаратов (МКА).

При этом появляются проблемы, касающиеся устойчивого развития космической деятельности: распределение диапазонов радиочастот, согласование орбит и управление взаимным движением МКА, предотвращение техногенного засорения околоземного космического пространства, определение ущерба от МКА при возможных конфликтах в космосе и на поверхности Земли [1].

Во всех случаях практического применения понадобится по возможности полная и юридически правомерная информация для целей задач конфликтологии о каждом МКА как участнике космической деятельности.

Правовой основой контроля космического пространства являются требования международного документа «Конвенция о регистрации объектов, запускаемых в космическое пространство» 1977 г. [2]. Генеральный секретарь Организации Объединенных Наций (ООН) ведет Реестр, в который заносится информация, предоставляемая каждым государством регистрации включая следующую информацию о каждом космическом объекте, занесенным в его национальный регистр; название запускающего государства или запускающих государств; соответствующее обозначение космического объекта или его регистрационный номер; дату и территорию или место запуска; основные параметры орбиты, включая: период обращения, наклонение, апогей, перигей, общее назначение космического объекта.

Появляется потребность в развитии информационного обеспечения космической техники, чтобы дополнительно к принятой системе регистрации обеспечить доступ к сведениям об МКА, включая коммерческую, техническую и технологическую информацию.

Аналогом может, например, служить промышленный порядок, при котором Правительство Российской Федерации установило общие правила маркировки товаров, на которые в обязательном порядке наносятся идентификационные знаки (постановление от 26 апреля 2019 г. № 515). Они применяются в общем случае, т. е. если иное не установлено актами Правительства Российской Федерации, определяющими особенности маркировки отдельных видов товаров. Перечень утвержден распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 апреля 2018 г. № 792-р. Система обязательной маркировки товаров средствами идентификации позволяет проследить весь путь товара от производства или импорта до продажи потребителю (или иного выбытия), подтвердить его легальность и подлинность.

Предлагается разработать технологию повышения уровня идентификации МКА в космическом пространстве, в рамках которой [3]:

- регистрационные данные каждого МКА наносят на него с возможность наблюдения, считывания и опознавания не только в космосе, но и наземными средствами;
- регистрационные данные МКА наносят непосредственно на его детали, которые могут оказаться на поверхности Земли при прохождении через атмосферу или у которых есть вероятность превратиться в космический мусор;
- регистрационные, индикаторные данные МКА наносят внутри замкнутых объемов МКА, чтобы была возможность осуществить наблюдение наземными средствами при разрушении МКА.

Для реализации предлагаемой технологии используют, например, светоотражающие покрытия для надписи на МКА, разрабатывают кодировку информации содержащейся в надписи и средства наземного считывания.

Такая технология по мере разработки может быть предложена на площадке Комитета ООН по космосу для подготовки проекта соответствующего международного документа по усилению мер идентификации космических аппаратов в космическом пространстве.

При обосновании данного предложения проведены патентные исследования и получен патент № 2442998 «Способ идентификации космических аппаратов и их обломков в космическом пространстве (варианты)» [4].

## Литература

- [1] Указ Президиума Верховного Совета СССР от 28 сентября 1973 г. № 4855-VIII «Конвенция о международной ответственности за ущерб, причиненный космическими объектами». URL: <https://docs.cntd.ru/document/1900338> (дата обращения 12.12.2021).
- [2] Указ Президиума Верховного Совета СССР от 13 июля 1977 г. № 6020-IX «Конвенция о регистрации объектов, запускаемых в космическое пространство». URL: <https://docs.cntd.ru/document/1900404> (дата обращения 12.12.2021).
- [3] Твердохлебова Е.М., Сергеев В.Е., Шаповалов Р.В. Технология повышения уровня идентификации МКА в космическом пространстве // XLIV академические чтения по космонавтике посвященные памяти академика С.П.Королёва и других выдающихся отечественных ученых – пионеров освоения космического пространства: сб. тезисов. В 2 т. Т. 1. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2020. С. 435–437. URL: [http://www.korolevspace.ru/sites/default/files/uploads/Abstracts\\_44\\_2020\\_Vol1.pdf](http://www.korolevspace.ru/sites/default/files/uploads/Abstracts_44_2020_Vol1.pdf) (дата обращения 12.12.2021).

- 
- [4] Сергеев В.Е., Ершов С.В., Короткова Е.А., Губарева Т.А., Погорнев И.В., Семенкина Л.В., Согрина Е.Ф. Способ идентификации космических аппаратов и их обломков в космическом пространстве (варианты). Патент № 2442998 Российская Федерация, 2012, бюл. 5. 12 с.

## **Increasing Information about Small Space Vehicles as a Way to Ensure the Stability of Space Activities**

**Sergeev Viktor Evgenievitsch** sergeevve@rambler.ru

*Central Research Institute for General Machine Building*

*An important factor determining the sustainability of space activities is the expansion of access to space by countries of the world community. An increase in the number of small spacecraft (SSC) in orbital constellations is predicted. There are problems related to the sustainable development of space activities. The operation of the small spacecraft will require complete information about the spacecraft. It is proposed to increase the amount of information about the small spacecraft for its identification. For this, reflective coatings on small spacecraft with coding of information in the inscription and means of ground reading are used, for example, according to patent № 2442998.*

**Keywords:** outer space, small spacecraft, small spacecraft identification, development of space activities, space technology

### **References**

- [1] Decree of the Presidium of the Supreme Soviet of the USSR dated September 28, 1973 No. 4855-VIII “Convention on International Liability for Damage Caused by Space Objects”. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/1900338> (accessed December 12, 2021). (in Russ.).
- [2] Decree of the Presidium of the Supreme Soviet of the USSR dated July 13, 1977 No. 6020-IX “Convention on Registration of Objects Launched into Outer Space”. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/1900404> (accessed December 12, 2021). (in Russ.).
- [3] Tverdochlebova E.M., Sergeev V.E., Shapovalov R.V. Tekhnologiya povysheniya urovnya identifikatsii MKA v kosmicheskem prostranstve [small spacecraft identification in outer space level enhancement technology]. Proceedings of the XLIV Academic Space Conference, dedicated to the memory of academician S.P. Korolev and other outstanding national scientists — pioneers of space exploration “Korolev Academic Space Conference”. In 2 vol. Vol. 1. Moscow, BMSTU Press, 2020, pp. 435-437. Available at: [http://www.korolevspace.ru/sites/default/files/uploads/Abstracts\\_44\\_2020\\_Vol1.pdf](http://www.korolevspace.ru/sites/default/files/uploads/Abstracts_44_2020_Vol1.pdf) (accessed December 12, 2021). (in Russ.).
- [4] Sergeev V.E., Ershov S.V., Korotkova E.A., Gubareva T.A., Pogornev I.V., Semenkina L.V., Sogrina E.F. Sposob identifikatsii kosmicheskikh apparatov i ikh obломkov v kosmicheskem prostranstve (variants) [Method for identifying of spacecrafsts and their debris in space (variants)]. Patent RF 2442998, 2012, byul. 5, 12 p. (in Russ.).

---

УДК 629.783

## Проблема космического мусора и пути ее решения

**Сивова Александра Николаевна**

sivovaalex@gmail.com

**МГТУ им. Н.Э. Баумана**

**Душечкина Елена Андреевна**

dushechkinaea@student.bmstu.ru

**МГТУ им. Н.Э. Баумана**

**Паня Андрея**

andip200053@gmail.com

**МГТУ им. Н.Э. Баумана**

*Рассмотрена проблема космического мусора: что он собой представляет, как образуется, его количество в настоящее время и какую опасность он несет. Приведены пути решения данной проблемы как с технической, так и юридической точек зрения. Особое внимание уделено воздействию космического мусора на глобальное изменение климата: потеплению. Сделан акцент на увеличении количества космических объектов и следовательно, космического мусора за последние десятилетия. Отсутствие уборки космического мусора может привести к тому, что орбита Земли станет непригодной для использования.*

**Ключевые слова:** космический мусор, спутники, глобальное изменение климата, воздействие физических факторов, Международная космическая станция

В 2022 году человечество отмечает юбилейную годовщину с начала космической эры. Ровно 65 лет назад, в 1957 году, был запущен первый искусственный спутник Земли, разработанный в СССР. За эти годы мы запустили тысячи ракет и отправили на орбиту множество спутников. Изучая космос, люди создавали в нём беспорядок: на орбите нашей планеты находятся тысячи мертвых спутников, а также обломки всех ракет, которые запускались в эти годы. Любой механизм или мусор, оставленный людьми в космосе называется космическим мусором. Это могут быть как большие объекты, такие как мертвые спутники, которые вышли из строя или остались на орбите в конце своей миссии, так и более мелкие, такие как обломки или пятна краски, упавшие с ракеты. Сегодня на орбите Земли вращается около 2000 активных спутников, и еще 3000 мертвых засоряют космос. Также существует около 34 000 кусков космического мусора размером более 10 сантиметров и миллионы более мелких кусков [1]. Поэтому в рамках исследования рассматривается проблема космического мусора и пути её решения.

Самая большая опасность, которую космический мусор представляет, — столкновение с другими объектами на орбите. Действующие спутники должны всё время избегать столкновения с мусором, чтобы не быть поврежденными или уничтоженными. В общей сложности на всех спутниках ежегодно выполняются сотни маневров по предотвращению столкновений, в том числе на Международной космической станции (МКС), где живут космонавты. Так, за последние 20 лет МКС было вынуждено совершить 25 маневров по предотвращению столкновений с мусором. Причем, согласно идеи учченого НАСА Дональда Кесслера, однажды на орбите окажется слишком много космического мусора, что приведет к цепной реакции: все больше и больше объектов будут сталкиваться, создавая новый космический мусор. В итоге, делая орбиту Земли непригодной для использования. Безусловно, этот вариант будущего экстремальный, но многие эксперты опасаются, что нечто подобное может произойти. Поэтому следует принять меры, чтобы этого никогда не произошло.

Стоит отметить, что исследования космоса увеличиваются ежегодно. Если раньше этим занимались отдельные страны, то сейчас этим занимаются и компании. Например, компании SpaceX и Amazon, которые планируют запустить тысячи спутников, называемые мегагонстелляциями, которые будут передавать Интернет на Землю. В случае успеха запуска спутников для обеспечения глобального покрытия спутниковым интернетом на орбите может появиться еще 50 000 спутников. Это означает, что необходимо будет выполнить гораздо больше маневров для предотвращения столкновений [2]. Сейчас на орбите уже врачаются спутники Starlink от SpaceX. В сентябре 2019 года Европейское космическое агентство выполнило свой первый спутниковый маневр, чтобы избежать столкновения с мегагонстелляцией SpaceX. Стоит отметить, что избегать активных спутников — это новшество, появившееся за последние несколько лет. Но стоит помнить, что орбита Земли позволяет нам изучать нашу планету, отправлять сообщения и многое другое. Важно, чтобы мы использовали его рационально, чтобы будущие поколения также могли пользоваться его преимуществами.

Для решения данной проблемы Организация Объединенных Наций (ООН) просит все компании убрать свои спутники с орбиты в течение 25 лет после завершения их миссии. Однако это сложно обеспечить, потому что спутники могут (и часто это так) выходить из строя. Для решения этой проблемы несколько компаний по всему миру предложили новые решения: удаление мертвых спутников с орбиты и перетаскивание их обратно в атмосферу, где они сгорят [3, 4]. Способы, которыми мы могли бы это сделать, включают использование гарпиона, чтобы захватить спутник, поймать его в огромную сеть, использовать магниты, чтобы захватить его, или даже запустить лазеры для нагрева спутника, увеличивая его атмосферное сопротивление, так что он падает с орбиты. Однако убрать спутники особенно мертвые из космоса — дорогостоящая процедура, которая не учитывается при планировании миссии из-за отсутствия правового регулирования в данном вопросе: сейчас никто не обязан юридически думать о мертвых спутниках. Поэтому крайне важным является и разработка юридического регулирования в вопросе очистки орбиты от космического мусора.

Также хочется отметить воздействие космического мусора (особенно не функционирующих спутников) на глобальное изменение климата. Солнечное излучение нагревает Землю и отражается обратно, при наличии спутника лучи отражаются от спутника и повторно излучают Землю, увеличивая температуру поверхности, в то время как при отсутствии спутника Земля нагревается излучением однократно.

Таким образом, число космических объектов будет усиливаться ежегодно. Вместе с тем будет увеличиваться количество космического мусора как из-за выхода из строя объектов, так и из-за их столкновения с другими объектами или мусором. При самом плохом развитии событий на орбите окажется слишком много космического мусора, что приведёт орбиту Земли к непригодности для использования. Поэтому возникает необходимость в очистки космоса от мусора выше описанными способами, а также в правовом регулирование загрязнения орбиты космическим мусором. Ведь космический мусор загрязняет не только космос, но и Землю посредством повторного теплового излучения.

## Литература

- [1] O'Callaghan J. What is space junk and why is it a problem? Available at: <https://www.nhm.ac.uk/discover/what-is-space-junk-and-why-is-it-a-problem.html> (accessed October 27, 2021).

- 
- [2] Nishida Sh., Kawamoto S., Okawa Y., Terui F., Kitamura Sh. Space debris removal system using a small satellite // Acta Astronautica. 2009. Vol. 65, iss. 1–2. Pp. 95–102. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0094576509000320> (accessed October 27, 2021).
  - [3] Пикалов Р.С., Юдинцев В.В. Обзор и выбор средств увода крупногабаритного космического мусора // Труды МАИ. 2018. № 100. URL: [http://trudymai.ru/upload/iblock/239/Pikalov\\_YUdintsev\\_rus.pdf?lang=ru&issue=100](http://trudymai.ru/upload/iblock/239/Pikalov_YUdintsev_rus.pdf?lang=ru&issue=100) (дата обращения 26.10.2021).
  - [4] Pelton J. A path forward to better space security: Finding new solutions to space debris, space situational awareness and space traffic management // Journal of Space Safety Engineering. 2019. Vol. 6, iss. 2. Pp. 92–100. DOI: 10.1016/j.jsse.2019.04.005

## Space Debris Problem and Ways to Solve It

**Sivova Aleksandra Nikolaevna**

*BMSTU*

[sivovaalex@gmail.com](mailto:sivovaalex@gmail.com)

**Dushechkina Elena Andreevna**

*BMSTU*

[dushechkinaea@student.bmstu.ru](mailto:dushechkinaea@student.bmstu.ru)

**Panya Andreya**

*BMSTU*

[andip200053@gmail.com](mailto:andip200053@gmail.com)

*The article examines the problem of space debris: what it is, how it is formed, its current amount and what kind of danger it poses. Ways of solving this problem from both technical and legal points of view are also given. Special attention is paid to the impact of space debris on global climate change: warming. Emphasis is placed on the increase in the number of space objects and, consequently, space debris over the past decades, the lack of cleaning of which may lead to the fact that the Earth's orbit will become unusable.*

**Keywords:** space debris, satellites, global climate change, exposure to physical factors, International Space Station

## References

- [1] O'Callaghan J. What is space junk and why is it a problem? Available at: <https://www.nhm.ac.uk/discover/what-is-space-junk-and-why-is-it-a-problem.html> (accessed October 27, 2021).
- [2] Nishida Sh., Kawamoto S., Okawa Y., Terui F., Kitamura Sh. Space debris removal system using a small satellite. Acta Astronautica, 2009, vol. 65, iss. 1–2, pp. 95–102. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0094576509000320> (accessed October 27, 2021).
- [3] Pikalov R.S., Yudintsev V.V. Obzor i vybor sredstv uvoda krupnogabaritnogo kosmicheskogo musora [Review and selection of means of removal of large-sized space debris]. Trudy MAI [Proceedings of MAI], 2018, no. 100. Available at: [http://trudymai.ru/upload/iblock/239/Pikalov\\_YUdintsev\\_rus.pdf?lang=ru&issue=100](http://trudymai.ru/upload/iblock/239/Pikalov_YUdintsev_rus.pdf?lang=ru&issue=100) (accessed October 26, 2021). (In Russ.).
- [4] Pelton J. A path forward to better space security: Finding new solutions to space debris, space situational awareness and space traffic management. Journal of Space Safety Engineering, 2019, vol. 6, iss. 2, pp. 92–100. DOI: 10.1016/j.jsse.2019.04.005

УДК 504.05

## Особенности анализа рисков возникновения чрезвычайной ситуации при запуске космических объектов

Татаринов Виктор Викторович

tatavictor@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, ФГБУ ВНИИ ГОЧС

Рожко Олег Игоревич

rozhkoo@mail.ru

ФГБУ ВНИИ ГОЧС

*Рассмотрены общие подходы к анализу рисков возникновения чрезвычайной ситуации при запуске космических объектов. На примере ряда пусков ракет космического назначения сформулировано заключение о безопасности трассы запуска и районов падения отделяющихся частей ракеты-носителя (ракеты космического назначения), обладающее достаточной степенью общности. Проведенные оценки могут служить базисом повышения безопасности запусков космических объектов для населения, проживающего в зонах потенциальной опасности.*

**Ключевые слова:** ракета-носитель, отделяющаяся часть, трасса пуска, точки падения, безопасность населения

Трассы пусков ракеты космического назначения (РКН), районы падения отделяющихся частей (ОЧ) РКН и прилегающие к ним территории являются зонами потенциальной опасности в связи с возможностью отказа РКН на активном участке полета и падения аварийного изделия или его фрагментов по трассе полета [1–7].

Падение ОЧ РКН, включая падение несгоревших фрагментов разгонных блоков (блоков выведения) в заблаговременно предусмотренные по трассе запуска космического аппарата (КА) районы падения (РП) ОЧ РКН, являющееся неотъемлемой частью технологического процесса полета РКН для выведения КА, в то же время представляет достоверную опасность для населения и объектов, находящихся в границах этих РП и повышенную на прилегающих территориях [8, 9]. Таким образом, зоны трасс пусков и РП ОЧ РКН могут рассматриваться как потенциально опасные производственные объекты, к которым применимы принципы анализа риска опасных производственных объектов.

Проектирование новых трасс пусков и РП ОЧ РКН предусматривает выполнение мероприятий по обеспечению приемлемой безопасности населения, прежде всего за счет выбора мест размещения РП ОЧ и прохождения трассы пуска.

Алгоритм оценки безопасности для конкретной трассы пуска включает следующие основные этапы.

**1. Построение аварийной зоны трассы.** Аварийная зона трассы (АЗТ) аппроксимируется полигоном, образованным линиями, ограничивающими зону максимального (с заданной вероятностью) прогнозируемого бокового разброса точек падения РКН в случае аварии.

Исходными данными для построения АЗТ является таблица характеристик аварийной трассы, включающая координаты, дальности падения, максимальные (с заданной вероятностью) продольные и боковые размеры зоны рассеивания точек падения РКН и ее фрагментов на земной поверхности при аварийном выключении ДУ в различные моменты полета. Прогнозируемые размеры зоны рассеивания точек падения в продольном и боковом направлениях в зависимости от времени наступления отказа определяются предприятием-разработчиком РКН.

АЗТ рассчитывается путем интерполяции последовательности точек левой и правой линий, ограничивающих зону рассеивания точек падения аварийной РКН, и объединения этих линий в объект типа «полигон». Для предварительных оценок границы зон падения аварийной РКН ограничиваются линиями, огибающими районы падения ОЧ.

**2. Предварительный картографический анализ.** Полученная АЗТ наносится на цифровую карту для предварительного картографического анализа. В ходе анализа определяются наземные объекты различного типа, которые попадают в АЗТ и, таким образом, являются потенциальными объектами риска. Картографический анализ проводится с использованием программного обеспечения на базе технологий ГИС. Проводятся количественные оценки числа и характеристик объектов, находящихся в АЗТ. На основании данных об этих объектах делается предварительный качественный вывод о потенциальной опасности или безопасности трассы.

**3. Оценка вероятности отказа РКН и плотности распределения отказов по времени полета.** Оценивается вероятность отказа на активном участке полета РКН. По результатам проектных проработок или/и на основании анализа статистики отказов РКН строится плотность распределения отказов по времени и с учетом зависимости дальности падения от времени аварийного включения двигателей рассчитывается плотность распределения расчетных дальностей падения аварийной РКН.

**4. Расчет плотности распределения точек падения аварийной РКН.** Рассчитывается сетка значений плотности распределения точек падения аварийной РКН в системе координат аварийной трассы пуска с заданным шагом по дальности и в боковом направлении. Полученная сетка накладывается на заданный слой географической карты, содержащий, например, полигональные населенные пункты. С помощью процедур пространственного анализа для каждого объекта рассчитываются элементарные площадки пересечения объекта с сеткой и средние значения плотности распределения для площадок, которые используются для оценки вероятности попадания объекта в зону поражения. Кроме того, для каждого объекта дополнительно могут рассчитываться: средняя удаленность объекта от точки старта, средняя боковая удаленность от трассы, площадь или длины (для линейных и площадных объектов карты) участков пересечений объектов и АЗТ.

Район падения отработавшей третьей ступени ракеты-носителя расположен в акватории Северного Ледовитого Океана примерно в 350 км от Северного полюса и примерно в 800 км от северного побережья Канады. Падение ОЧ не представляет опасности для окружающей среды, поскольку ОЧ практически полностью сгорает в атмосфере.

**Район затопления фрагментов разгонного блока «Фрегат».** Рассмотрим применение предлагаемого подхода на примере затопления несгоревших фрагментов разгонного блока (РБ) «Фрегат».

Зона падения несгоревших фрагментов отработавшего РБ «Фрегат», входящего в состав РКН, расположена в акватории Атлантического Океана со стороны восточного побережья Южной Америки в акватории морского пространства, подведомственного юрисдикции Аргентины, Уругвая, Бразилии. Для конструктивных и материаловедческих особенностей элементов разгонного блока характерно разрушение на мелкие составляющие и практически полное сгорание при прохождении плотных слоев атмосферы с дальнейшим затоплением оставшихся незначительных фрагментов. Происходит полное выгорание остатков топлива. Падение ОЧ РБ «Фрегат» не представляет опасности для судоходства, рыбного промысла и окружающей среды.

Расчеты показывают, что распределение объектов риска и рисков по различным трассам существенно не равномерно.

Заключение о безопасности трассы запуска и районов падения отделяющихся частей ракет космического назначения с космодрома для выведения космических аппаратов на орбиту содержит:

- перечень и характеристики населенных пунктов, природных и антропогенных наземных объектов на территориях, прилегающих к трассам пусков и районам падения отделяющихся частей ракеты космического назначения при запусках с космодрома в соответствующем диапазоне наклонений орбит;
- характеристики и расположение районов падения отделяющихся частей ракет космического назначения (с учетом результатов рекогносцировочных работ);
- перечень и характеристики основных поражающих факторов в районы падения отделяющихся частей;
- перечень и характеристики основных поражающих факторов при авариях ракеты-носителя на активном участке полета;
- оценка вероятностей падения ракеты-носителя на характерных участках полета;
- оценки показателей риска для населения на территориях, прилегающих к районам падения отделяющихся частей ракет космического назначения;
- оценки показателей риска для природных и антропогенных наземных объектов на территориях, прилегающих к районам падения отделяющихся частей ракет космического назначения;
- оценки показателей риска для населения на территориях по трассам пусков ракет космического назначения;
- оценки показателей риска для природных и антропогенных объектов на территориях по трассам пусков ракет космического назначения .
- основные результаты и выводы по рассмотренным трассам запуска КА.

В работе решены следующие задачи:

- разработаны исходные данные по расположению и характеристикам населенных пунктов, объектов инфраструктуры и охраняемых природных объектов по трассовым участкам полета ракеты космического назначения при запуске космического объекта на орбиту;
- определены перечни и характеристики основных поражающих факторов при возникновении аварийных ситуаций ракет космического назначения на участке активного полета по трассе выведения космического объекта, а также в районах падения отделяющихся частей этих ракет;
- оценены показатели риска попадания аварийной ракеты космического назначения в объекты инфраструктуры (промышленные и хозяйственные), в охраняемые природные объекты и другие объекты;
- оценены показатели риска для населения, находящегося по трассе пуска и в районах падения отделяющихся частей ракеты космического назначения;
- сформулированы основные результаты и выводы по рассмотренным трассам запуска космических объектов.

Показано, что территории по трассам пусков характеризуются, как правило, низкой плотностью населения и слабо развитой инфраструктурой, что создает предпосылки для обеспечения безопасности проведения пусков ракет космического назначения.

Проведенные оценки позволяют сделать выводы и рекомендации для повышения безопасности запусков космических объектов.

## Литература

- [1] Ehrenfreund P., Peter N., Billings L. Building long-term constituencies for space exploration: the challenge of raising public awareness and engagement in the United States and in Europe // Acta Astronautica. 2010. Vol. 67 (3–4). Pp. 502–512. DOI: 10.1016/j.actaastro.2010.03.002
- [2] Patton J. Atlas Emergency Detection System (EDS) // AIAA SPACE 2007 Conference & Exposition. 2007. P. 6127. DOI: 10.2514/6.2007-6127
- [3] Capristan F.M., Alonso J.J. Range Safety Assessment Tool (RSAT): An analysis environment for safety assessment of launch and reentry vehicles // 52nd Aerospace Sciences Meeting. 2014. P. 0304. DOI: 10.2514/6.2014-0304
- [4] Tao Z., Wang G., Semanek J., Williams A., Schwartz J.L. Assessing factors that affect the safety of space launch and reentry operations in the National Airspace System // AIAA Space. 2016. P. 5322. DOI: 10.2514/6.2016-5322
- [5] Nield G.C., Sloan J., Council S., Dunlap M. FAA safety approvals in commercial space transportation // New Space. 2016. Vol. 4 (3). Pp. 133–137. DOI: 10.1089/space.2016.0002
- [6] Rising J.M., Leveson N.G. Systems-theoretic process analysis of space launch vehicles // Journal of Space Safety Engineering. 2018. Vol. 5 (3–4). Pp. 153–183. DOI: 10.1016/j.jsse.2018.06.004
- [7] Kattakuri V., Panchal J.H. Spacecraft failure analysis from the perspective of design decision-making // ASME 2019 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference. American Society of Mechanical Engineers Digital Collection. 2019, August. DOI: 10.1115/DETC2019-98420
- [8] Агапов И.В., Шатров Я.Т. Учет показателей безопасности при выборе трасс пусков ракет-носителей и районов падения их отделяющихся частей // Космонавтика и ракетостроение. 1999. № 15. С. 49.
- [9] Шатров Я. Т., Агапов И. В. Оценка рисков возникновения чрезвычайных ситуаций по трассам пусков ракет космического назначения. // Актуальные проблемы регулирования природной и техногенной безопасности в XXI веке. 2005. С. 364–367.

## Features of Analysis of Emergency Risks during the Launch of Space Objects

**Tatarinov Victor Victorovich**

tatavictor@bmstu.ru

*BMSTU, FC VNII GOChS Emercom of Russia*

**Rozhko Oleg Igorevich**

rozhkoo@mail.ru

*FC VNII GOChS Emercom of Russia*

*The paper discusses general approaches to the analysis of the risks of an emergency during the launch of space objects. On the example of a number of launches of space rockets, a conclusion is formulated on the safety of the launch route and the areas of fall of the separating parts of the carrier rocket (space rocket), which has a sufficient degree of generality. The performed assessments can serve as a basis for improving the safety of launches of space objects for the population living in areas of potential danger.*

**Keywords:** launch vehicle, detachable part, launch route, impact points, public safety

## References

- [1] Ehrenfreund P., Peter N., Billings L. Building long-term constituencies for space exploration: the challenge of raising public awareness and engagement in the United States and in Europe. Acta Astronautica, 2010, vol. 67 (3–4), pp. 502–512. DOI: 10.1016/j.actaastro.2010.03.002
- [2] Patton J. Atlas Emergency Detection System (EDS). AIAA SPACE 2007 Conference & Exposition, 2007, p. 6127. DOI: 10.2514/6.2007-6127

- [3] Caprستان F.M., Alonso J.J. Range Safety Assessment Tool (RSAT): An analysis environment for safety assessment of launch and reentry vehicles. 52nd Aerospace Sciences Meeting, 2014, p. 0304. DOI: 10.2514/6.2014-0304
- [4] Tao Z., Wang G., Semanek J., Williams A., Schwartz J.L. Assessing factors that affect the safety of space launch and reentry operations in the National Airspace System. AIAA Space, 2016, p. 5322. DOI: 10.2514/6.2016-5322
- [5] Nield G.C., Sloan J., Council S., Dunlap M. FAA safety approvals in commercial space transportation. New Space, 2016, vol. 4 (3), pp. 133–137. DOI: 10.1089/space.2016.0002
- [6] Rising J.M., Leveson N.G. Systems-theoretic process analysis of space launch vehicles. Journal of Space Safety Engineering, 2018, vol. 5 (3–4), pp. 153–183. DOI: 10.1016/j.jssse.2018.06.004
- [7] Kattakuri V., Panchal J.H. Spacecraft failure analysis from the perspective of design decision-making. ASME 2019 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference. American Society of Mechanical Engineers Digital Collection, 2019, August. DOI: 10.1115/DETC2019-98420
- [8] Agapov I.V., Shatrov Ya.T. Uchet pokazatelei bezopasnosti pri vybere trass puskov raket-nositelei i raionov padeniya ikh otdelyayushchikhsya chastei [Accounting of safety indicators when choosing launch routes of launch vehicles and areas of falling of their separating parts]. Kosmonavtika i rakетostroenie [Cosmonautics and Rocket Science], 1999, no. 15, p. 49. (In Russ.).
- [9] Shatrov Ya. T., Agapov I. V. Ocenna riskov vozniknoveniya chrezvychajnyh situacij po trassam puskov raket kosmicheskogo naznacheniya [Assessment of the risks of emergencies along the routes of launching space rockets]. Aktual'nye problemy regulirovaniya prirodnoj i tekhnogennoj bezopasnosti v XXI veke [Actual problems of regulation of natural and technogenic safety in the XXI century]. 2005. pp. 364–367. (In Russ.).

УДК 620.92

## **О прикладных аспектах инновационных системотехнических решений по децентрализованной энергетической утилизации углеродсодержащих отходов с использованием технологий ракетно-космической техники**

**Тихомиров Игорь Владимирович**

tigor49@mail.ru

Филиал АО «Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры» — КБ «Мотор»

**Забегаев Александр Иванович**

zabegaev1951@gmail.com

Филиал АО «Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры» — КБ «Мотор»

Сформулированы принципы построения малых автономных энергоустановок (до 1000 кВт), реализующих процесс переработки местных энергоресурсов — низкосортного (не-кондиционного) твердого углеродсодержащего сырья (отходов производства и потребления) в электрэнергию с использованием экологически безопасной технологии внутрициклической паровоздушной газификации в унифицированном компактном цилиндрическом наклонном вращающемся реакторе плотного слоя с водяной рубашкой охлаждения по технологиям жидкостного ракетного двигателя, а также с применением тепловых машин с замкнутым циклом и/или газопоршневых двигателей при системной рекуперации тепла. Помощью системного анализа эксплуатационно-технических характеристик разработанного инновационного продукта — малых твердотопливных электростанций как комплексов унифицированного оборудования в модульном полустационарном и мобильном вариантах исполнения — определены цели, направления и сферы их эффективно-

го применения, обоснована их конкурентоспособность на перспективном мировом энергетическом рынке.

**Ключевые слова:** местное возобновляемое сырье, энергетическая утилизация отходов, газификация твердого топлива, испарительно-регенеративное транспирационное охлаждение, малая автономная твердотопливная электростанция, экологическая безопасность, распределенная энергетика

Приоритетным направлением научно-технического прогресса в энергетике является создание и развитие эффективных технологий использования местных энергоресурсов, а также создание инфраструктуры распределенного производства энергии в рамках концепции распределенной энергетики (Distributed power generation). В свете стратегических ориентиров долгосрочной государственной энергетической политики, согласно распоряжению Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. № 1715-р «Энергетическая стратегия России на период до 2030 года» и указу президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642 «Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации», инновационные технологии автономной электро-генерации с внутрициклической газификацией твердого топлива следует рассматривать как перспективный инвестиционный проект для реализации предприятиями ракетно-космической отрасли на базе накопленного опыта в создании высокотехнологичной продукции и с учетом перспектив развития низкоуглеродной энергетики. Существующее оборудование [1, 2] имеет низкую энергоэффективность, не отвечает современным требованиям по ряду эксплуатационно-технических характеристик (компактности, простоте и удобству обслуживания, надежности, рабочему ресурсу, универсальности по сырью, а также по экологической безопасности). Актуальной задачей является определение областей эффективного применения разработанных в филиале АО «ЦЭНКИ» — «КБ «Мотор» инновационных системотехнических решений по построению малых модульных энергоустановок с внутрициклической газификацией для переработки некондиционного углеродсодержащего сырья (отходов) в электроэнергию (waste-to-energy) как конкурентоспособной альтернативы дорогостоящим мусоросжигательным технологиям.

В основу технических решений [3–10] положены следующие инновационные подходы:

- создание унифицированного реактора-газификатора (УРГ) на базе перспективной технологии Института проблем химической физики Российской академии наук (ИПХФ РАН) — паровоздушной газификации в плотном слое в цилиндрическом наклонном вращающемся реакторе прямого процесса в режиме фильтрационного горения со сверхдиабатическим разогревом [11] — с применением технологий испарительно-регенеративного транспирационного охлаждения жидкостного ракетного двигателя (ЖРД) [12];

- применение тепловых машин новейшего поколения с замкнутым циклом и/или газопоршневых двигателей;

- интегрированное конструирование функциональных агрегатов (блоков) при системной рекуперации сбросного тепла (отработавшего пара, дымовых газов);

- кластерное применение УРГ для построения типоразмерного ряда малых электрогенерирующих установок.

Перечислим основные инновационные системотехнические решения:

- малые автономные электростанции в полустационарном исполнении номинальной мощностью 500...1000 кВт. Состав: модуль топливоподготовки (специализированные средства механической обработки сырья, конденсационно-сушильный блок);

модуль газификации (реакторный кластер УРГ прямого процесса); модуль электрогенерации (тепловые машины с замкнутым циклом и непосредственным сжиганием получаемого топливного газа (микротурбина паровая/органического цикла, паровая винтовая машина, паровой поршневой двигатель, двигатель Стирлинга) [4–8].

- малые автономные электростанции в мобильном исполнении номинальной мощностью 100...500 кВт. Состав: модуль топливоподготовки (унифицированные средства механической обработки сырья, сушильный блок); модуль газификации (реакторный кластер УРГ реверсивного действия); модуль электрогенерации (кластер газопоршневых двигателей с водо-воздушным охлаждением и электрогенератором, доработанных под топливный газ) [4, 5, 9, 10].

Оценки рабочих параметров реакторов, а также энергетической эффективности решений получены с использованием математических моделей на системных уровнях. Отметим эксплуатационно-технические характеристики:

- компактность: полная интеграция функциональных агрегатов топливоподготовки и газификации в единый топливный блок, построение компактных реакторов с водяной рубашкой; размещение оборудования на едином транспортном агрегате (автомобильного, железнодорожного, водного базирования);

- унификация до 100 %. Блочно-модульная схема на основе унифицированных агрегатов с высокой заводской готовностью создает условия для серийного производства установки, с возможностью построения модельного типоряда по мощности;

- автоматизация до 100 %;

- рабочий ресурс до 30 лет;

- надежность: обеспечивается работой основных агрегатов (реакторы-газификаторы) непрерывно в оптимальном режиме;

- ремонтопригодность: обеспечивается применением унифицированного на 100 % оборудования и блочно-модульной схемой построения.

Обратим внимание на технико-экономическую эффективность:

- автономность: практически полная по используемым ресурсам, для работы необходима только вода (~ 30...40 % от потребляемого сырья) и запас масла (до 1 г/кВт электроэнергии для газопоршневых двигателей). При использовании морской воды дополнительно возможна опция орошения. Самообеспечение по электроэнергии;

- КПД газификации углерода ~ 100 %, КПД электростанции — до 80 %;

- экологическая безопасность: технологическая схема позволяет исключить все возможные вредные выбросы в атмосферу (угарный газ, оксиды азота, сажа, пыль, диоксины) с дымовыми и выхлопными газами, сбросы воды отсутствуют;

- характеристика сырьевой базы: местные энергоресурсы, включая дешевые, в том числе с нулевой и отрицательной стоимостью, сырье может быть некондиционным (высокозольное, высокобитуминозное, влажное) твердым углеродсодержащим сырьем, например, отходы производства, твердые коммунальные отходы (ТКО), и низкосортным ископаемым сырьем, например, торф, бурые угли, битуминозные пески, нефтешламы;

- электрическая мощность от 100...1000 кВт, производительность 100...1000 кг/ч (сухая масса);

- себестоимость электроэнергии (с учетом амортизации): 0,3...1,3 руб/кВтч (в зависимости от мощности и режима работы электростанции).

Направления применения рассматриваются в двух аспектах.

1. Как основа для построения устойчивой системы децентрализованного электроснабжения.

2. В рамках решения проблемы экологически безопасной утилизации (использования) отходов, в том числе ТКО.

Несмотря на насущные потребности мирового энергетического рынка, широкое внедрение перспективных технологий газификации твердого топлива сдерживается отсутствием эффективных системотехнических решений, отвечающих практическим потребностям потенциальных пользователей, что предполагает наличие экспортного потенциала в предлагаемой разработке. Несмотря на остроту проблемы отходов, в настоящее время в Российской Федерации отсутствует концепция эффективного ее решения, особенно для больших муниципальных образований.

Сфера эффективного конкурентоспособного применения представленных разработок:

- автономно в локальной малой энергетике в зонах децентрализованного электроснабжения;
- на территориях с долговременными чрезвычайными ситуациями;
- на станциях зарядки электромобилей;
- в качестве элемента инфраструктуры водородной энергетики;
- в качестве экологически чистой альтернативы мусоросжигательным технологиям.

Системный анализ прикладных аспектов рассмотренных решений показывает высокую эффективность их применения в русле стратегических направлений энергетической политики:

- поддержание энергетической безопасности за счет диверсификации электроснабжения с построением устойчивой системы децентрализованного электроснабжения, в том числе для чрезвычайных ситуаций, а также поддержания баланса спроса с учетом перспектив развития глобальной неуглеродной экономики;
- повышение энергетической эффективности экономики за счет использования местных энергоресурсов, включая дешевые, в том числе с нулевой и отрицательной стоимостью, ориентации на экспортные поставки для электрификации регионов с дефицитом ископаемых углеводородов, с жесткими экологическими законодательствами;
- обеспечение экологической безопасности энергетики посредством решения проблемы экологически безопасной утилизации (использования) отходов, рекультивации земель с исключением вредных выбросов в атмосферу, в том числе парниковых газов, и загрязнения водных ресурсов.

## Литература

- [1] Копытов В.В. Газификация конденсированных топлив: ретроспективный обзор, современное состояние дел и перспективы развития. М.: Инфра-Инженерия, 2012. 504 с.
- [2] Овсянко А.Д., Печников С.А. Котельные и электростанции на биотопливе. Современные технологии получения тепловой и электрической энергии с использованием различных видов биомассы. СПб.: Биотопливный портал, 2008. 360 с.
- [3] Тихомиров И.В., Забегаев А.И. Системотехнические аспекты создания инновационных технологий автономной электрогенерации на основе местного низкосортного углеродсодержащего сырья в русле диверсификации оборонно-промышленного комплекса // Труды секции 22 имени академика В.Н. Челомея XLII Академических чтений по космонавтике «Ракетные комплексы и ракетно-космические системы. Проектирование, экспериментальная отработка, летные испытания, эксплуатация». Реутов: ВПК «НПО машиностроения», 2019. Вып. 7. С. 398–422.
- [4] Забегаев А.И., Тихомиров И.В., Каменский Л.В., Карепанов М.В. Способ газификации топливной биомассы и устройство для его осуществления. Пат. № 2631811 Российская Федерация, 2017, бюл. № 27. 20 с.

- [5] Забегаев А.И., Тихомиров И.В., Каменский Л.В., Карепанов М.В. Способ газификации топливной биомассы и устройство для его осуществления. Пат. № 2631812 Российская Федерация, 2017, бюл. № 27. 27 с.
- [6] Варочкин А.Г., Забегаев А.И., Тихомиров И.В. Способ получения электроэнергии из некондиционной топливной биомассы и устройство для его осуществления. Пат. 2631450 Российской Федерации, МПК F02C 3/28(2006.01), F23G 5/027(2006.01), C10J 3/66(2006.01), 2017, бюл. № 27. 26 с.
- [7] Варочкин А.Г., Забегаев А.И., Тихомиров И.В. Способ получения электроэнергии из некондиционной топливной биомассы и устройство для его осуществления. Пат. 2631455 Российской Федерации, МПК F23G 5/04(2006.01), F23K 1/04(2006.01), F01K 17/04(2006.01), 2017, бюл. № 27. 26 с.
- [8] Варочкин А.Г., Забегаев А.И., Тихомиров И.В. Способ получения электроэнергии из некондиционной топливной биомассы и устройство для его осуществления. Пат. 2631456 Российской Федерации, 2017, бюл. № 27. 27 с.
- [9] Тихомиров И.В., Егоров О.В., Забегаев А.И. Способ газификации твердого топлива и устройство для его осуществления. Пат. 2668447 Российской Федерации, 2018, бюл. № 28. 29 с.
- [10] Тихомиров И.В., Тихомирова Т.С. Способ автономной электрогенерации и устройство — малая твердотопливная электростанция для его осуществления. Патент № 2737833 Российской Федерации, 2020, бюл. № 34. 37 с.
- [11] Кислов В.М. Газификация древесины и ее компонентов в фильтрационном режиме: автореферат дисс. ... канд. физ.-мат. наук. Черноголовка, ИПХФ РАН, 2008. 35 с.
- [12] Дорофеев А.А. Основы теории тепловых ракетных двигателей (общая теория ракетных двигателей). М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. 414 с.

## **On Applied Aspects of Innovative System Engineering Solutions for Decentralized Energy Utilization of Carbon-Containing Wastes Using Space and Missile Equipment Technology**

**Tikhomirov Igor Vladimirovich**

tigor49@mail.ru

*Branch of Center for operation of space ground based infrastructure facilities JSC —  
Motor Design Bureau*

**Zabegaev Aleksander Ivanovich**

zabegaev1951@gmail.com

*Branch of Center for operation of space ground based infrastructure facilities JSC —  
Motor Design Bureau*

*The principles of construction of small stand-alone power units (up to 1000 kW) implementing the process of processing local energy resources — low-grade (substandard) solid carbon-containing raw materials (production and consumption waste) into electricity using environmentally safe technology of in-cycle steam-air gasification in a unified compact cylindrical inclined rotating reactor of a dense layer with a water cooling jacket according to liquid rocket engine technology, as well as using closed-cycle heat engines and/or hot gas reciprocating engines with system heat recuperation, are formulated. Through a systematic analysis of the operational and technical characteristics of the developed innovative product — small solid-fuel power plants as complexes of unified equipment in modular semi-stationary and mobile versions, the goals, directions and scope of their effective application are determined, their competitiveness in the promising global energy market is justified.*

**Keywords:** energy utilization of wastes, waste-to-energy, local renewable raw materials, solid fuel gasification, evaporative-regenerative transpiration cooling, small solid fuel power plants, environmental safety, distributed power generation

## References

- [1] Kopytov V.V. Gazifikatsiya kondensirovannykh topliv: retrospektivnyy obzor, sovremennoe sostoyanie del i perspektivy razvitiya [Gasification of condensed fuels: a retrospective review, current state of affairs and development prospects]. Moscow, Infra-Inzheneriya Publ., 2012. 504 p. (in Russ.).
- [2] Ovsyanko A.D., Pechnikov S.A. Kotelnye i elektrostantsii na biotoplive. Sovremennye tekhnologii polucheniya teplovoy i elektricheskoy energii s ispolzovaniem razlichnykh vidov biomassy [Bio-fuel boilers and power plants. Modern technologies for generating thermal energy using various types of biomass]. Saint Petersburg, Biotoplivnyy portal Publ., 2008. 360 p. (in Russ.).
- [3] Tikhomirov I.V., Zabegaev A.I. Sistemotekhnicheskie aspekty sozdaniya innovatsionnykh tekhnologiy avtonomnoy elektrogeneratsii na osnove mestnogo nizkosortnogo uglerod-soderzhashchego syrya v rusle diversifikatsii oboronno-promyshlennogo kompleksa [System-technical aspects of creating innovative technologies for autonomous power generation based on local low-grade carbon-containing raw materials in line with the diversification of the military-industrial complex]. Proceedings of Section 22 named after Academician V.N. Chelomeya of the XLIII Academic Lectures on Cosmonautics “Rocket complexes and rocket-space systems. Design, experimental development, flight tests, operation”]. Reutov, MIC “NPO Mashinostroyenia” Publ., 2019, iss. 7, pp. 398–422. (in Russ.).
- [4] Zabegaev A.I., Tikhomirov I.V., Kamenskiy L.V., Karepanov M.V. Sposob gazifikatsii toplivnoy biomassy i ustroystvo dlya ego osushchestvleniya [A method for gasification of biomass fuel and a device for its implementation]. Patent RF 2631811, 2017, byul. no. 27, 20 p. (in Russ.).
- [5] Zabegaev A.I., Tikhomirov I.V., Kamenskiy L.V., Karepanov M.V. Sposob gazifikatsii toplivnoy biomassy i ustroystvo dlya ego osushchestvleniya [A method for gasification of biomass fuel and a device for its implementation]. Patent RF 2631812, 2017, byul. no. 27, 27 p. (in Russ.).
- [6] Varochko A.G., Zabegaev A.I., Tikhomirov I.V. Sposob polucheniya elektroenergii iz nekonditsionnoy toplivnoy biomassy i ustroystvo dlya ego osushchestvleniya [A method for gasification of biomass fuel and a device for its implementation]. Patent RF 2631450, MPK F02C 3/28(2006.01), F23G 5/027(2006.01), C10J 3/66(2006.01), 2017, byul. no. 27, 26 p. (in Russ.).
- [7] Varochko A.G., Zabegaev A.I., Tikhomirov I.V. Sposob polucheniya elektroenergii iz nekonditsionnoy toplivnoy biomassy i ustroystvo dlya ego osushchestvleniya [A method of generating electricity from substandard biomass fuel and device for its implementation]. Patent RF 2631455, MPK F23G 5/04(2006.01), F23K 1/04(2006.01), F01K 17/04(2006.01), 2017, byul. no. 27, 26 p. (in Russ.).
- [8] Varochko A.G., Zabegaev A.I., Tikhomirov I.V. Sposob polucheniya elektroenergii iz nekonditsionnoy toplivnoy biomassy i ustroystvo dlya ego osushchestvleniya [A method for gasification of biomass fuel and a device for its implementation]. Patent RF 2631456, 2017, byul. no. 27, 27 p. (in Russ.).
- [9] Tikhomirov I.V., Egorov O.V., Zabegaev A.I. Sposob gazifikatsii tverdogo topliva i ustroystvo dlya ego osushchestvleniya [Method for gasification of solid fuel and device for its implementation]. Patent RF 2668447, 2018, byul. no. 28, 29 p. (in Russ.).
- [10] Tikhomirov I.V., Tikhomirova T.S. Sposob avtonomnoy elektrogeneratsii i ustroystvo — malaya tverdotoplivnaya elektrostantsiya dlya ego osushchestvleniya [Autonomous power generation method and device — small solid fuel power plant for its implementation]. Patent RF 2737833, 2020, byul. no. 34, 37 p. (in Russ.).
- [11] Kislov V.M. Gazifikatsiya drevesiny i ee komponentov v filtratsionnom rezhime: avtoreferat diss. ... kand. fiz.-mat. nauk [Gasification of wood and its components in filtration mode: abstract of thesis... Cand. phys.-mat. sciences]. Chernogolovka, IPCP RAS Publ., 2008, 35 p. (in Russ.).
- [12] Doroфеев А.А. Основы теории тепловых ракетных двигателей (общая теория ракетных двигателей) [Foundations of the theory of thermal rocket engines (general theory of rocket engines)]. Moscow, BMSTU Publ., 1999, 414 p.

УДК 629.3

## Электрификация наземной транспортной инфраструктуры как средство декарбонизации ракетно-космического комплекса

Тучин Михаил Витальевич                   tuchin00@bk.ru  
АО «Государственный космический научно-производственный центр имени М.В. Хруничева»

Иванов Михаил Витальевич                   mivanov@bmstu.ru  
МГТУ им. Н.Э. Баумана

*Глобальное изменение климата и парниковый эффект в частности являются серьезнейшими проблемами современности, решение которых подразумевает разработку национальных стратегий перехода на безуглеродную экономику и введение «зеленых» технологий во все промышленные отрасли. В труде рассматривается возможность декарбонизации ракетно-космического сектора путем электрификации наземного транспортного комплекса. Проводится сравнение электромобиля и традиционного автомобиля с двигателем внутреннего сгорания с точки зрения выбросов парниковых газов как в период эксплуатации, так и с учётом полного жизненного цикла.*

**Ключевые слова:** экологические проблемы современности, экология, глобальное изменение климата, электрификация легкового транспорта, декарбонизация транспорта, парниковый эффект, энергетика

Одним из подходов к решению проблемы глобального изменения климата в социальном и экономическом планах является новая экологическая политика, проводимая странами согласно Парижскому соглашению, принятому в 2020 году и подразумевающему разработку национальных стратегий перехода на безуглеродную экономику, введение «зеленых» технологий, сокращение выбросов парниковых газов и др. [1]. Такая концепция, в основе которой, в том числе, лежат принципы экологической безопасности, называется устойчивое развитие, вклад в которую может внести и российский ракетно-космический сектор. С этой целью может выступать декарбонизация наземного транспортного комплекса космической отрасли путем электрификации транспортных средств, работающих в данной сфере [2, 3].

Целью работы является оценка реального снижения эмиссии парниковых газов при замещении традиционного вида легкового транспорта электрическим на примере сравнительного анализа электрокара и стандартного легкового автомобиля с двигателем внутреннего сгорания с точки зрения выбросов парниковых газов как при эксплуатации, так и с учётом полного жизненного цикла.

Для отображения доли выбросов от легкового транспорта относительно всех эмиссий применяется расчёт через годовое потребления топлива этим сектором по данным национального доклада о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов. Применяется методика, прописанная в ГОСТ Р 57262–2016 «Расчет и декларирование энергопотребления и выбросов парниковых газов при предоставлении транспортных услуг» [4]. Полученный результат отражает уровень в 2,5 % относительносуммарных эмиссии всех секторов экономики и промышленности.

Анализ эффективности замещения легковых автомобилей электрокарами проводится с учетом углеродной стоимости электроэнергии, потребляемой аккумулятором в процессе эксплуатации, эмиссий парниковых газов от прямого сжигания топлива

легковым автомобилем в процессе эксплуатации, а также с учетом полного жизненного цикла для обоих видов автомобилей [5]. Полученные значения показывают, что с учётом полного жизненного цикла электрокар более чем на 9 % превышает удельные выбросы парниковых газов в сравнении с традиционным легковым автомобилем, в то время как при эксплуатации электрокара эмиссии снижаются на 47 %.

В ходе работы была проведена оценка выгодности замещения традиционного транспорта электрическим с точки зрения выбросов парниковых газов. Выяснилось, что при эксплуатации электромобиля выбросы сокращаются почти вдвое, однако с учётом полного жизненного цикла для обоих видов транспортных средств эмиссии от электрокаров превышают уровни топливных автомобилей на 10 %.

Таким образом, можно заключить, что с учетом невыгодности производства электрокаров в отношении эмиссии парниковых газов и незначительности выбросов от легковых автомобилей относительно суммарных эмиссий всех секторов экономики и промышленности в целом, электрификация легкового транспорта может являться обоснованной либо как часть комплексного подхода к декарбонизации энергетики, т. е. через снижение стоимости энергии в углеродном эквиваленте, либо как способ популяризации и привлечения внимания к существующей проблеме.

## Литература

- [1] Романовская А.А., Нахутин А.И. и др. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов. М.: Росгидромет, 2021. 459 с.
- [2] Капустин А.А., Раков В.А. Экологическая безопасность электрокаров с точки зрения выбросов CO<sub>2</sub> // АГЗК + АТ. 2018. Т. 17, № 4. С. 178–182.
- [3] Evtimov I., Ivanov R., Kadikyanov G. Life cycle assessment of electric and conventional cars energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions // MATEC Web of Conferences 234. 2018. Art. ID 02007. 5 p. DOI: 10.1051/matecconf/201823402007
- [4] ГОСТ Р 57262–2016. Экологический менеджмент. Расчет и декларирование энергопотребления и выбросов парниковых газов при предоставлении транспортных услуг. М.: Стандартинформ, 2016. 56 с.
- [5] HeVCars. Available at: <https://hevcars.com.ua/reálnyyiy-zapas-hoda-i-effektivnost-elektromobiley-v-holodnuyu-pogodu/> (accessed November 27, 2021).

## Electrification of Ground Transport Infrastructure as a Way of Decarbonization of the Rocket Industry

**Tuchin Mikhail Vitalevich**  
JSC Khrunichev Space Center

tuchin00@bk.ru

**Ivanov Mikhail Vitalevich**  
BMSTU

mivanov@bmstu.ru

*Global climate change and the greenhouse effect are some of the most serious problems of our day. Its solution implies the development of national strategies for transition to a carbon-free economy and the introduction of 'green' technologies in all industrial sectors. This paper considers the possibility of improving the decarbonizing process of the rocket and space sector by electrifying the ground transportation complex. Electric cars will be compared to traditional cars with internal combustion engines in terms of greenhouse gas emissions, both during operation and with regard to their full life cycle.*

**Keywords:** ecology, sustainable development, greenhouse effect, global climate change, energy sector, electric car, electric power industry

## References

- [1] Romanovskaya A.A., Nakhutin A.I. et al. Natsional'nyi doklad o kadastro antropogennykh vybrosov iz istochnikov i absorbtii pogravitel'nyami parnikovykh gazov [National report on the inventory of anthropogenic emissions from sources and removals by sinks of greenhouse gases]. Moscow, Rosgidromet Publ., 2021, 459 p. (In Russ.).
- [2] Kapustin A.A., Rakov V.A. Ekologicheskaya bezopasnost' elektrokarov s tochki zreniya vybrosov CO2 [Environmental safety of electric cars in terms of emissions CO2]. AGZK + AT, 2018, vol. 17, no. 4, pp. 178–182. (In Russ.).
- [3] Evtimov I., Ivanov R., Kadikyanov G. Life cycle assessment of electric and conventional cars energy consumption and CO2 emissions. MATEC Web of Conferences 234, 2018, art. ID 02007, 5 p. DOI: 10.1051/matecconf/201823402007
- [4] GOST R 57262–2016. Ekologicheskii menedzhment. Raschet i deklarirovaniye energopotrebleniya i vybrosov parnikovykh gazov pri predostavlenii transportnykh uslug [Environmental management. Calculation and declaration of energy consumption and greenhouse gas emissions in the provision of transport services]. Moscow, Standartinform Publ., 2016, 56 p. (In Russ.).
- [5] HeVCars. Available at: <https://hevcars.com.ua/realnyiy-zapas-hoda-i-effektivnost-elektromobiley-v-holodnuyu-pogodu/> (accessed November 27, 2021).

УДК 524.83

## Теория Гипервселенной о космическом микроволновом фоновом излучении

Хачатуров Рубен Владимирович

rv\_khach@yahoo.ie

ФИЦ ИУ РАН

На основе теории Гипервселенной описано происхождение и распределение во Вселенной космического микроволнового фонового излучения, объяснены особенности этого распределения. Приведены основные положения теории Гипервселенной, с помощью которой были получены законы периодического изменения радиуса, скорости и ускорения расширения/скатия Вселенной в процессе ее движения по пятимерному тору Гипервселенной, объяснена природа Гравитации, описан процесс обмена материи и энергией между параллельными Вселеными через Черные дыры.

**Ключевые слова:** теория Гипервселенной, космология, математическое моделирование, космическое микроволновое фоновое излучение

## Введение

Важнейшими результатами, полученными в последние годы космическими обсерваториями COBE, WMAP и Planck, являются измерения флуктуаций температуры космического микроволнового фонового излучения (КМФИ, Cosmic Microwave Background Radiation) в различных масштабах. По данным этих измерений составлены карты распределения КМФИ (или так называемого реликтового излучения) во Вселенной.

Существование флуктуаций температуры (и интенсивности) КМФИ в различных угловых масштабах сложно объяснить в рамках теории «Большого Взрыва». Для это-

го приходится прибегать к искусственным приемам, основанным на эффектах квантовой неопределенности и т. п. Однако использование подобных приемов не может объяснить физической сути наблюдаемых явлений и процессов. Фактически, такой подход является тупиковым, не ведущим к открытию реальных законов происхождения и устройства нашей Вселенной. Ведь если, например, принять предположение, что на фундаментальном субатомном уровне существует абсолютная неопределенность, то возникает закономерный вопрос: «Каким образом на макроуровне могут существовать какие-либо законы?». Это касается и главного предположения теории «Большого Взрыва» о том, что Вселенная произошла в результате взрыва некой сверхплотной «сингулярности». Ведь эта теория не дает ответа на два основных возникающих вопроса.

1. Откуда взялась уникальная сингулярность?
2. По какой причине она вдруг взорвалась?

Каждый кубический миллиметр окружающего нас вещества в любых его формах и состояниях содержит триллионы таких сингулярностей, но за всю историю нашей Вселенной ни одна из них не взорвалась: ни в вакууме, ни внутри звезд, ни в жидкостях, ни в твердых телах, ни в живой материи, ни в синхрофазотронах любой мощности — нигде.

Поэтому главное предположение (аксиома) теории «Большого Взрыва» не только не доказано, но и ничем не обосновано, кроме простой линейной экстраполяции наблюдаемого закона Хаббла.

### **Краткое описание теории Гипервселенной**

В соответствии с теорией Гипервселенной [1–7] никакой внезапно взорвавшейся сингулярности не было, наша Вселенная представляет собой трехмерную гиперповерхность четырехмерного шара и движется по пятимерному тору Гипервселенной, периодически изменяя свой размер в соответствии с полученными законами периодического изменения радиуса, скорости и ускорения расширения/сжатия Вселенной в процессе ее движения по пятимерному тору Гипервселенной

$$\begin{aligned} R(t) &= R_1 + R_T(1 - \cos\alpha) = R_1 + R_T \left(1 - \cos\left(t \cdot \frac{C}{R_T}\right)\right); \\ V_R(t) &= C\sin(\alpha) = C\sin\left(t \cdot \frac{C}{R_T}\right); \\ A_R(t) &= C\omega_T\cos(\alpha) = \frac{C^2}{R_T}\cos\left(t \cdot \frac{C}{R_T}\right). \end{aligned}$$

Исходя из этих законов и полученных значений параметров пятимерного тора Гипервселенной, можно подсчитать значение ускорения расширения Вселенной для расстояний равных радиусу кривизны нашей Вселенной (млрд свет. лет) в настоящий момент времени:

$$A_{R_0} = \frac{C^2}{R_T} \cos(\alpha_0) \approx 5 \cdot 10^{-10} \cdot 0,745 = 3,725 \cdot 10^{-10} (m/c^2).$$

Это теоретически полученное значение соответствует самым современным данным астрофизических измерений.

Положительное ускорение расширения Вселенной было впервые обнаружено и измерено астрофизиками S. Perlmutter, B.P. Schmidt, A.G. Riess. За это открытие в

2011 г. им была присуждена Нобелевская премия. Теоретически вычисленное по законам теории Гипервселенной ускорение расширения Вселенной с высокой точностью совпало с их экспериментальными данными [8, 9].

## **Космическое микроволновое фоновое излучение в соответствии с теорией Гипервселенной**

Распределение во Вселенной КМФИ полностью соответствует теории Гипервселенной и объясняется ею, ведь это распределение имеет регулярную структуру на разных масштабах, что сложно объяснить случайными процессами. Больше всего это похоже на волновую интерференционную картину. Подобное можно наблюдать, например, на поверхности Океана при полете над ним на большой высоте. Это хорошо объясняется теорией Гипервселенной [1–7], согласно которой трехмерная сфера Вселенной вибрирует при движении по пятимерному тору Гипервселенной. Эта вибрация и порождает КМФИ, которое необоснованно иногда называют реликтовым излучением. Порождаемые этой вибрацией в каждой точке нашей замкнутой Вселенной электромагнитные волны многократно накладываются друг на друга, формируя наблюдаемую нами, сложившуюся в замкнутом трехмерном пространстве нашей Вселенной сотни миллиардов лет назад, устойчивую интерференционную картину. Отметим, что одним из признаков того, что линейная скорость движения Вселенной по четыремерной гиперповерхности пятимерного тора Гипервселенной равна скорости света в вакууме, как раз и является существование так называемого реликтового излучения или (более правильно) космического микроволнового фонового излучения.

## **Заключение**

В соответствии с теорией Гипервселенной КМФИ вовсе не является реликтовым, т. е. возникшем в результате охлаждения сверхгорячей материи вскоре после гипотетического «Большого Взрыва», а возникает в результате собственных колебаний трехмерного замкнутого контура нашей Вселенной при ее движении по поверхности пятимерного тора Гипервселенной. Колебания эти возникают из-за наличия большого количества неоднородностей, локальных искривлений пространства (в соответствии с ОТО) Вселенной и Гипервселенной, связанных с наличием и распределением различных массивных объектов во Вселенной — планет, звезд, Галактик, Черных Дыр... Так как любое электромагнитное излучение распространяется со скоростью света в вакууме, то логично предположить, что и скорость порождающего такое излучение движения Вселенной по тору Гипервселенной должна быть равна скорости света в вакууме.

## **Литература**

- [1] Хачатуров Р.В. Теория пятимерной тороидальной Гипервселенной // Прикладная математика и математическая физика. 2015. Т. 1. № 1. С. 129–146.
- [2] Хачатуров Р.В. Объяснение природы гравитации и черных дыр с помощью теории Гипервселенной // XL Академические чтения по космонавтике, посвященные памяти С.П. Королёва и других выдающихся отечественных ученых — пионеров освоения космического пространства «Королёвские чтения»: сб. мат-лов. (Москва, январь 2016 г.). М.: Комиссия РАН, 2016. С. 153–155.

- [3] Хачатуров Р.В. Обмен материей и энергией между параллельными Вселенными с точки зрения теории Гипервселенной // XLIV Международные общественно-научные чтения, посвященные памяти Ю.А. Гагарина: сб. мат-лов. (Гагарин, март 2017). Гагарин: БФ Мемориального музея Ю.А. Гагарина, 2017. С. 420–444.
- [4] Хачатуров Р.В. Динамика изменения размера Вселенной и природа гравитации в соответствии с математической моделью и теорией Гипервселенной // Всероссийская научная конференция «Моделирование козеvolutionи природы и общества: проблемы и опыт. К 100-летию со дня рождения академика Н.Н. Моисеева (Моисеев — 100)»: сб. мат-лов. (Москва, 7–10 ноября 2017 г.). М.: ФИЦ ИУ РАН, 2017. С. 93–102.
- [5] Хачатуров Р.В. Закономерности расположения квазаров в крупномасштабной структуре Гипервселенной // XLI Академические чтения по космонавтике, посвященные памяти С.П. Королёва и других выдающихся отечественных ученых — пионеров освоения космического пространства «Королёвские чтения»: сб. мат-лов. (Москва, январь 2017 г.). М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. С. 192–194.
- [6] Khachaturov R.V. Theoretical possibility of transferring matter between parallel universes in accordance with the Hyperuniverse theory // AIP Conf. Proc. 2019. Vol. 2171. Pp. 090001(1)–090001(6). DOI: 10.1063/1.5133224
- [7] Khachaturov R.V. General structure of multidimensional closed Time from the Hyperuniverse theory point of view // AIP Conf. Proc. 2021. Vol. 2318. Pp. 080003(1)–080003(5). DOI: 10.1063/5.0035740
- [8] Perlmutter S. Nobel Lecture: Measuring the acceleration of the cosmic expansion using supernovae // Rev. Mod. Phys. 2012. Vol. 84. Pp. 1127–1149.
- [9] Bird S., Cholis I., Munoz J., Ali-Ha moud Y., Kamionkowski M., Kovetz E., Raccanelli A., Riess A. Did LIGO Detect Dark Matter? // Physical Review Letters. 2016. Vol. 116. Iss. 20. Art. no. 1301. DOI: 10.1103/PhysRevLett.116.201301

## The Hyperuniverse Theory on the Cosmic Microwave Background Radiation

**Khachaturov Ruben Vladimirovich**

rv\_khach@yahoo.ie

Federal Research Center «Computer Science and Control» of RAS

*On the basis of the Hyperuniverse theory, the origin and distribution of the cosmic microwave background radiation in the Universe is described, the features of this distribution are explained. The main provisions of the Hyperuniverse theory are given, with the help of which the laws of periodic changes in the radius, speed and acceleration of the expansion/contraction of our Universe in the process of its movement along the five-dimensional torus of the Hyperuniverse were obtained, the nature of Gravity was explained, the process of matter and energy exchange between parallel Universes through Black holes was described.*

**Keywords:** Hyperuniverse theory, cosmology, mathematical modeling, cosmic microwave background radiation

## References

- [1] Khachaturov R.V. Teoriya pyatimernoy toroidal'noy Gipervselennoy [The theory of a five-dimensional toroidal Hyperuniverse]. Prikladnaya matematika i matematicheskaya fizika [Applied Mathematics and Mathematical Physics], 2015, vol. 1, no. 1, pp. 129–146. (in Russ.).
- [2] Khachaturov R.V. Obasnenie prirody gravitatsii i chernykh dyr s pomoshch'yu teorii Gipervselennoy [Explanation of the nature of gravity and black holes using the theory of the Hyperuniverse]. Proceedings of the XLIV Academic Space Conference, dedicated to the memory of academician S.P. Korolev and other outstanding national scientists — pioneers of space exploration “Korolev Academic Space Conference”. Moscow, RAS Commission Publ., 2016, pp. 153–155. (in Russ.).

- [3] Khachaturov R.V. Obmen materiey i energiey mezhdu parallel'nymi Vselennymi s tozhi zreniya teorii Gipervselennoy [Exchange of matter and energy between parallel universes from the point of view of the theory of the Hyperuniverse]. Proceedings of the International social and scientific readings dedicated to the memory of Yu.A. Gagarin. Gagarin, Foundation of the Yuri Gagarin Memorial Museum Publ., 2017, pp. 420–444. (In Russ.).
- [4] Khachaturov R.V. Dinamika izmeneniya razmera Vselennoy i priroda gravitatsii v sootvetstvii s matematicheskoy model'yu i teoriей Gipervselennoy [Dynamics of changes in the size of the Universe and the nature of gravity in accordance with the mathematical model and the theory of the Hyperuniverse]. Proceedings of All-Russia scientific conference “Co-Evolution of Nature and Society Modelling, Problems & Experience. Devoted to Academician Nikita Moiseev centenary (Moiseev-100)”. Moscow, FRC CSC RAS Publ., 2017, pp. 93–102. (In Russ.).
- [5] Khachaturov R.V. Zakonomernosti raspolozheniya kvazarov v krupnomasshtabnoy strukture Gipervselennoy [Regularities of the location of quasars in the large-scale structure of the Hyperuniverse]. Proceedings of the XLI Academic Space Conference, dedicated to the memory of academician S.P. Korolev and other outstanding national scientists — pioneers of space exploration “Korolev Academic Space Conference”. Moscow, BMSTU Publ., 2017, pp. 192–194. (in Russ.).
- [6] Khachaturov R.V. Theoretical possibility of transferring matter between parallel universes in accordance with the Hyperuniverse theory. AIP Conf. Proc., 2019, vol. 2171, pp. 090001(1)–090001(6). DOI: 10.1063/1.5133224
- [7] Khachaturov R.V. General structure of multidimensional closed Time from the Hyperuniverse theory point of view. AIP Conf. Proc., 2021, vol. 2318, pp. 080003(1)–080003(5). DOI: 10.1063/5.0035740
- [8] Perlmutter S. Nobel Lecture: Measuring the acceleration of the cosmic expansion using supernovae. Rev. Mod. Phys., 2012, vol. 84, pp. 1127–1149.
- [9] Bird S., Cholis I., Munoz J., Ali-Ha moud Y., Kamionkowski M., Kovetz E., Raccanelli A., Riess A. Did LIGO Detect Dark Matter? Physical Review Letters, 2016, vol. 116, iss. 20, art. no. 1301. DOI: 10.1103/PhysRevLett.116.201301

УДК 629.787

## **Обзор проблемных вопросов создания мотороторного летательного аппарата для исследования Венеры**

**Яценко Михаил Юрьевич**

misha-yacenko@mail.ru

*Московский авиационный институт (технический университет)*

**Рыжков Владислав Валентинович**

dinozavr.ru@mail.ru

*Московский авиационный институт (технический университет)*

*Рассмотрены проблемные вопросы, которые могут возникнуть в процессе исследования проектных ситуаций при проектировании мотороторного летательного аппарата, который был впервые предложен как дополнительное техническое средство исследования Венеры в составе перспективного венерианского космического аппарата. Составлена матрица проблем, в которой отражены возможные проблемные ситуации в ходе реализации схемы эксперимента по контактному изучению Венеры, для чего был сформирован перечень подсистем мотороторного летательного аппарата и выделены основные этапы его функционирования в атмосфере Венеры.*

**Ключевые слова:** Венера, мотороторный летательный аппарат, техническое средство, проблемная ситуация, матрица проблем

Исследование планеты Венера на данный момент находится на планомерном этапе, что требует увеличения количества венерианских миссий и разработки новых технических средств ее изучения.

Авторы предлагают впервые использовать мультироторный летательный аппарат как техническое средство исследования Венеры в составе перспективного венерианского космического аппарата. Предполагается, что такие аппараты будут функционировать определенное время в потребных эшелонах высот [1–3].

Мультироторные летательные аппараты (МРЛА) компактны, имеют малую взлетную массу и обладают высокой маневренностью.

В конце июля 2020 г. NASA отправило в составе миссии на Марс вертолет Ingenuity массой 1,8 кг — техническое средство с ротором и винтами, основной задачей которого была технологическая демонстрация первого полета в атмосфере Марса. Однако условия на Марсе и Венере сильно различаются. Средняя температура на поверхности Венеры составляет  $462^{\circ}\text{C}$ , чего не скажешь о Марсе, средняя температура поверхности которого минус  $60^{\circ}\text{C}$ . Разница в температуре объясняется разным расстоянием планет до Солнца (Венера ближе, Марс дальше) и разной плотностью атмосферы (плотность атмосферы Венеры примерно в 5000 раз больше плотности атмосферы Марса). Такая плотность атмосферы Венеры является более благоприятной для использования роторных устройств.

В ходе исследования был выделен ряд проблемных вопросов создания и функционирования мультироторного летательного аппарата как технического средства исследования Венеры, который является сложной технической системой.

Возможные проблемные ситуации, которые могут возникнуть при функционировании МРЛА непосредственно в атмосфере Венеры, представлены в виде матрицы проблем. Для этого укрупненно были выделены этапы функционирования МРЛА, в частности [2, 4, 5]:

• ввод в действие (со спускаемого, посадочного аппарата или с аэростатической платформы-носителя);

- управляемое движение в атмосфере (взлет, полет, посадка,стыковка);

- функционирование научной аппаратуры;

- движение в режиме авторотации

и основные подсистемы:

- система отделения, обеспечивающая жесткое закрепление МРЛА в десантном модуле и последующее разделение с ним с заданными параметрами;

- силовая установка с винтомоторной группой (ВМГ);

- система управления электродвигателями;

- система накопления энергии;

- система обеспечения функционирования аппаратуры.

На этапе *ввода в действие* выделены следующие вопросы:

а) выбор высоты и способа ввода в действие;

б) гарантированное срабатывание средств разделения и последующее отделение МРЛА согласно схеме эксперимента;

в) обеспечение безударного расхождения МРЛА и спускаемого (СА), посадочно-го аппарата (ПА) или аэростатической платформы-носителя (АСПН);

г) воздействие ударных и прочих нагрузок как на МРЛА, так и на СА, ПА и АСПН;

д) повреждение элементов подсистем МРЛА и научной аппаратуры;

е) обеспечение системой управления гарантированного запуска двигателей в заданный момент и возвращения МРЛА в положение равновесия после отделения.

На этапе *движения в атмосфере* выделены вопросы (помимо уже обозначенных):

а) стабилизация МРЛА и поддержание его в таком состоянии;

б) функционирование силовой установки с ВМГ и узлов трения на заданных режимах, а также в условиях агрессивной атмосферы, ее суперротации и ветров;

в) соответствие времени работы системы накопления энергии требуемому;

г) нарушение связи системы накопления энергии с ВМГ;

д) выход из строя научной аппаратуры МРЛА при совершении траекторных операций.

На этапе *движения в режиме авторотации* ключевым вопросом является гарантированный переход МРЛА в этот режим и корректная работа его подсистем, прежде всего системы накопления энергии для обеспечения ее подзарядка от привода автодорогиющего винта.

На этапе *функционирования научной аппаратуры* подсистемы МРЛА должны обеспечить:

а) нужную динамику движения для создания потребных условий для работы аппарата;

б) осуществление оптимального управления мультироторным летательным аппаратом;

в) выполнение программы научных исследований путем реализации схемы эксперимента согласно требуемым параметрам.

Мультироторный летательный аппарат — сложная техническая система, поэтому при дальнейшем проектировании необходимо будет провести углубленные расчеты, уточнить компоновочную схему, обосновать выбор материалов для изготовления элементов мультироторного аппарата, рассмотреть вопросы работы узлов трения в венерианских условиях, а также проработать перечень научных приборов для оснащения аппарата.

## Литература

- [1] Яценко М.Ю. Мультироторный летательный аппарат для исследования Венеры // XLVI Междунар. молодеж. науч. конф. «Гагаринские чтения — 2020»: сб. тез. докл. М.: МАИ, 2020. С. 737–738.
- [2] Яценко М.Ю., Воронцов В.А. Концепция исследования Венеры с помощью мультироторного летательного аппарата // Сб. избр. науч. докл. по итогам XLVI Междунар. молодеж. науч. конф. «Гагаринские чтения». М.: МАИ, 2020. С. 311–321.
- [3] Яценко М.Ю., Воронцов В.А. К вопросу о включении в программу исследования Венеры дополнительных технических средств // XLV Академич. чтения по космонавтике (Королёвские чтения — 2021): сб. тез.: в 4 т. Т. 2. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021. С. 222–226.
- [4] Воронцов В.А. Проектирование средств десантирования и дрейфа в атмосферах планет и их спутников / под ред. К.М. Пичхадзе. М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2011. 65 с.
- [5] Свердлов С.З. О компоновке многороторного беспилотного вертолета (мультикоптера) // Вестник Вологод. гос. ун-та. Сер. Технические науки. 2018. № 2. С. 20–24.

## Review of Problematic Issues of Creating a Multirotor Aircraft for Exploring Venus

**Yatsenko Michael Yurievich**

misha-yacenko@mail.ru

*Moscow Aviation Institute (National Research University)*

**Ryzhkov Vladislav Valentinovich**

dinozavr.ru@mail.ru

*Moscow Aviation Institute (National Research University)*

*The article addresses problematic issues that may arise during the study of design situations in the creation of a multirotor aircraft, which was first proposed as a technical means for the study of Venus as part of a promising Venusian spacecraft. A matrix of problems was compiled, which reflects possible problem situations during the implementation of the Venus contact study experiment scheme, for which a list of subsystems of a multirotor aircraft was formed and the main stages of its operation in the atmosphere of Venus were highlighted.*

**Keywords:** Venus, multirotor aircraft, technical means, problem situation, problem matrix

### References

- [1] Yatsenko M.Yu. Mul'tirotnyj letatel'nyj apparat dlya issledovaniya Venery [Multirotor aircraft for the study of Venus]. XLVI Mezhdunarodnaya molodezhnaya nauchnaya konferenciya "Gagarinskie chteniya — 2020" [International Youth Scientific Conference "Gagarin Readings 2020"]: collection of abstracts of reports. Moscow, MAI, 2020, pp. 737–738. (In Russ.).
- [2] Yatsenko M.Yu., Vorontsov V. A. Konsepciya issledovaniya Venery s pomoshch'yu mul'tirotnogo letatel'nogo appara [Concept of the study of Venus with a multirotor aircraft]. Sbornik izbrannyh nauchnyh dokladov po itogam XLVI Mezhdunarodnoj molodezhnoj nauchnoj konferencii "Gagarinskie chteniya" [Collection of selected scientific reports on the results of the XLVI International Youth Scientific Conference "Gagarin Readings"]. Moscow, MAI, 2020, pp. 311–321. (In Russ.).
- [3] Yatsenko M.Yu., Vorontsov V .A. K voprosu o vkl'yuchenii v programmu issledovaniya Venery dopolnitel'nyh tekhnicheskikh sredstv [On the inclusion of additional technical means in the Venus study programme]. XLV Akademicheskie chteniya po kosmonavtike (Korolevskie chteniya — 2021) [XLV Academic readings in cosmonautics (Korolevskie chteniya — 2021)]. Abstract collection: in 4 vols, vol. 2. Moscow, BMSTU Press, 2021, pp. 222–226. (In Russ.).
- [4] Vorontsov V .A. Proektirovaniye sredstv desantirovaniya i drejfa v atmosferah planet i ih sputnikov [Design of landing and drift facilities in the atmosphere of planets and their satellites]. Edited by K.M. Pichhadze. Moscow, MAI-PRINT Publ., 2011, 65 p. (In Russ.).
- [5] Sverdlov S.Z. O komponovke mnogorotornogo bespilotnogo vertoleta (mul'tikoptera) [About the layout of a multirotor unmanned helicopter (multicopter)]. Vestnik Vologodskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. VTekhnicheskie nauki [Bulletin of Vologda State University. Ser. Technical Sciences], 2018, no. 2, pp. 20–24. (In Russ.).



## Секция 10. КОСМОНАВТИКА И КУЛЬТУРА

---

УДК 14.141

### Космос как проект: особенности футурологии русских космистов

Гачева Анастасия Георгиевна

a-gacheva@yandex.ru

Институт мировой литературы имени А.М. Горького РАН;  
Библиотека № 180 имени Н.Ф. Федорова

Характерной чертой философии русского космизма является проективизм. Философы-космисты не просто размышляют о будущем, они проектируют будущее, движутся от идеи к проекту. Проективный характер будущего прямо связан с представлением о человеке как агенте развития мира. Человечество не просто ожидает, когда будущее наступит, но активно формирует образ будущего, выстраивает футурологический проект, за которым следует осуществление этого проекта. Осуществление проекта будущего, по мысли космистов, коллективно и не ограничено только природой и только землей. Оно предполагает трансформацию как внешнего мира, так и самого человека, особую форму организации общества.

**Ключевые слова:** русский космизм, философия, проективизм, футурология

Характерной чертой философии русского космизма является проективизм. Философы-космисты не просто размышляют о будущем, они проектируют будущее, движутся от идеи к проекту.

Проективный характер будущего прямо связан с представлением о человеке как агенте развития мира, как существе, в котором, по словам Федорова, природа приходит к самосознанию, начинает «не только сознавать себя, но и управлять собою» [1, с. 239]. Будущее предстает как задание человечеству, как план, который должен быть продуман и воплощен в реальности при активном участии самих людей. Человечество не просто ожидает, когда будущее наступит, но активно формирует образ будущего, выстраивает футурологический проект, за которым следует осуществление этого проекта.

Осуществление проекта будущего, по мысли Федорова, родоначальника философии космизма, требует коллективной активности. Оно должно стать общим делом объединенного человечества. Философ объединяет все сферы человеческой практики вокруг общей задачи — построения будущего, в котором будут преодолены смерть и рознь. Он выдвигает проект регуляции, управления процессами, протекающими в природе, призывает бороться со стихийными природными катаклизмами: землетрясениями, наводнениями, эпидемиями, неурожаями, вызывающими голод, и др. При этом действие регуляции распространяется мыслителем не только на землю, но и на всю вселенную. «Порожденный крошечною землею, зритель бесконечного пространства, зритель миров этого пространства, должен сделаться их обитателем и правителем» [2, с. 243].

Оригинальный проект будущего дал драматург и мыслитель А.В. Сухово-Кобылин. Старший современник Н.Ф. Федорова, на протяжении 40 лет в своем имении «Кобылинка» он переводил Гегеля и создавал «философию всемирного человечества». Сухово-Кобылин предполагал, что человечество в своем развитии проходит

три стадии: земную (тектоническую), солярную (солнечную) и сидерическую (звездную). Первая стадия составляет содержание текущего момента истории. Вторая и третья стадии представляют собой образ грядущего, содержание будущей деятельности человечества. На второй стадии человек обретает способность летания и осваивает планеты солнечной системы. А на третьей стадии он достигает далеких звезд и становится обитателем всей вселенной.

О космическом будущем человечества мечтал и другой современник Федорова — К.Э. Циолковский. Свою мечту он представил и в художественных произведениях, и в философских сочинениях. Научно-фантастические повести «На Луне» (1893) и «Вне Земли» (1918) представляют образ человечества, выходящего за пределы земной атмосферы и делающего первые шаги во Вселенной. Циолковский рисует космические корабли и поселения в Космосе. Он описывает космические оранжереи, где выращиваются полезные растения. Опираясь на научные знания и гипотезы, он показывает, какой может быть жизнь людского сообщества во внеземном пространстве, как будет трансформироваться организм человека, адаптируясь к жизни в межзвездной среде. Параллельно Циолковский выстраивает свою «космическую философию», излагая ее в серии философских брошюр. Он выступает как монист и панспицист, утверждая, что «отзываива всякая частица вселенной». Он создает концепцию «мыслящего атома», тем самым наделяя потенцией разума и свободы каждый элемент бытия. Циолковский-философ обосновывает перспективу эволюции человечества от «полуживотного состояния» к физическому и нравственному совершенству, связывая эту перспективу с идеей освоения не только Земли, но и Космоса. И проектирует «будущее общественное устройство» как идеальную коммуну, в которой созданы все условия для максимального развития человеческого гения.

Художественные тексты родоначальника космонавтики и его философские брошюры в равной степени выполняли проективную функцию. Циолковский стремился вдохновить своих современников образом космического будущего человечества. Он был убежден, что художественная фантазия и философская мысль обладают способностью задавать вектор движения в будущее, ориентировать развитие научного знания и инженерного гения, направлять историческое действие.

Размышления о будущем последователей Федорова, философов-космистов 1920–1930-х годов А.К. Горского, Н.А. Сетницкого, В.Н. Муравьева также носят проективный характер, требуют перехода от слов к делу. Н.А. Сетницкий предлагает новую трактовку понятия «идеал», подчеркивая его проективность: «Идеал по самому смыслу своему есть крайнее, последнее и величайшее задание, к которому стремится человечество» [3, с. 97]. По мысли Сетницкого, воплощение идеала — необходимое условие его бытия. А.К. Горский в работе «Николай Федорович Федоров и современность» считает содержанием будущей истории «организацию мировоздействия». В.Н. Муравьев набрасывает план построения «культуры будущего», включающей задачи «преобразования вещей и организмов», «преобразования общества», «преобразования космоса» [4, с. 711].

## Литература

- [1] Федоров Н.Ф. Собрание сочинений: в 4 т. Т. 2. М.: Прогресс, 1995. 543 с.
- [2] Федоров Н.Ф. Собрание сочинений: в 4 т. Т. 1. М.: Прогресс, 1995. 518 с.
- [3] Сетницкий Н.А. Избранные сочинения. М.: РОССПЭН, 2010. 736 с.
- [4] Горский А.К. Сочинения и письма: в 2 кн. Кн. 1. М.: ИМЛИ РАН, 2018. 1008 с.

## Cosmos as a Project: Features of the Futurology of Russian Cosmists

**Gacheva Anastasia Georgievna**

a-gacheva@yandex.ru

*Gorky Institute of World Literature of the Russian Academy of Sciences;  
Library No. 180 named after N.F. Fedorov*

*A characteristic feature of the philosophy of Russian cosmism is projectivism. Cosmist philosophers do not just think about the future, they design the future, move from idea to project. The projective nature of the future is directly related to the idea of man as an agent of the development of the world. Humanity is not just waiting for the future to come, but is actively shaping the image of the future, building a futurological project, followed by the implementation of this project. The implementation of the project of the future, according to cosmists, is collective and is not limited only by nature and only by the earth. It involves the transformation of both the external world and the person himself, a special form of organization of society.*

**Keywords:** *russian cosmism, projectivism, futurology, space and man*

### References

- [1] Fedorov N.F. Sobranie sochinenii [Collected works]: in 4 vols. Vol. 2. Moscow, Progress Publ., 1995, 543 p. (In Russ.).
- [2] Fedorov N.F. Sobranie sochinenii [Collected works]: in 4 vols. Vol. 1. Moscow, Progress Publ., 1995, 518 p. (In Russ.).
- [3] Setnitskii N.A. Izbrannye sochineniya [Selected works]. Moscow, ROSSPEN, 2010, 736 p. (In Russ.).
- [4] Gorskiy A.K. Sochineniya i pis'ma [Essays and letters]: in 2 books. Book 1. Moscow, IMLI RAN Publ., 2018, 1008 p. (In Russ.).

УДК 1.091.141

## Мечты о полете на Луну

**Герасютин Сергей Александрович**

regul2006@mail.ru

*Мемориальный музей космонавтики*

27 декабря 2021 г. исполнилось 450 лет со дня рождения немецкого математика, механика, астронома и первооткрывателя трех законов движения планет, придворного астронома и астролога, магистра искусств Иоганна Кеплера (1571 – 1630). После смерти ученого, в 1634 г., вышло первое в мире научно-фантастическое произведение «Сон, или астрономия Луны», которое Кеплер начал писать еще студентом в 1593 г., а затем продолжил в 1609 г., над примечаниями работал с 1620 по 1630 г. Кеплер стал открывателем научно-фантастического жанра в литературе. Рассмотрен вклад Кеплера в науку в этом сочинении, сделан вывод о том, что оно написано в жанре научной фантастики.

**Ключевые слова:** *литературные сочинения, научная фантастика, путешествие, полет на Луну, селенография, селенисты*

## Мечты о полете на Луну

Луна, как самое близкое небесное тело всегда притягивала людей мечтами о полете на нее. До Кеплера и после вышли фантастические литературные сочинения: Плутарха «Беседа о лице, видимом на диске Луны» (I в. н. э.), Лукиана Самосатского «Икароменипп, или Заоблачный полет» (161 г. н. э.), Данте «Божественная комедия»

(приблизительно с 1308 по 1321 г.), Лудовико Ариосто «Неистовый Роланд» итальянца (1532 г.), Фрэнсиса Годвина «Человек на Луне...» (1638 г.), Джона Уилкинса «Открытие лунного мира» (1640 г.), Сирано де Бержерака «Иной свет, или Государства и империи Луны» (1657 г.), Бернара де Фонтенеля «Рассуждения о множественности миров» (1686 г.), Габриэля Даниеля «Путешествии в мир Декарта» (1692 г.), Мертага Макдермота и Эдварда Берни «Путешествие на Луну» (1728 и 1815 г.) и др. Герои произведений летят к Луне в колеснице, упряжке дрессированных лебедей, на крыльях, паруснике, летательном аппарате с крыльями, с помощью ракетного устройства [1–3]. Но это были только воображаемые полеты.

Кеплер в течение всей жизни работал над научно-фантастической повестью «Сон, или астрономия Луны», он написал: «Предвижу корабль или паруса, приспособленные к небесным ветрам, и найдутся люди, которые не побоятся даже пустоты межпланетного пространства..., для тех, кто захочет попытаться предпринять это путешествие» [4]. Ученый верил, что когда-нибудь люди смогут посетить небесную соседку. Лишь спустя 230 лет продолжил писать в этом жанре Жюль Верн, опубликовав в 1865 г. роман «С Земли на Луну прямым путем за 97 часов 20 минут» [2, 3].

В этом сочинении Кеплер впервые предсказал многие детали полета на Луну, называя ее Островом Левания, например, преодоления перегрузок и чувство невесомости [4]. Ученый совершает полет во сне, не предлагая какого-либо транспортного средства, но уверенный, что только знания позволят в будущем осуществить эту мечту. Поэтому пока путешествие на Леванию возможно только во время затмения: передвигаясь в конусе тени, отбрасываемой Землей. Впервые описаны с научной точки зрения влияние перегрузок на организм человека при старте, указана необходимость терморегулирования при перелете, раскрыты проблемы, которые возникнут в путешествии: питания в условиях длительного пребывания за пределами Земли, дыхания в безвоздушном пространстве, опасности космического холода, торможения для мягкой посадки на Луну, необходимости преодоления сил тяготения небесных тел [4–6]. Кеплер точно рассчитал размеры Луны и описал условия на ней: «Диаметр Луны чуть больше 1/4 диаметра Земли, или 100: 389... примерно 60 земных радиусов... Она состоит из двух полушарий... Верхняя часть Луны никогда не бывает обращена к Земле, ее нижняя часть, или полушарие, всегда повернута к Земле. Луна достигает фазы полнолуния, обитатели считают, что наступил полдень, а в новолуние — что наступила полночь...».

После наблюдений Луны Галилея с помощью телескопа селенографию Кеплер представлял себе весьма отчетливо: «Хотя в Левании видны те же самые неподвижные звезды, что и у нас, тем не менее движение и размеры планет там совершенно иные, и значит вся система астрономии должна быть отлична от нашей... имеются высокие горы, вздымающиеся отвесно на 5...8 миль (около 9...12 км), глубокие и широкие долины диаметром 10 миль ≈ около 20 км, изрыта пещерами и гротами, имеется множество пустот и впадин. Я располагал также кое-какими догадками о недостаточной плотности Луны... сильнейшие перепады от невыносимой жары до леденящего холода, и наоборот». Ночь и день на Луне равны одному нашему месяцу, описываются весьма достоверно и многие другие явления. Рассчитаны астрономические аспекты: «Луна отклоняется от эклиптики в обе стороны примерно на  $5^\circ$ . За 1 ч истинное движение Луны составляет 29 мин 44 с. За 19 сидерических лет для обитателей Луны успеют истечь 20 тропических лет. Во время затмений вся Луна остается погруженной в тень Земли на два часа восемь минут». Впервые показано, как работают законы небесной механики: «Совершаемые Луной движения вокруг Земли за-

ставляет Луну замедлять свой бег в апогее и ускорять его в перигее. Суточное движение неравномерно даже в один и тот же час дня».

С удивительной прозорливостью Кеплер открыл то, что стало известно о Луне только теперь: «Если говорить о каждом из полушарий в отдельности, то нельзя не отметить, что они во многом несхожи. Все замерзает и покрывается льдом под действием холода». Однако Кеплер неверно подсчитал, что полет займет 4 ч 20 мин, тогда путешественники должны были бы лететь со скоростью 80 тыс. км/ч, что в 2 раза выше второй космической. В то время люди предполагали, как и Кеплер, что космос заселен высокоразвитыми существами, на Луне — селенитами [1], жителей Луны он называл эндимионидами. Они обитают на обоих полушариях и их жизнь быстротечна: «Все существа рождаются в почве, на гребнях гор и завершают свою жизнь в один и тот же день, так что смена поколений происходит ежедневно. На Левании преобладают существа змееподобной природы. Удивительно, что в полдень они выползают на солнце, как бы желая понежиться... у входов в пещеры, чтобы в любой момент быстро скрыться».

Какой бы наивной ни казалась спустя почти четыре столетия форма, в которой Кеплер изображал модель путешествия человека в космосе, их сущность и в настоящее время не может не произвести глубокого впечатления.

## Литература

- [1] Зайцев А. Дорогие селениты: как писатели прошлого изображали полеты на Луну // Профиль. 25.07.2019. URL: <https://profile.ru/space/dorogie-selenity-kak-pisateli-proshlogo-izobrazhali-polety-na-lunu-160833/> (дата обращения 12.10.2021).
- [2] Рынин Н.А. Межпланетные сообщения. Вып. 1: Мечты, легенды и первые фантазии. Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1928.
- [3] Газенко О.Г., Шаров В.Ю. Притяжение космоса. М.: РТСофт, 2011.
- [4] Кеплер И. Сон, или астрономия Луны // О шестиугольных снежинках. М.: Наука, 1982. С. 69–169.
- [5] Белый Ю.А. Сон, или астрономия Луны — последнее произведение Кеплера // Земля и Вселенная. 1972. № 1. С. 40–44.
- [6] Бучарский В.В. Разведчик лунных берегов. Калуга: Гриф, 2011.

## Dreams of Flying to the Moon

**Gerasyutin Sergey Alexsandrovich**

regul2006@mail.ru

*Memorial museum of cosmonautics*

*December 27, 2021 marked the 450th anniversary of the birth of German mathematician, mechanician, astronomer and discoverer of the three laws of planetary motion, court astronomer and astrologer, Master of Arts Johannes Kepler (1571–1630). After the death of the scientist, in 1634, the world's first science fiction work "Dream, or Astronomy of the Moon" was published, which Kepler began writing as a student in 1593, and then continued in 1609, he worked on notes from 1620 to 1630. Kepler became the discoverer of the science fiction genre in literature. Only 230 years later, Jules Verne continued to write in this genre, publishing in 1865 the novel "From the Earth to the Moon in a direct way in 97 hours and 20 minutes". The contribution to science made by Kepler in this work is described, and it is stated why it is considered the first in the genre of science fiction.*

**Keywords:** literary works, science fiction, space travel, flight to the Moon, selenography, selenites

## References

- [1] Zaitsev A. Dorogie selenity: kak pisateli proshlogo izobrazhali polety na Lunu [Dear selenites: how writers of the past depicted flights to the moon]. Profil' [Profile]. 25.07.2019. Available at: <https://profile.ru/space/dorogie-selenity-kak-pisateli-proshlogo-izobrazhali-polety-na-lunu-160833/> (accessed October 12, 2021).
- [2] Rynin N.A. Mezoplanetnye soobshcheniya. Vyp. 1: Mechty, legendy i pervye fantazii [Interplanetary communications. Issue 1: Dreams, Legends and first Fantasies]. Leningrad, Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1928. (In Russ.).
- [3] Gazezenko O.G., Sharov V.Yu. Prityazhenie kosmosa [The attraction of the cosmos]. Moscow, RTSoft, 2011. (In Russ.).
- [4] Kepler I. Son, ili astronomiya Luny [Dream, or astronomy of the Moon]. O shestiugol'nykh snezhinkakh [About hexagonal snowflakes]. Moscow, Nauka Publ., 1982, pp. 69–169.
- [5] Belyi Yu.A. Son, ili astronomiya Luny — poslednee proizvedenie Keplera [Dream, or astronomy of the Moon — Kepler's last work]. Zemlya i Vselennaya [Earth and the Universe], 1972, no. 1, pp. 40–44. (In Russ.).
- [6] Bucharskii V.V. Razvedchik lunnykh beregov [Scout of the lunar shores]. Kaluga, Grif Publ., 2011. (In Russ.).

УДК 008

## Война и космос

**Гончарова Мария Романовна**

Maria\_97@mail.ru

Центр развития современных компетенций детей  
«Дом научной коллaborации имени С.В. Ильюшина»

**Гончарова Любовь Алексеевна**

Lamo\_60@mail.ru

МОУ «Средняя общеобразовательная школа № 31 г. Вологды»

**Гончарова Ольга Владимировна**

olga\_maria@mail.ru

МОУ «Средняя общеобразовательная школа № 1  
с углубленным изучением английского языка г. Вологды»

Представлена одна из экспозиций «Космонавты в годы Великой Отечественной войны» аэрокосмического музея города Вологды, который создан в 2012 г. Представляем вашему вниманию некоторые результаты деятельности по теме «Война и космос». «Патриотизм — одна из главных опор общества и государства. От того, как сегодня мы воспитываем молодежь, зависит будущее России как современного, эффективного государства», — сказал В.В. Путин.

**Ключевые слова:** Вологда, космонавтика, патриотизм, музей

## Война и космос

В докладе представлена одна из экспозиций «Космонавты в годы Великой Отечественной войны» аэрокосмического музея города Вологды, который создан в 2012 г. Представляем вашему вниманию некоторые результаты деятельности по теме «Война и космос».

«Патриотизм — одна из главных опор общества и государства. От того, как сегодня мы воспитываем молодежь, зависит будущее России как современного, эффективного государства» — сказал В.В. Путин. В работе музея мы придааем большое

значение патриотическому воспитанию молодежи на примерах жизни и работы космонавтов. Мы ежегодно проводим в школе традиционную Неделю космоса и информационных технологий, в течение которой проходят уроки Ю.А. Гагарина, П.И. Беляева, А.А. Леонова, различные конкурсы, просмотры видео. Жизнь и работа космонавтов — пример для подрастающего поколения. В музее собраны видеофильмы для демонстрации и изучения подвигов советских космонавтов: «Ю.А. Гагарин», «Время первых», «П.И. Беляев», «Прыжок в космос», «Выход в космос Леонова», «Битва за Салют», «Эффект Джанибекова» и другие. Мы гордимся тем, что нашим ученикам посчастливилось встречаться и фотографироваться с героями-космонавтами: Павлом Романовичем Поповичем, Владимиром Александровичем Джанибековым, Алексеем Архиповичем Леоновым.

Георгий Тимофеевич Береговой — дважды Герой Советского Союза, участник войны с 25 июня 1941 года точно выполнял каждое задание, в воздухе действовал хладнокровно. У лётчика-штурмовика Берегового было заветное правило: «Не будешь думать — событъ!» Летал на Ил-2 с бортовым номером 22. В октябре 1944 г. за мужество и героизм Гвардии капитан Береговой был удостоен звания Героя Советского Союза. В 1963 г. зачислен в отряд советских космонавтов. С 26–30 октября 1968 г. совершил космический полет на космическом корабле Союз-3. За совершение космического полёта награждён второй медалью «Золотая Звезда» Героя Советского Союза.

Георгий Тимофеевич был замечательным человеком, всегда внимательным к детям. Наши ученики, побывавшие в Звездном городке, встретились с Георгием Тимофеевичем. Они вспоминают: «В обеденный перерыв он пришел в музей Звездного, чтобы встретиться и сфотографироваться с нашей группой. Мы были в восторге». У нас в музее хранится фотография встречи с Георгием Тимофеевичем, его автограф и документальный фильм о его полете «Космический камикадзе. Угол атаки».

У каждого космонавта своя история. Константин Петрович Феоктистов, Герой Советского Союза, родился 7 февраля 1926 г. в Воронеже. Во время Великой Отечественной войны Феоктистов оставил учебу и ушел на фронт. Воевал разведчиком. Во время выполнения разведки Константин Петрович был схвачен немецким патрулем и чудом спасся от расстрела. Свой первый и единственный полёт совершил в октябре 1964 г. на корабле «Восход».

Георгий Тимофеевич Добровольский, советский космонавт, Герой Советского Союза, единственный полет с 6 по 29 июня 1971 г. совершил в качестве командира КК «Союз-11» и первой основной экспедиции (ЭО-1) на ДОС-1 «Салют». В годы Великой Отечественной войны находился в Одессе, которая была оккупирована немецко-фашистскими войсками. Пятнадцатилетним подростком в одиночку решил бороться с оккупантами. В начале 1944 года был схвачен полицией.

Когда в 1941 году началась война, наши первые космонавты были в основном маленькими детьми. Война раньше центрифуг испытывала будущих космонавтов. Испытания в годы войны способствовали становлению характера. Многие космонавты пережили оккупацию.

Юрий Алексеевич Гагарин родился 9 марта 1934 г. в деревне Клушино. Советский летчик-космонавт, Герой Советского Союза, кавалер высших знаков отличия ряда государств 12 апреля 1961 г. стал первым человеком в мировой истории, совершившим полёт в космическое пространство. 1 сентября 1941 года Юра пошел в школу, но 12 октября деревню заняли немцы. Гагариным пришлось жить в землянке, в очень суровых условиях почти 2 года. Маленький Юра увидел, что такое война.

Павел Романович Попович, дважды Герой Советского Союза, во время Великой Отечественной войны находился на оккупированной территории. Во время войны он прятал от фашистов раненого офицера. Понимал: найдут — убьют, но прятал. В 1962 г. в качестве пилота КК «Восток-4» выполнил совместный полет с КК «Восток-3», в 1974 г. в качестве командира корабля «Союз-14» и 1-й основной экспедиции (ЭО-1) на ОПС «Салют-3», вместе с Ю. Артюхиным летал второй раз.

Владимир Александрович Джанибеков, дважды Герой Советского Союза, родился 13 мая 1942 г. Великая Отечественная война продиктовала выбор профессии. Одннадцатилетний мальчик надел военную форму, мечтал стать летчиком. С энтузиазмом он увлекался рисованием и астрономией, занимался легкой атлетикой, фехтованием, борьбой.

Владимир Михайлович Комаров, дважды Герой Советского Союза, летчик-космонавт, родился 16 марта 1927 г. В деревне Комарова застала война. Четырнадцатилетний юноша на фронт не попал, но трудился за троих, поскольку в деревне оставалось все меньше и меньше мужчин. В 1942 г., окончив семь классов, Комаров поступил учиться в специальную летную школу. Свой первый космический полет совершил 12 октября — 13 октября 1964 г. на борту космического корабля «Восход».

Алексей Архипович Леонов, дважды Герой Советского Союза в детстве мечтал полететь в небо и отдаваться живописи. Чтобы помочь семье, Леонов стал рисовать и в 10 лет сам зарабатывал — расписывал ковры. За «ковер» будущий художник получал три буханки хлеба. 18–19 марта 1965 года совместно с Павлом Беляевым совершил полет в космос на космическом корабле «Восход-2» и совершил первый в мире выход в открытый космос продолжительностью 12 мин 9 с. Во время выхода проявил исключительное мужество, особенно в нештатной ситуации.

Павел Иванович Беляев, Герой Советского Союза, родился 26 июня 1925 г. в селе Челищево Вологодской области. В 1943 г. вступил в ряды Советской Армии, окончил Ейское военное авиационное училище. Летчиком-истребителем молодой летчик принимал участие в войне с Японией, за что был награжден медалью. 18–19 марта 1965 г. Беляев совершил космический полёт в качестве командира корабля «Восход-2».

Георгий Михайлович Гречко, дважды Герой Советского Союза, совершивший три полета в космос, вспоминает: «В 1941 г. меня отправили к бабушке на Украину. Самый страшный момент в оккупации был тогда, когда мимо нас везли на расстрел людей, они выскочили из машины и разбежались. Фашисты в наказание начали жечь слободу. Они из всех домов людей выгоняли в один, дом забивали, людей заживо сжигали».

Мы разработали сайт «Виртуальный аэрокосмический музей г. Вологды», на котором разместили и экспозицию «Дети-космонавты в годы Великой Отечественной войны», «Конструкторы в годы войны». Используемый материал музея поможет молодежи узнать о подвигах героев.

## Литература

- [1] Увлеченные космосом / авт.-сост. Л.А. Гончарова, О.В. Гончарова, М.Р. Гончарова. Вологда, 2017. 179 с.
- [2] Космонавты рассказывают. М.: Детская литература, 1966. 271 с.
- [3] Резниченко Г.И. Выход в космос разрешаю. М.: Политиздат, 1978. 103 с.
- [4] Аэрокосмический музей г. Вологды. URL: <http://vakm.meson.ru/> (дата обращения 21.12.2021).

## War and Space

**Goncharova Maria Romanovna**

Maria\_97@mail.ru

Center for the Development of Modern Competencies of Children  
"House of Scientific Collaboration named after S.V. Ilyushin"

**Goncharova Lubov Alekseevna**

Lamo\_60@mail.ru

MOU "Secondary School No. 31 of Vologda"

**Goncharova Olga Vladimirovna**

olga\_maria@mail.ru

MOU "Secondary School No. 1 with in-depth study of the English language"

*The report presents one of the expositions "Cosmonauts during the Great Patriotic War" of the Aerospace Museum of the city of Vologda, which was created in 2012. We present to your attention some of the results of our activities on the topic "War and Space." "Patriotism is one of the main pillars of society and the state. The future of Russia as a modern, effective state depends on how we educate young people today," said V.V. Putin.*

**Keywords:** vologda, museum, patriotism, cosmonautics

## References

- [1] Uvlechennye kosmosom [Fascinated by space]. Edited by L.A. Goncharova, O.V. Goncharova, M.R. Goncharova. Vologda, 2017. 179 p. (In Russ.).
- [2] Kosmonavty rasskazyvayut [The astronauts talk]. Moscow, Detskaya literatura Publ., 1966, 271 p. (In Russ.).
- [3] Reznichenko G.I. Vkhod v kosmos razreshayu [I allow spacewalk]. Moscow, Politizdat Publ., 1978, 103 p. (In Russ.).
- [4] Аэрокосмический музей г. Вологды [Aerospace Museum of Vologda]. Available at: <http://vakm.meson.ru/> (accessed December 21, 2021). (In Russ.).

УДК 1751

## Второе дыхание «Интеркосмоса»: русский язык — язык Космоса, мира и сотрудничества

**Губарева Ольга Алексеевна**

daos2014@mail.ru

Волонтер общественного движения «Космическая семья» Музея космонавтики в Москве

*Международное сотрудничество в космосе, совместная работа и подготовка международных экипажей продолжаются уже более 45 лет. Космический проект пилотируемых полетов, начатый по программе «Интеркосмос» в 1978 году, продолжает успешно реализовываться и в XXI веке на МКС. Русский язык — это не только инструмент коммуникации при проведении полетных операций, медицинских и технических экспериментов на орбите, переговоров с Центром управления полетами, но и язык общения членов интернациональных экипажей. Обучение русскому языку является одним из важнейших компонентов триединого комплекса: создание космической техники — обучение русскому языку иностранных граждан — подготовка международного космического экипажа к полету. Успешная подготовка по русскому языку способствует выполнению поставленных полетных задач. Уникальные программы, разработанные и подготовленные РУДН, позволяют в трехмесячный срок готовить кандидатов на полет к изучению космических технических дисциплин уже на русском языке.*

**Ключевые слова:** пилотируемые полеты, русский язык как иностранный, языковая подготовка астронавтов, инструмент коммуникации, космическая подготовка, международный экипаж

В представленной работе рассматривается ретроспектива развития международной пилотируемой космонавтики за 45 лет ее развития и важная роль обучения русскому языку иностранных граждан для подготовки к космическому полету в составе международного экипажа и работы на МКС в составе международной экспедиции. Работа основывается на материалах, разработанных, подготовленных и апробированных РУДН.

За основу исследования взяты научные материалы М.Л. Новиковой, доктора филологических наук, профессора кафедры русского языка юридического института РУДН [1–4].

Пилотируемый проект «Интеркосмос», изначально начинавшийся как политический, в условиях космической гонки и соревнования двух сверхдержав, не только выдержал проверку на прочность, но и превратился в научно-практический, а в дальнейшем стал успешным коммерческим, и реализуется до сих пор на МКС. За 10 лет полетов международных экипажей по программе «Интеркосмос» была наработана богатейшая научно-практическая база по подготовке иностранных космонавтов к полетам на нашей технике.

Иностранные космонавты говорят в космосе по-русски. Общение на русском языке — необходимое условие многоуровневой профессиональной подготовки к работе на космической орбите исследователей космоса из разных стран. Слова «астронавт» и «космонавт» используются как синонимы [2, с. 68].

Полилингвизм является необходимостью существования в современном мире в силу разнообразных языковых контактов между государствами [2, с. 69]. Российский университет дружбы народов, преподаватели РКИ в Центре подготовки космонавтов им. Ю.А. Гагарина в Звездном городке с 1978 года готовят по русскому языку иностранных космонавтов по программам «Интеркосмос», «Мир — Шаттл», «Международная космическая станция (МКС)» и другим. Целенаправленному процессу подготовки иностранных космонавтов во взаимосвязи и взаимозависимости ее основных компонентов, комплексному подходу в обучении уделяется большое внимание в РУДН в деле совместного сотрудничества с Центром подготовки космонавтов в Звездном городке в рамках международных космических программ [3, с. 70]: в РУДН в кратчайшие сроки была разработана программа языковой подготовки космонавтов с учетом особенностей их деятельности как на Земле, так и в полете. Серьезная подготовка по русскому языку способствовала выполнению поставленных задач, а также расширению влияния советской школы космонавтики. Опыт программы «Интеркосмос» позволил в дальнейшем осуществить ряд других международных программ, таких, как «АстроМир», «МирНАСА», «Евромир» и т. д.

Русский язык является не только инструментом взаимодействия, но и важным средством формирования у космонавтов различных видов мышления, необходимых для выполнения функциональных обязанностей при эксплуатации российских образцов космической техники, в частности, космического корабля «Союз-ТМА», на тренировках в тренажерах космических аппаратов, в гидролаборатории, на центрифуге, в макетах международной космической станции, на различных тренировках, включая экстремальные тренировки по выживанию в случае нештатной посадки: зимнее выживание, морское выживание и др. [4, с. 45]. Успешная подготовка по русскому язы-

ку способствует выполнению поставленных полетных задач. От правильности принятия решения зависит не только выполнение программы полета, но иногда и жизнь астронавта.

Русский язык как средство мышления и общения обеспечивает астронавтам способность взаимопонимания и согласия, передачу информации, устранение барьеров в общении, формирование новых профессионально-ориентированных знаний и умений для подготовки к космическому полету и выполнение полетных задач на космической орбите [2, с. 70–71].

Российская космическая отрасль является одной из самых мощных в мире, Россия безоговорочно лидирует в пилотируемой космонавтике и в запусках на орбиту. Успешная языковая подготовка иностранных космонавтов способствует выполнению поставленных полетных задач и расширению влияния российской школы космонавтики. [1, с. 15]. Рабочими языками на МКС являются русский и английский. Изучение русского языка для иностранных космонавтов обязательно. Русский язык — это не только инструмент коммуникации при проведении полетных операций, медицинских и технических экспериментов на орбите, переговоров с Центром управления полетами, но и язык общения членов международных экипажей. Программы РУДН позволяют в трехмесячный срок готовить кандидатов на полет к изучению космических технических дисциплин уже на русском языке.

Таким образом, космический проект пилотируемых полетов по программе «Интеркосмос» продолжает успешно работать и реализовываться уже в XXI веке, утратив свое историческое название «Интеркосмос», но не изменив сути поставленных еще перед тем проектом задач международного сотрудничества в космосе.

## Литература

- [1] Новикова М.Л. Русский язык и космос. Подготовка международных космических экипажей: цели, задачи, перспективы // Вестник РУДН. Сер. Вопросы образования: языки и специальность. 2016. № 2. С. 7–16.
- [2] Новикова М.Л. Язык как информационная система и средство общения: на Земле и на космической орбите // Вопросы теории и практики журналистики. 2018. Т. 7, № 1. С. 59–75.  
DOI: 10.17150/2308-6203.2018.7(1)
- [3] Новикова М.Л. ЦПК им. Ю.А. Гагарина и РУДН: сотрудничество в рамках международных космических программ // Вестник авиации и космонавтики. 2010. № 3. С. 65–70.
- [4] Новикова М.Л. Интерактивные методы обучения и их роль в преподавании русского языка иностранным космонавтам // Вестник РУДН. Сер. Русский и иностранные языки и методика их преподавания. 2016. № 3. С. 45–60.

## The Second Breath of "Intercosmos": Russian is the Language of Space, Peace and Cooperation

Gubareva Olga Alekseevna

daos2014@mail.ru

Volunteer of the public organization "Space Family" at the Cosmonautics Museum in Moscow

*International cooperation in space, joint work and training of international crews has been going on for more than 45 years. The space project of manned flights, launched under the Intercosmos program in 1978, continues to be successfully implemented in the 21st century on the ISS. The Russian language is not only a communication tool during flight operations, medical and technical experiments in orbit, negotiations with the Mission Control Center, but also the language of*

*communication of members of international crews. Russian language training is one of the most important components of the triune complex: the creation of space technology - the teaching of the Russian language to foreign citizens - the preparation of the international space crew for flight. Successful training in the Russian language contributes to the fulfillment of the assigned flight tasks. The unique programs developed and prepared by the RUDN allow for the preparation of candidates for flight to study space technical disciplines in Russian within a three-month period.*

**Keywords:** manned flights, Russian language, language training of astronauts, communication tool, space training, international crew

## References

- [1] Novikova M.L. Russkii yazyk i kosmos. Podgotovka mezhdunarodnykh kosmicheskikh ekipazhei: tseli, zadachi, perspektivy [Russian language and space. Training of international space crews: goals, tasks, prospects]. Vestnik RUDN. Ser. Voprosy obrazovaniya: yazyki i spetsial'nost' [Bulletin of the RUDN. Ser. Education issues: languages and specialty], 2016, no. 2, pp. 7–16. (In Russ.).
- [2] Novikova M.L. Yazyk kak informatsionnaya sistema i sredstvo obshcheniya: na Zemle i na kosmicheskoi orbite [Language as an information system and a means of communication: on Earth and in space orbit]. Voprosy teorii i praktiki zhurnalistiki [Questions of theory and practice of journalism], 2018, vol. 7, no. 1, pp. 59–75. DOI: 10.17150/2308-6203.2018.7(1) (In Russ.).
- [3] Novikova M.L. TsPK im. Yu.A. Gagarina i RUDN: sotrudничество в рамках международных космических программ [Gagarin Central Research Center and RUDN: cooperation within the framework of international space programs]. Vestnik aviatsii i kosmonavtiki [Bulletin of Aviation and Cosmonautics], 2010, no. 3, pp. 65–70. (In Russ.).
- [4] Novikova M.L. Interaktivnye metody obucheniya i ikh rol' v prepodavaniii russkogo yazyka inostrannym kosmonavtам [Interactive teaching methods and their role in teaching Russian to foreign cosmonauts]. Vestnik RUDN. Ser. Russkii i inostranneye yazyki i metodika ikh prepodavaniya [Bulletin of the RUDN. Ser. Russian and foreign languages and methods of their teaching], 2016, no. 3, pp. 45–60. (In Russ.).

УДК 33.3

## Почтовые марки и конверты художника Ю.В. Ряховского, посвященные освоению космоса (по материалам литературно-художественного музея в с. Перехваль)

Демиденко Сергей Владимирович

siranodebor@mail.ru

Центр детского творчества города Данкова

*Осенью текущего года в Данковском краеведческом музее в рамках международного выставочного проекта «АРТ-Интеркосмос XXI век» посетители также ознакомились с почтовыми марками художника Ю.В. Ряховского из Перехвальского литературно-художественного музея писателя В.Д. Ряховского и художника Ю.В. Ряховского. Ю.В. Ряховский был главным редактором почтовых марок СССР и создателем первой серии марок, посвященных Дню космонавтики.*

**Ключевые слова:** космическая филателия, космическое искусство, почтовые марки СССР, художник Ю.В. Ряховский

Сам Ю.В. Ряховский описал историю создания первых своих марок космической тематики в книге «Знаки исчезнувшей страны» [1]. В 1963 г., по его словам, он «взялся за最难的 serию ко Дню космонавтики» [2]. За советом Ряховский обратился к генерал-полковнику Каманину, в то время руководившему деятельностью отряда космонавтов, с вопросом о том, что он хотел бы видеть на марках, рассказывающих о нынешнем этапе полетов. Ряховский вспоминал: «Не отвечая на мой вопрос, Каманин достал из ящика стола фотографию и подал ее мне. На фотографии были изображены четыре космонавта — Гагарин, Титов, Николаев и Попович. А под каждой парсуной — личный автограф, не факсимиле, нет, четко были видны следы ручки, кой ставилась подпись». «Вот, — сказал Каманин, — если хотите, можете на марке поместить... А что касается остального — не знаю, не знаю... Первый спутник — да, «Восток» — тоже, скажем, темка, хотя никто самого корабля тебе не покажет. Рано, брат, рано... Сам уж сочиняй. Ну, и про будущее что-нибудь».

Три первые космические марки художника Юрия Ряховского показывают этапы освоения космического пространства нашей страной. На них художник отобразил этапы освоения космического пространства с 1957 по 1963 г. Там и первый искусственный спутник земли, и другие космические аппараты.

Еще две марки, которые сделал Юрий Васильевич, посвящены полету космического корабля «Восток-2» и выходу в открытый космос Алексея Архиповича Леонова. На одной марке — портрет космонавта Леонова, который изображен на фоне космического пространства. На другой — портрет космонавта Павла Ивановича Беляева. Изначально Юрий Ряховский сделал три марки: две портретных и одну чисто символическую, причем портреты получил снова от Каманина. Однако центральную марку начальство не утвердило. На ней была изображена фигура пронзающего космос космонавта с факелом в виде звезды в руках и надписью «первыми в открытом космосе».

Первый конверт, выполненный Юрием Ряховским и посвященный освоению космического пространства, был выпущен 23 октября 1960 г. На нем были изображены собаки: «Первые космические путешественники Белка и Стрелка». Ю.В. Ряховский вспоминает об этом событии: «Первый конверт, неожиданно пользовавшийся большим спросом. 1961 год».

В конце октября из московского музея космонавтики для перехвальского музея Ряховского были переданы конверты, автором которых является Юрий Васильевич, с наклеенными марками об этапах освоения космоса [3, 4]. На марках изображены летчики-космонавты П.И. Климуц, В.В. Лебедев, С.В. Сарафанов и Л.С. Дёмин. получил музей две марки о полете по программе «Союз-Аполлон», открытку с портретом космонавта Алексея Архиповича Леонова с наклеенной на ней маркой художника Юрия Ряховского.

## Литература

- [1] Ряховский Ю.В. Знаки исчезнувшей страны. М.: Авторская печатная и переплетная мастерская, 2003.
- [2] Ряховский Ю.В. Картинки с выставок (альбом рисунков и фотографий). М.: Авторская печатная и переплетная мастерская, 2003.
- [3] Заветы Ильича (Данковский район). 14 октября 2021 г. № 41 (12334). С. 11.
- [4] Липецкая газета. 1 октября 2021 г. № 118. С. 3.

## **Postage Stamps and Envelopes by the Artist Ryakhovsky, Dedicated to Space Exploration (on Materials of the Literary and Art Museum in the Village of Perekhval)**

*Demidenko Sergei Vladimirovich*

siranodebor@mail.ru

*Dankov Children's Creativity Center*

*In the autumn of this year in Dankov Local Lore Museum within the framework of the international exhibition project "ART-Intercosmos XXI century" visitors also got acquainted with postage stamps and envelopes of the artist Yu.V. Ryakhovsky from Perekhval literary and art museum of the writer V.D. Ryakhovsky and artist Yu.V. Ryakhovsky. Yu.V. Ryakhovsky was the chief editor of the postage stamps of the USSR and the creator of the first series of stamps dedicated to the Day of Cosmonautics.*

**Keywords:** space stamps, space art, postage stamps of the USSR, artist Yu.V. Ryakhovsky

### **References**

- [1] Ryakhovskii Yu.V. Znaki исчезнувшей страны [Signs of the disappeared country]. Moscow, Avtorskaya pechatnaya i perepletnaya masterskaya Publ., 2003. (In Russ.).
- [2] Ryakhovskii Yu.V. Kartinki s vystavok (al'bom risunkov i fotografii) [Pictures from exhibitions (album of drawings and photographs)]. Moscow, Avtorskaya pechatnaya i perepletnaya masterskaya Publ., 2003.
- [3] Zavety Il'icha (Dankovskii raion) [The Precepts of Ilyich (Dankovsky district]. October 14, 2021, no. 41 (12334), p. 11. (In Russ.).
- [4] Lipetskaya gazeta [Lipetsk newspaper]. October 1, 2021, no. 118, p. 3. (In Russ.).

УДК 7.092

## **Космос за Космосом**

*Журавихин Павел Михайлович*

rpx@yandex.ru

*Благотворительный фонд имени Елены Ивановны Рерих*

*Доклад знакомит с опытом проведения Международного конкурса «Мы — дети Космоса» — единственного в мире конкурса, направленного на популяризацию и развитие детского художественного творчества, в котором отражается космическое мироощущение, или космизм. Обобщен опыт проведения конкурса, проанализированы особенности мировосприятия юных художников, представляющих на конкурс мировые шедевры детского художественного творчества на тему Космоса. Показаны результаты проведения передвижных выставок лучших работ конкурса в России и за рубежом. Освещены новые методологические подходы в организации и проведении конкурсов детского изобразительного искусства, в основу которых положен опыт работы Благотворительного фонда имени Елены Ивановны Рерих в рамках целевой программы «Поддержка молодых дарований в области науки и искусства».*

**Ключевые слова:** конкурс, дети, космос, выставка, детский рисунок, космизм, космическое мироощущение, новое сознание, культура, философия, Рерих

Специалисты и родители давно заметили, что дети XXI века отличаются от предыдущих поколений своих сверстников. Они заставляют пересмотреть наши привычные

стереотипы в отношении детского и подросткового возраста. Никогда прежде в творчестве детей не выявлялась такая глубина философских обобщений, зрелость суждений и новизна взглядов [1–6]. Знания, которые они несут человечеству, дают основание говорить об их космическом характере мышления и мировосприятия. У таких детей, говоря словами известного русского философа Николая Бердяева, «изменилась перспектива», получилась «иная направленность сознания, раскрылись глаза на иные миры, на иное измерение бытия» [6]. В России известный ученый, академик Л.В. Шапошникова ввела в научный оборот термин «дети нового сознания», который точно выражал глубинный смысл наблюдаемого явления [7].

Особенности необычного мировосприятия новых детей которое с полным правом можно назвать космическим мироощущением, наиболее ярко проявились в искусстве, представляющем собой, по словам известного литературоведа Ю. Лотмана, «форму мышления» [8]. Прежде всего, в художественном творчестве, средства которого позволяют ребенку наиболее полно и достоверно выразить свои мысли и чувства через образ, цвет и форму. Подтверждением тому является опыт проведения Международного конкурса детского рисунка «Мы — дети Космоса», организованного в 2017 г. Благотворительным фондом имени Елены Ивановны Перих совместно с Международным центром Перихов [9–12]. Конкурс стал уникальным творческим проектом, не имеющим аналогов в мире. Он имеет не только художественную направленность, но и философскую, способствуя поддержке такого направления в детском творчестве, как космизм. Организаторы поставили перед собой задачу дать возможность юным художникам в своих работах поразмышлять о Космосе. К примеру, подумать над вопросами: Что такое Космос? Какую роль он играет в жизни человека? О месте человека во Вселенной и его взаимосвязи с ней? Что такое Красота и где ее истоки? Перед юными художниками ставилась сложная творческая задача — не просто изобразить видимый окружающий мир, а выразить свое мироощущение, рождающее образы из духовных глубин воображения. Решению такой задачи способствовали соответствующие темы: «Я живу в Космосе, а Космос живет во мне» (2017), «Красота — основа Космоса» (2018), «Космос глазами сердца» (2019), «Симфония Великого Космоса» (2020). «Космос — это радуга света» (2021). При этом главный мировоззренческий посыл конкурса состоит в том, что Космос в переводе с древнегреческого переводится как «Гармония» и «Красота».

Необходимо отметить, в отличие от других конкурсов рисунка, посвященных теме Космоса, в проект «Мы — дети Космоса» не принимаются работы, связанные с изображением космонавтов, ракет и другой космической техники, а также различного рода инопланетных существ, традиционно присутствующих в детских рисунках на космическую тему, так как эти атрибуты имеют отношение не к Космосу, а к космонавтике. Иначе говоря, инженерным технологиям по изучению космического пространства. С сожалением приходится констатировать, что подмена в общественном сознании одного понятия другим приводит к путанице представлений о Космосе у детей.

Конкурс с первых шагов был поддержан Российской академией художеств в лице президента Академии З.К. Церетели, Международным союзом педагогов-художников, Российской академией естественных наук и Ассоциацией музеев космонавтики России. Проект инициирует серьезную подготовительную работу, связанную с осмыслением и разработкой темы, позволяет выйти юным художникам и педагогам за рамки традиционных творческих решений. Конкурс стал не просто творческим соревнованием. Он превратился в своеобразный диалог о Вечном. Глубокий и содержательный. Позволяющий увидеть проявление нового космического сознания у под-

растущего поколения, зрелость его философской мысли и оригинальность выражения мыслей языком художественных образов.

В работах детей во всей широте и многообразии отразилось космическое ощущение Бытия, которое юные творцы несут в своем сердце. За пять лет существования проекта в нем приняли участие более 20 тысяч детей из 29 стран мира. По результатам конкурса Благотворительным фондом имени Е.И. Рерих был сформирован художественный фонд работ, которые без преувеличения можно назвать мировыми шедеврами детского художественного творчества на тему Космоса.

Неотъемлемым продолжением конкурса «Мы — дети Космоса» стали передвижные выставки лучших работ, проводимые Фондом имени Е.И. Рерих во многих регионах России, а также других странах. За пять лет прошло около 70 таких выставок, в том числе, на самых статусных выставочных площадках. Они собирают тысячи посетителей. К примеру, выставочный зал г. Междуреченска посетило более 2000 человек, в г. Новокузнецке рисунки детей просмотрело около 1000 зрителей, в г. Юрge — более 5000, а в г. Борисове (Беларусь) — более 2000 посетителей. Многолетний опыт конкурса «Мы — дети Космоса» позволяет говорить о том, что при решении и постановке серьезных философских и мировоззренческих проблем детское художественное творчество дает возможность наиболее полно раскрыть и понять внутренний мир ребенка, выявить уровень его сознания, получить ценные сведения о духовных накоплениях, ценностных ориентирах и внутренних знаниях детей.

## Литература

- [1] Детство — это высокая философия. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=ZTgGWW00fKw> (дата обращения 10.12.2021).
- [2] Акимов А.Е. Дети Света, учителя Света // Дети нового сознания: матер. Междунар. науч.-обществ. конф. 2006. М.: Международный центр Рерихов, 2007.
- [3] Бондарев Л. Сочинялки: задачи и нездачи. Феодосия, 2010. 156 с.
- [4] Художник Василий Шевчук: «русский Брейгель». URL: <https://zen.yandex.ru/media/zhvopis/hudojnik-vasilii-shevchuk-russkii-breigel-603e0e8d8da63757af05e689> (дата обращения 10.10.2021).
- [5] Рерих Н.К. Держава Света; Священный дозор. Рига: Виеда, 1992. 285 с.
- [6] Бердяев Н.А. Философия творчества, культуры и искусства: в 2 т. Т. 2. М.: Искусство, 1994. С. 302.
- [7] Шапошникова Л.В. Исторические и культурные особенности нового космического мышления / Объединенный научный Центр проблем космического мышления. М.: Международный центр Рерихов, 2005. С. 5–41.
- [8] Лотман Ю.М. О природе искусства. URL: <https://www.artcontext.info/articles-about-art/349-lotman-iskusstvo.html> (дата обращения 10.12.2021).
- [9] Космическая галерея. URL: [https://www.found-helenaroerich.ru/gallery/childrens\\_gallery/pictures-2019.php?sphrase\\_id=297](https://www.found-helenaroerich.ru/gallery/childrens_gallery/pictures-2019.php?sphrase_id=297) (дата обращения 10.12.2021).
- [10] Мы — дети Космоса: каталог IV Междунар. конкурса детского рисунка на тему «Симфония великого Космоса». М.: Благотворительный фонд имени Е.И. Рерих, Международный центр Рерихов, 2021.
- [11] Мы — дети Космоса: каталог II Междунар. конкурса детского рисунка на тему «Космос глазами сердца». М.: Благотворительный фонд имени Е.И. Рерих, Международный центр Рерихов, 2018.
- [12] Мы — дети Космоса: каталог III Междунар. конкурса детского рисунка на тему «Красота — основа Космоса». М.: Благотворительный фонд имени Е.И. Рерих, Международный центр Рерихов, 2019.

## Cosmos by Cosmos

**Zhuravikhin Pavel Mihailovich**

rpx@yandex.ru

*The Charitable Foundation named after Helena Roerich*

*The report provides an overview of an International contest “We are the Children of the Cosmos,” the only one aimed at promotion and development of children’s creativity reflecting a cosmic vision of the world also known as cosmism. The article summarizes the experience of the contest, analyses peculiarities of young painters’ worldview, presenting the most outstanding examples of children’s art on a cosmic theme. The author summarizes the results of the travelling exhibitions of the best artworks of the contest held in Russia and abroad. The report highlights new methodological approaches to organization of contests of children’s art, which are based on the experience of the Charitable Foundation named after Helena Roerich within the target programme Support for young talents in the field of science and art.*

**Keywords:** contest, children's drawing, *Cosmos*, exhibition, cosmism, cosmic worldview, a new thinking, culture, Roerich

### References

- [1] Detstvo — eto vysokaya filosofiya [Childhood is a high philosophy]. Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=ZTgGWW00fKw> (accessed December 10, 2021). (In Russ.).
- [2] Akimov A.E. Deti Sveta, uchitelya Sveta [Children of Light, teachers of Light]. Deti novogo soznaniya: mater. Mezhdunar. nauch.-obshchestv. konf. [Children of the new consciousness: mater. International scientific societies. Conf.]. 2006. Moscow, Mezhdunarodnyi tsentr Rerikhov Publ., 2007.
- [3] Bondarev L. Sochinyalki: zadachi i nezadachi [Composing books: tasks and misadventures]. Feodosiya, 2010, 156 p. (In Russ.).
- [4] Khudozhnik Vasilii Shevchuk: "russkii Breigel" [Artist Vasily Shevchuk: "Russian Brueghel"]. Available at: <https://zen.yandex.ru/media/zhivopis/hudojnik-vasilii-shevchuk-russkii-breigel-603e0e8d8da63757af05e689> (accessed December 10, 2021). (In Russ.).
- [5] Rerikh N.K. Derzhava Sveta; Svyashchennyi dozor [The Power of Light; The Sacred Watch]. Riga, Vieda Publ., 1992, 285 p. (In Russ.).
- [6] Berdyayev N.A. Filosofiya tvorchestva, kul'tury i iskusstva [Philosophy of creativity, culture and art]: in 2 vols. Vol. 2. Moscow, Iskusstvo Publ., 1994, p. 302. (In Russ.).
- [7] Shaposhnikova L.V. Istoricheskie i kul'turnye osobennosti novogo kosmicheskogo myshleniya [Historical and cultural features of the new cosmic thinking]. Ob"edinennyi nauchnyi Tsentr problem kosmicheskogo myshleniya [United Scientific Center for Problems of Cosmic Thinking]. Moscow, Mezhdunarodnyi tsentr Rerikhov Publ., 2005, pp. 5–41. (In Russ.).
- [8] Lotman Yu.M. O prirode iskusstva [On the nature of art]. Available at: <https://www.artcontext.info/articles-about-art/349-lotman-iskusstvo.html> (accessed December 10, 2021). (In Russ.).
- [9] Kosmicheskaya galereya [Space gallery]. Available at: [https://www.found-helenaroerich.ru/gallery/childrens\\_gallery/pictures-2019.php?sphrase\\_id=297](https://www.found-helenaroerich.ru/gallery/childrens_gallery/pictures-2019.php?sphrase_id=297) (accessed December 10, 2021). (In Russ.).
- [10] My — deti Kosmosa: katalog IV Mezhdunar. konkursa detskogo risunka na temu "Simfoniya velikogo Kosmosa" [We are the children of the Cosmos: catalog IV International. children's drawing contest on the theme "Symphony of the Great Cosmos"]. Moscow, Blagotvoritel'nyi fond imeni E.I. Rerikh, Mezhdunarodnyi tsentr Rerikhov Publ., 2021. (In Russ.).
- [11] My — deti Kosmosa: katalog II Mezhdunar. konkursa detskogo risunka na temu "Kosmos glazami serdtsa" [We are the children of Space: Catalog II International. children's drawing contest on the theme "Cosmos through the eyes of the heart"]. Moscow, Blagotvoritel'nyi fond imeni E.I. Rerikh, Mezhdunarodnyi tsentr Rerikhov Publ., 2018. (In Russ.).
- [12] My — deti Kosmosa: katalog III Mezhdunar. konkursa detskogo risunka na temu "Krasota — osnova Kosmosa" [We are the children of the Cosmos: Catalog III International. children's drawing contest on the theme "Beauty is the basis of the Cosmos"]. Moscow, Blagotvoritel'nyi fond imeni E.I. Rerikh, Mezhdunarodnyi tsentr Rerikhov Publ., 2019. (In Russ.).

---

УДК 665.5

## Космос — в аромате, аромат — во флаконе

Костюк Ярослав Николаевич

magadan55@mail.ru

Ветеран космонавтики

*Рассмотрен обзор отечественной парфюмерии (одеколонов и духов), выпущенных советскими парфюмерными фабриками и комбинатами, а также некоторых изделий парфюмерной промышленности современной России. Наряду с производителем указывается название и парфюмер — автор ароматов (если он известен),дается описание флакона и футляра (коробки), приводятся некоторые значимые характеристики (объем флакона, объемная концентрация аромата). Информация будет познавательна всем интересующимся историей космонавтики, историей парфюмерии, а также коллекционерам.*

**Ключевые слова:** Юрий Гагарин, парфюмерия, духи, одеколон, ракета, флакон, космос, спутник

Рассмотрен обзор отечественной парфюмерии (одеколонов и духов), выпущенных советскими парфюмерными фабриками и комбинатами, а также некоторых изделий парфюмерной промышленности современной России. Наряду с производителем указывается название и парфюмер — автор ароматов (если он известен),дается описание флакона и футляра (коробки), приводятся некоторые значимые характеристики (объем флакона, объемная концентрация аромата). Информация будет познавательна всем интересующимся историей космонавтики, историей парфюмерии, а также коллекционерам.

Если тема ароматов сама по себе представляет интерес для многих, то тема Космоса и космонавтики в парфюмерии, в силу своей малоизученности, не менее интригующая и захватывающая! В данном очерке дается краткий обзор отечественной парфюмерной продукции (духов и одеколонов), которая была создана в память о значимых событиях, связанных с запусками спутников, космических станций и пилотируемых космических кораблей. Оставим узким специалистам такие специфические понятия, как ольфакторная пирамида и ноты ароматов, и остановимся на историческом аспекте, а также красоте и форме самих флаконов и футляров [1–9].

С момента запуска Первого искусственного спутника Земли прошло более 60 лет. К сожалению, многие парфюмерные фабрики и комбинаты, работавшие на территории СССР, прекратили свое существование, их архивы стали малодоступны или вообще утеряны, что делает проблематичным установить хронологию выпуска парфюмерной продукции, периоды и объемы производства. Да и непосредственных участников, разрабатывавших композиции ароматов, дизайн флаконов, стопперов (притертых пробок), упаковочных футляров и красочных рекламных буклетов, практически уже не найти.

Во времена СССР парфюмерная продукция на космическую тему создавалась на многих фабриках: в Москве, Ленинграде, Риге, Таллине, Львове, Харькове, Николаеве, Симферополе, Свердловске, Казани, Тбилиси [1]. Зарубежные парфюмеры отметились всего несколькими разработками, самой известной из них стал совместный (США–СССР) проект 1975 года «ЭПАС» [2]. Последние десять лет появилось несколько новинок, выпущенных на российских предприятиях, в т. ч. в Подмосковье, Ставропольском крае, Казани. Ряд зарубежных стран (США, Италия, Франция, ОАЭ, Аргентина) отметились некоторыми выпусками парфюмерии, названия которых больше тяготели к звездам и планетам.

Запуск в СССР 4 октября 1957 года Первого Спутника потряс всех. Через месяц, 3 ноября был запущен «Спутник-2» с собакой «Лайкой» на борту, а через год, 15 мая 1958 года был запущен «Спутник-3». Осенью 1958 года московская фабрика «Новая Заря» выпустила свой шедевр — духи «**Спутник**». Футляр представлял собой темно-синюю картонную коробку в форме параллелепипеда ( $7,5 \times 10 \times 5$  см), с изображением на верхней крышке трех спутников, летящих в звездном пространстве [3]. Для большего эффекта спутники и звезды были золотого цвета, а откидывающийся верх футляра также был отделан изнутри в стиле звездного неба! Ложе для флакона было сделано из синего искусственного бархата и скреплялось голубой лентой с верхней крышкой, а дно выстипалось яркой золотистой фольгой. Сам флакон духов тоже производил впечатление: шарик из матового стекла в виде «приплюснутого» глобуса высотой 7 см с рельефными параллелями и меридианами, континентами и океанами. Конусообразная этикетка из золотой фольги, стилизованная под спутник, помещалась прямо на «карте» СССР на передней стенке флакона. Пробка представляла собой винтовой латунный колпачок с мягкой прокладкой. На коробке имелась надпись: «Духи **Спутник**, фабрика «Новая Заря», цена 4 р. 50 к.». В рекламных каталогах указывался объем духов — 43 см<sup>3</sup>. У некоторых коллекционеров винтажной парфюмерии еще хранятся (обязательно в темном прохладном месте!) экземпляры первых выпусков (духи выпускались до середины 60-х годов) с запечатанными флаконами и этикеткой на дне флакона с указанием месяца и года изготовления. Еще один оригинальный по дизайну комплект (флакон + футляр) создали на «Новой Заре», это духи «**В космос**» (объем 46 см<sup>3</sup>). Конусообразный футляр из голубого материала, на котором изображены золотые звезды (вариант — темно-синий футляр с белыми звездами), смотрится, как колпак древнего звездочета. Матовый стеклянный флакон сделан в виде шара, на поверхности которого объемно просматриваются звездочки и летящая ракета. Сам флакон запечатывался для герметизации металлическим капсюлем желтого цвета с красивым вензелем и названием фабрики, к горлышку флакона на резинке крепилась красивая грибовидная притертая пробка, на которой явно с намеком был нанесен профиль пятиконечной звезды. Цена духов была 5 р.20 к., но они были малодоступны, а сейчас полный комплект (флакон с пробкой и в футляре) является желанной мечтой для коллекционеров винтажной парфюмерии, особенно космической тематики [4].

12 апреля 1961 года с космодрома Байконур ракета-носителем «Восток» был выведен в космос космический корабль «Восток-1» с Юрием Гагарином, который стал первым человеком в мировой истории, совершившим полет в космос. Парфюмеры тоже отметили это эпохальное событие [5]. На московской фабрике «Новая Заря» были выпущены духи «**Слава**», посвященные Юрию Гагарину! Автором аромата, созданного на основе ландыша, являлась парфюмер Алла Григорьевна Бельфер (1937–2009), которая на протяжении двадцати лет была Председателем Дегустационного совета парфюмеров «Союзпарфюмерпрома», избранная в члены французского Общества парфюмеров! Для духов «Слава» был разработан дизайнерами и изготовлен оригинальный шестигранный хрустальный флакон конусовидной формы. Флакон закрывался хрустальным стоппером (притертой пробкой) в виде маленького остроконечного шестигранника, а все изделие смотрелось как одно целое — устремленная ввысь ракета! Именно такой флакон Леонид Ильич Брежnev подарил Индире Ганди. Духи были концентрированными — содержали 50 % композиции. Известно два вида футляра для этих духов. Первый — в виде тубуса (вертикального цилиндра) бело-кремового цвета, в верхней части которого золотом было нанесено название, а в нижней части — пять золотых окружностей; дно подложки было выложено синим

искусственным бархатом. Другой, более редкий футляр — в виде параллелепипеда (белый снаружи и голубой внутри) с откидывающейся передней частью. Цена духов «Слава» была 10 рублей! Примечательно, что для широких масс были выпущены «пробники» — стеклянные флакончики кубической формы объемом 5 мл. В зависимости от года выпуска они отличались разной формой золотых этикеток спереди, где указывались название и цена (1 р. 20 к.), а также формой пластиковой винтовой пробки (цилиндрической или грибовидной формы).

Полету Германа Титова, состоявшемуся 6-7 августа 1961 года, были посвящены духи под названием «Восток-2», правда отличалась на этот раз Свердловская парфюмерная фабрика, представив свое творение в виде небольшого стеклянного флакончика («Цена 1 р. 20 к.») высотой 7 см плоской формы (дно — эллиптической формы), который закрывался синей винтовой пробкой и напоминал миниатюрную флягу. Просто смотрелась и синяя картонная коробочка прямоугольной формы: на лицевой стороне была изображена ракета, облетающая земной шар, причем территория СССР была выделена красным цветом, моря и океаны — синим, все остальное — черным! По центру крупно выделялась надпись «Восток-2». Можно предположить, что саму коробочку изготовили в г. Калуге, судя по надпечатке на верхнем клапане («Лит. г. Калуга»). Свердловчане выпустили еще два наименования духов в схожем исполнении, но отличающиеся по стоимости: «К звездам» (цена 1р. 20 к.) и «Лунник» (цена 70 к.). Оба флакончика одинаковы, но отличались картинками на коробочках синего цвета. На первой изображена летящая на фоне звезд ракета (больше напоминающая реактивный самолет!), вверху слева от которой была изображена Луна, а внизу — крупная надпись: «К звездам». На второй коробочке мы видим устремленную к Луне (на поверхности которой отчетливо просматриваются кратеры) ракете с нарисованной красной пятиконечной звездой, а внизу — крупная надпись «Лунник».

Интересно отметить соревнование между двумя основными парфюмерными фабриками того времени: «Новая Заря» (Москва) и «Северное сияние» (Ленинград), выпустившие практически в одно время новинки под одним названием «Восток», но разные по составу и концентрации (одеколон и духи, соответственно)! Известен автор композиции московского одеколона «Восток», это Сильверстова Е.В. «Новая заря» не стала отступать от традиций и создала схожий с духами «Слава» хрустальный флакон конусообразной формы высотой 22 см, но уже с 8-ю гранями, и стоппером в виде остроконечного шестигранника. Как правило, место соединения флакона и стоппера для герметизации закрывалось бодрюшем (газонепроницаемой тонкой пленкой-мембранный) и перевязывалось канителю (тонкой металлической нитью) для скрепления двух частей и подтверждения того, что флакон не вскрывался. Концы канители запечатывались конусообразной этикеткой из фольги золотого цвета! Схожий с «гагаринским» был и футляр — вертикальный бело-кремовый тубус из картона, с золотыми изображениями Земли, месяца, звезд, летящей ракеты ВОСТОК и надписью ОДЕКОЛОН. Подложка для устойчивости флакона имела форму восьмигранника и была окрашена в золотистый цвет.

Ленинградцы сделали футляр для своих духов «Восток» более оригинальным. Внешняя коробка серого цвета напоминала пирамиду, на трех сторонах которой были видны звезды и расходящиеся пучки прямых линий — «следы» улетающих ракет. При ее снятии, внутренняя конструкция футляра, состоящая из трех граней (окрашенных в серый цвет снаружи и в красный изнутри!), распадалась на три части наружу, имитируя «разброс» опор под действием противовесов на пусковой установке при старте ракеты! Сам флакон, высотой 14 см, с черным пластмассовым конусо-

образным колпачком, вставлялся в круглую подставку, внутренний профиль которой был сделан в виде шестигранника. Вся конструкция вызывала ассоциацию с ракетой на старте, о чём напоминала позолоченная этикетка (Духи «ВОСТОК»)!

16 июня 1963 года на космическом корабле «Восток-6» в космос полетела Валентина Терешкова, и это событие было отмечено сразу двумя выпусками духов группы «Экстра». Московская фабрика «Новая Заря» представила духи «Ярославна» (объёмом 29 см<sup>3</sup> и ценой 15 руб.), название которых указывало на родные места первой женщины-космонавта. Специально в г. Гусь-Хрустальный был изготовлен на заказ граненный флакон из хрусталя. Многими отмечалось сходство флакона с ракетой, верх которого плотно закрывался заостренным конусообразным стоппером; другие находили сходство флакона с силуэтом девичьей фигуры в высоком кокошнике. Флакон укладывается в белоснежный ромбовидный футляр, отделанный шелком, на верхней крышке которого была изображена лавровая ветвь; в раскрытом виде форма футляра напоминала крылья чайки, ложемент был отделан темно-синим бархатом, подложка — фольгой золотого цвета. Из фабричных каталогов известны авторы композиции духов, это: Грибанова В., Данилова Л., Иванов П., Меркулова В., Шиманская У., Бельфер А. В 1978 году духи «Ярославна» были отмечены Золотой медалью и дипломом Международной выставки в г. Лейпциг. Мини-флакончики («ц. 1 р. 20 к.») «Ярославны» и «Славы» иногда можно найти в продаже в Интернете, как по отдельности, так и в составе подарочных мини наборов.

Ленинградская фабрика «Северное сияние» тоже отличилась, разработав духи «Чайка» (такой позывной был у В. Терешковой). Коробка для духов выглядела просто (на желтом фоне было нанесено название и золотистые знаки в виде трехлучевых звезд), а вот стеклянный флакон с большим и широким стоппером был интересный: по форме — параллелепипед со скосенными вверх гранями, и этим напоминал фигуру человека. С одной стороны, флакон скорее был похож на букву «Т», с другой стороны, ассоциировался с летящей птицей. Кстати, многие коллекционеры отмечали хрупкость Т-образного стоппера, который часто обламывался. Не избежал этой участи и мой экземпляр, но нашлась со временем замена (когда в коллекции другого собирателя разбрёлся флакон «Чайки», и его хозяйка выставила целый стоппер на продажу в Интернет!). Эти духи не часто появлялись на прилавках магазинов и шли в основном на экспорт или в качестве представительских подарков. Более доступными были миниатюрные пробники (объемом 6,5 см<sup>3</sup>): «Ярославна» во флакончиках плоской или кубической формы, «Чайка» — в виде цилиндра.

12 октября 1964 года состоялся полёт первого в мире многоместного экипажа на корабле «Восход-1» в составе: В. Комаров, К. Феоктистов, Б. Егоров. Возможно, именно эта дата стала отправной точкой для создания духов «Восход» (почему не одеколон?!). Флакон из матового стекла имел форму в виде приплюснутого эллипсоида и закрывался белым завинчивающимся пластмассовым колпачком в виде восьмигранника. Духи помещались в пластиковый футляр бирюзового цвета, основание которого имело металлические полозья, по которым флакон «въезжал» внутрь футляра, как на пьедестал.

Если вышеописанные духи изготавливались после известных событий (запуска космических аппаратов), то совместный выпуск оригинальной парфюмерной продукции под названием «ЭПАС» готовился заранее. 24 мая 1972 года Соглашением между СССР и США о сотрудничестве в исследовании и использовании космического пространства в мирных целях была утверждена программа совместного экспериментального полета советского космического корабля «Союз-19» и американского

космического корабля «Аполлон», сами идеи полета зародились еще в 1970 году. Старт кораблей произошел 15 июля 1975 года, астыковка — через два дня, 17 июля. Именно в этот день одновременно в СССР и США (а также в странах, где были представительства корпорации «Ревлон») поступила в продажу парфюмерная продукция под названием «ЭПАС». Аромат (группа Экстра) был разработан на фабрике «Новая заря» с использованием французских компонентов, упаковка и флаконы — парфюмерно-косметической фирмой «Ревлон» (г. Бронкс, США).

Совместные работы начались в сентябре 1974 года и завершились выпуском двух партий флаконов по 100 тысяч штук, причем в СССР продавались духи (50 мл), в США — концентрированный одеколон (66 мл, 70 %). Флаконы обеих партий немного отличались по высоте (одеколон — 16 см, духи — 15,5 см), имели сливовидную форму, были сделаны из матового стекла с вертикальными прорезями и завинчивались остроконечной пробкой золотистого цвета. На дно флакона приклеивалась круглая золотистая этикетка с указанием названия аромата и производителя, а сам флакон укладывался в горизонтальный ложемент из синего бархатистого материала и помещался в коробочку серого цвета. На клапане коробки с духами стояла дата и стоимость («7-75 ц.35р»), на коробке — круг из серебряной фольги с изображением земного шара с летящими космическими кораблями и их названиями. Одеколон упаковывался в две схожих по оформлению коробки (одна в другую). К флаконам прикладывались небольшие двусторонние рекламные буклеты с описанием на русском и английском языке. В коробочке с одеколоном, который имеется в моей коллекции, есть газетная вырезка из срочного выпуска «The Evening Bulletin» от 15 июля 1975 года, в которой сообщалось о поступлении в продажу нового одеколона «EPAS» и истории его создания.

Но были в истории советской парфюмерии ароматы, названия которых отображали общий интерес к космосу, звездам, планетам, вселенной. Это выражалось или в «космической» форме флакона и оформлении футляра, или в специфическом названии.

«Новая заря» (Москва) выпускала духи «Сувенир» в стеклянном флаконе ( $h = 11$  см) в виде пирамиды с объемными изображениями летящей ракеты со шлейфом из 4-х линий и звездами, футляром служил ярко-красный тубус с изображением орнамента и праздничного салюта в Москве.

В 70-х годах «Северное сияние» (Ленинград) выпустило духи «Марсианка» (автор — парфюмер Лакоткина Вера Александровна) в хрустальном флаконе в форме трапеции и с притертым массивным стоппером; вертикальный футляр белого цвета с черными изломанными линиями, повторяющими очертания флакона. Позднее, в 80-х годах на флаконе появилась новая трапецеидальная синяя этикетка с экзотическим цветком, острые лепестки которого напоминали огненный след летящей ракеты, такая же картинка появилась и на новой коробке синего цвета.

Не менее красивыми и оригинальными стали духи «Эра», созданные на фабрике «Новая Заря», к названию которых можно смело добавить слово «космическая»: коробка из синего материала со скосенными двумя противоположными углами, ложемент выложен золотой фольгой с тиснением в виде звездочек, на внутренней стороне поднимающейся верхней крышке — золотая звезда с названием духов. Нестандартный флакон с двумя скосенными углами и гравировками в виде взлетающей вверх ракеты на передней стенке и звезды на стоппере.

Одним из самых запоминающихся изделий, созданных в восьмидесятые годы на комбинате «Алые паруса» (Николаев), был одеколон «Лунный камень» (группа Экстра). Флакон выглядел как трапеция, суживающаяся к низу, стенки украшались

кругами разного диаметра, горлышко закрывалось большой винтовой пробкой из пластмассы. Схожим был и футляр в виде черного тубуса с изображениями золотых кругов, напоминающих лунные кратеры!

Харьковская парфюмерно-косметическая фабрика выпустила парфюмерный набор «Межпланетный» с духами «Спутник» и «Ракета» во флаконах, стилизованных под ракеты. Не менее редкими были харьковские духи «Подарунок» («Подарок») в вытянутом вверх флаконе, на передней стороне которого была выпукло изображена взлетающая ракета в клубах огня.

Ряд парфюмерных фабрик ограничились бюджетными выпусками в стандартных флаконах с простыми этикетками. Одеколон «Межпланетный» выпустило небольшое предприятие в г. Золотоноша (Черкасская обл.). Одеколон «Юпитер», на этикетке которого угадывалось изображение крупнейшей планеты Солнечной системы, произвели на фабрике «Красная гвоздика» (Львов), а одноименные духи — в Краснодаре. Одеколон «Орион» выпускала фабрика «Северное сияние», а духи с этим же названием — «Алые паруса» (Николаев).

Более скромное оформление стала делать в 80-е годы и московская фабрика «Новая заря». Одеколон «Орбита», хотя и был группы Экстра, но этикетку имел довольно простую, в одеколоне «В полет» старую этикетку переделали на новый лад, заменив изображение самолета на ракету. В простом исполнении были духи и одеколон под названием «Космос», которые сделали в советские времена московские парфюмеры.

Были небольшие простенькие флакончики с духами «Эра» («Новая заря», Москва), «Венера» («Алые паруса», Николаев). Тбилисская фабрика «Иверия» поместила цилиндрический флакончик с духами «Звездочка» в вертикальную зеленую коробочку, украшенную многолучевыми звездочками. Такой же флакон и коробочку имели духи, которые выпустили в Москве и Николаеве; часто многие разработки главных парфюмерных фабрик передавались региональным производителям. Духи «Звездопад» в стеклянном цилиндре и простенькой коробочке создали на фабрике «Крымская роза» (Симферополь).

Но это все продукция из времен СССР. А что сделано после, уже в России? Подмосковная фирма «Парфюм Стиль» (г. Электрогорск) сделала недорогой одеколон для мужчин «Космос», поместив его в коробку, по форме и внешнему виду имеющую большое сходство с одноименной пачкой сигарет. Другое подмосковное предприятие, «Арома Пром» (г. Дедовск) в 2006 и 2010 годах выпустило туалетную воду (100 мл, 79%) двух наименований: «Satellite» («Спутник») и «Galaxy» («Галактика»). Оба флакона-спрея были схожи по форме, но первый выглядел эффективнее (название и глобус были прорисованы серебром на голубом фоне), на втором флаконе красовалось только название.

Отмечая юбилейную дату полета в космос Юрия Гагарина, фирма «АБАР» (г. Минеральные воды) произвела недорогой одеколон-спрей «Первый» голубого цвета, причем в продажу поступили флаконы в двух вариантах: в виде цилиндра и в виде прямоугольного параллелепипеда с простой завинчивающейся пробкой. Судя по маркировке (ТР ТС 009/2011 ГОСТ 31678–2012) и сроку годности (до 11.2023 года) одеколон разработали в 2011 году, а произвели не ранее 2012 года. На этикетке в верхней части помещено изображение космонавта № 1 в гермошлеме, в середине — сведения об изготовителе, составе одеколона (82 мл, спирт 60%) и способе применения (!).

Более значимым оказался проект, который представил в августе 2017 Сергей Нерушай, президент компании Sergio Nero [6]. Речь идет о лимитированных подарочных ароматах: одеколоне «Sputnik» («Спутник») и духах «Red Moon» («Красная

Луна»), которые не были в продаже, а предназначались только для подарков космонавтам, специалистам ракетно-космической отрасли [7]. Композиции ароматов были разработаны при сотрудничестве с ведущими парфюмерными домами Франции и Германии, консультантом выступала московский парфюмер Жанна Гладкова. Вид флаконов и упаковки разработали московские дизайнеры, а сами ароматы разлиты во флаконы компанией «Аромат» (г. Казань). На передней стороне строгого флакона-спрея (параллелепипед из стекла высотой 10 см) был схематически изображен спутник и название на английском языке, только на «мужском» флаконе (100 мл, 80%) надписи и картинка сделаны синим цветом, а на «женском» (50 мл, 85%) — красным. Футляры для ароматов, в каждый из которых вкладывался миниатюрный информационный листок, имели аналогичные расцветки, отличаясь лишь размером (с духами был меньше), деталями рисунка и некоторыми надписями. На передних стенках коробок на голограммической пленке выделялось название аромата на английском языке, на боковых стенках были две надписи: «Памяти Георгия Гречко, летчика-космонавта — 34» и «60 ЛЕТ со дня запуска первого в мире искусственного спутника Земли». Здесь следует пояснить, что памятная надпись появилась после того, как в апреле 2017 года ушел из жизни Георгий Гречко, с которым Сергея Нерушая связывала дружба и общие профессиональные интересы.

Летом 2021 года корпорация «Мегакосм» (Санкт-Петербург) представила коллекцию из трех ароматов: «**Марс**», «**Луна**» и «**Земля**» (мужской, женский и унисекс) [8]. Парфюмерной частью проекта занималась Галина Анни (Москва). Ароматы были произведены во Франции. Флаконы в виде шаров из костяного фарфора ручной работы были изготовлены компанией «Арт-Виа» (Санкт-Петербург) и расписаны по эскизам петербургского художника Константина Казанцева, в узнаваемые цвета (оранжевый, серый и голубой). Духи (100 мл, 80%) разлиты во флаконы компанией «Арома Пром» (Московская обл.). Футляры — кубы черного цвета, вверху — цветной рисунок, соответствующий цвету шара. Изготовители обещают продолжить проект, дополнив коллекцию ароматов новыми планетами, спутниками и звездами.

Не все достижения прошлой и нынешней космонавтики, даты, события и люди были запечатлены в отечественной парфюмерии. Хотя история мировой пионерируемой космонавтики впечатляющие! [9]. Лично я надеюсь, что появятся одеколоны, посвященные памяти С.П. Королева и других выдающихся деятелей науки и техники. А пока приходится удивляться новым разработкам зарубежных производителей, которые тоже включились в «космическую» гонку, выпустив ряд ароматов, посвященных космонавтике, астрономии, порой с довольно провокационными названиями и ароматами: «**Eau de Space**» («Космическая вода»), «**Eau de Luna**» («Лунная вода»), «**Equation**» («Уравнение», духи, посвященные К.Э. Циолковскому и его мечтам о полетах на Марс), «**Spacewalk**» («Выход в открытый космос»).

Как это ни прискорбно, ароматы недолговечны и имеют свой жизненный срок, зависящий от условий хранения и хрупкости флакона. При этом многим из нас хочется, чтобы они сопровождали нас по жизни всегда.

## Литература

- [1] Долгополова Н.А. Парфюмерия в СССР. В 2 кн. М.: ГАЛАРТ, 2016. 600 с.
- [2] Borisov S. ЭПАС: история космического рукопожатия. Fragrantica. URL: <https://www.fragrantica.ru/news/%D0%AD%D0%9F%D0%90%D0%A1-%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8F-%D0%BA%D0%BE%D1%81%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B3%D0%BE>

- %D1%80%D1%83%D0%BA%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%B6%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%8F-6969.html (дата обращения 12.12.2021).
- [3] Власова В. Парфюмерия СССР: СПУТНИК, Новая Заря. Fifi.ru. URL: <https://fifi.ru/parfyumeriya-sssr-sputnik-novaya-zarya.html> (дата обращения 12.12.2021).
- [4] Космическая тема в советской парфюмерии. Livejournal.com. URL: <https://soviet-perfume.livejournal.com/7203.html> (дата обращения 12.12.2021).
- [5] Гнеушева Н. Тема космоса в парфюмерии СССР. Spellsmell.ru. URL: <https://www.spellsmell.ru/articles/10495-tema-kosmosa-v-parfyumerii-sssr/> (дата обращения 12.12.2021).
- [6] «Космическая» парфюмерия в честь покорителей Вселенной. Msbfond.ru. URL: [http://msbfond.ru/about/news/kosmicheskaya\\_parfyumeriya/](http://msbfond.ru/about/news/kosmicheskaya_parfyumeriya/) (дата обращения 12.12.2021).
- [7] Куценцов П. Космос в изящном флаконе. Aromo.ru. URL: <https://aromo.ru/articles/reviews/kosmos-v-izyashchnom-flakone/> (дата обращения 12.12.2021).
- [8] VVG. MegaCosm — самый загадочный парфюмерный запуск в России. Kosmetista.ru. URL: <https://kosmetista.ru/blog/news/118721-megacosm-samyj-zagadochnyyj-parfyumernyyj-zapusk-v-r.html> (дата обращения 12.12.2021).
- [9] Афанасьев И.Б., Батурина Ю.М., Белозерский А.Г., Иванов И.А., Лазуткин А.И., Лантратов К.А., Лисов И.А., Лукашевич И.П., Маринин И.А., Марков А.Е., Прыгачев Т.В., Шамсутдинов С.Х. Мировая пилотируемая космонавтика. История. Техника. Люди. М.: РТСофт, 2005. 752 с.

## The Cosmos — in the Fragrance, the Fragrance — in the Bottle

**Kostyuk Yaroslav Nikolaevich**

magadan55@mail.ru

**Veteran of astronautics**

*The article provides an overview of domestic perfumes (colognes and perfumes) produced by Soviet perfume factories and factories, as well as some products of the perfume industry of modern Russia. Along with the manufacturer, the name and the perfumer — the author of the fragrances (if he is known) are indicated, a description of the bottle and the case (box) is given, some significant characteristics are given (the volume of the bottle, the volume concentration of the fragrance). The information will be informative to everyone interested in the history of cosmonautics, the history of perfumery, as well as collectors.*

**Keywords:** Gagarin, perfume, space, rocket, perfume bottle, cologne, perfumery, Sputnik

## References

- [1] Dolgopolova N.A. Parfyumeriya v SSSR [Perfumery in the USSR]. In 2 b. Moscow, GALART Publ., 2016. 600 p. (In Russ.).
- [2] Borisov S. EPAS: istoriya kosmicheskogo rukopozhatiya [EPAS: The history of the Cosmic Handshake]. Fragrantica. URL: <https://www.fragrantica.ru/news/%D0%AD%D0%9F%D0%90%D0%A1%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8F-%D0%BA%D0%BE%D1%81%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B3%D0%BE-%D1%80%D1%83%D0%BA%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%B6%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%8F-6969.html> (accessed December 12, 2021). (In Russ.).
- [3] Vlasova V. Parfyumeriya SSSR: SPUTNIK, Novaya Zarya [Perfumery of the USSR: SPUTNIK, New Dawn]. Fifi.ru. URL: <https://fifi.ru/parfyumeriya-sssr-sputnik-novaya-zarya.html> (accessed December 12, 2021). (In Russ.).
- [4] Kosmicheskaya tema v sovetskoy parfyumerii [The cosmic theme in Soviet perfumery]. Livejournal.com. URL: <https://soviet-perfume.livejournal.com/7203.html> (accessed December 12, 2021). (In Russ.).
- [5] Gneusheva N. Tema kosmosa v parfyumerii SSSR [The theme of space in the perfumery of the USSR]. Spellsmell.ru. URL: <https://www.spellsmell.ru/articles/10495-tema-kosmosa-v-parfyumerii-sssr/> (accessed December 12, 2021). (In Russ.).

- 
- [6] "Kosmicheskaya" parfyumeriya v chest' pokoriteley Vselennoy ["Cosmic" perfumery in honor of the conquerors of the Universe]. Msbfond.ru. URL: [http://msbfond.ru/about/news/kosmicheskaya\\_parfyumeriya/](http://msbfond.ru/about/news/kosmicheskaya_parfyumeriya/) (accessed December 12, 2021). (In Russ.).
  - [7] Kuznetsov P. Kosmos v izyashchnom flakone [Space in an elegant bottle]. Aromo.ru. URL: <https://aromo.ru/articles/reviews/kosmos-v-izyashchnom-flakone/> (accessed December 12, 2021). (In Russ.).
  - [8] VVG. MegaCosm — samyy zagadochnyy parfyumernyy zapusk v Rossii [VVG. MegaCosm — the most mysterious perfume launch in Russia]. Kosmetista.ru. URL: <https://kosmetista.ru/blog/news/118721-megacosm-samyy-zagadochnyy-parfyumernyy-zapusk-v-r.html/> (accessed December 12, 2021). (In Russ.).
  - [9] Afanas'ev I.B., Baturin Yu.M., Belozerskiy A.G., Ivanov I.A., Lazutkin A.I., Lantratov K.A., Lisov I.A., Lukashevich I.P., Marinin I.A., Markov A.E., Prygichev T.V., Shamsutdinov S.Kh. Mirovaya pilotiruemaya kosmonavtika. Istoriya. Tekhnika. Lyudi [World manned cosmonautics. History. Technic. People]. Moscow, RTSoft Publ., 2005, 752 p. (In Russ.).

УДК 629.78

## Памятники, память и наследие. К 55-летию трагической гибели космонавта Владимира Комарова

Кузнецов Михаил Иванович

kmikmi@mail.ru

Союз развития наукоградов

Представлены материалы о полете космонавта В.М. Комарова на космическом корабле «Союз-1», его катастрофического приземления и гибели 24 апреля 1967 г. Приведены сведения об инициативном создании первого памятника на месте гибели героя-космонавта, перечислены имена авторов проекта памятника, описан процесс его изготовления, рассказано о митинге при его установке и открытии. Фотографии памятника сделаны автором летом 1968 г.

**Ключевые слова:** космонавт, Комаров, "Союз", аварийное приземление, памятник

1967 год, 50 лет Советской власти. Принято было к знаменательным датам делать подарки. Новый космический корабль, разработанный на смену «Восходу», начали испытывать «в полете». Его «обитаемый» запуск и рассматривался как подарок ракетно-космической отрасли к юбилею. Однако первые — беспилотные — пуски были неудачными.

Тем не менее было решено запускать «Союзы» с космонавтами. Было решено первым вывести на орбиту космический корабль с одним космонавтом. И в первом в «Союзе» полетит Владимир Комаров, как наиболее опытный. Его дублером был утвержден Юрий Гагарин. Вслед первому запускается второй «Союз» — с тремя космонавтами. На втором «Союзе» должны были лететь Валерий Быковский (командир корабля), Алексей Елисеев и Егений Хрунов. Корабли должны были состыковаться на орбите, два космонавта из второго корабля через открытый космос должны были перейти в первый и затем оба корабля возвращаются на землю.

Старт первого «Союза» с Комаровым состоялся рано утром 23 апреля 1967 г. и корабль успешно вышел на заданную орбиту. Но почти сразу пошел отказов. Не раскрылась одна из солнечных батарей, что не позволило произвести «закрутку» корабля с ориентацией солнечных батарей на солнце, произошел также отказ датчи-

ков ориентации. В сложившихся обстоятельствах было принято решение прервать программу совместного полета двух кораблей, отложить запуск второго корабля и возвратить «Союз-1» на землю. В связи с невозможностью автоматической ориентации корабля Комарову пришлось произвести сложную «нештатную» ориентацию корабля перед включением тормозных двигателей в ручном режиме.

Спуск начался вполне «штатно» и приземление по расчетам должно было состояться в Оренбургской области вблизи г. Орска. Однако целая серия отказов систем обеспечения снижения скорости спуска и торможения привели к аварийному приземлению. Корабль на большой скорости с нераскрытыми основным и запасным парашютами врезался в землю; произошел взрыв и корабль загорелся. Это произошло в 65 километрах от г. Орска примерно в трех километрах от поселка Карабутак Адамовского района. Удар был такой силы, что образовалась более чем полуметровая воронка и отдельные обломки корабля и аппаратуры разбросало вокруг.

Первыми к месту гибели Владимира Комарова прибежали жители поселка Карабутак, которые еще до прибытия группы спасателей начали тушить горевший сильно разрушенный корабль, забрасывая его землей. Это мало помогало, поскольку на корабле была неизрасходованная концентрированная перекись водорода, выделявшаяся при разложении свободный кислород. Фрагментированные и сильно обгоревшие останки Владимира Михайловича Комарова пришлось откапывать из под набросанной земли и извлекать из обломков корабля [1]. Они были сразу же увезены в Орск и отправлены самолетом Москву.

Останки В.М. Комарова, доставленные в Москву, кремировали и после церемонии прощания урна с прахом была захоронена в Кремлевской стене.

Форсажная ситуация приземления, взрывы, пожар, забрасывание разрушившегося горевшего корабля землей и поспешное откапывание, извлечение и срочная отправка в Москву только крупного сильно обгоревшего фрагмента останков — все это позволило впоследствии утверждать, что Комаров был «кремирован и похоронен в двух местах»: на месте катастрофы в степи у поселка Карабутак и в Кремлевской стене [2]. Характерно, что сразу после извлечения сохранившихся деталей, остатков конструкции и приборов на месте гибели Комарова в память о погибшем был насыпан небольшой холмик земли, которой забрасывали горевший корабль. По давней летной традиции заслуженный летчик-испытатель Сергей Анохин, сам готовившийся к полетам на кораблях «Союз», возложил на его вершину свою форменную фуражку.

Через несколько месяцев на месте крушения корабля и гибели космонавта был установлен памятник. Тогда использовался термин «obelisk». Его создали и установили военнослужащие технической ракетной базы 13-й ракетной дивизии (в/ч 68545) Оренбургского ракетного корпуса 11 июня 1967 года. Штаб дивизии располагался в военном городке п. Ясный соседнего Светлинского района. Впоследствии военный городок был переименован в пгт Домбаровский-3, а затем получил статус ЗАТО и название Комаровский в память о дважды герое Советского Союза В.М. Комарове. Соседний с местом аварийного приземления «Союза-1» совхоз «Карабутакский» тоже стал «имени В.М. Комарова».

Обращение в ЦК КПСС с предложением поставить на месте гибели героя-космонавта поддержки не получило. Памятник был спроектирован, изготовлен и установлен в инициативном порядке, что в те времена было почти невероятно. Автором эскиза и проекта памятника был рядовой Виктор Габлин, а работами по его изготовлению и установке руководил капитан Владимир Лисицкий [3]. На митинг после установки «памятника-обелиска» никто из «высокого начальства» не приехал. Но 24 апреля

1968 г. в годовщину гибели В.М. Комарова приехали вместе с вдовой космонавта Валентиной Яковлевной Комаровой генерал-полковник Николай Каманин, генерал-майор Евгений Карпов, летчики-космонавты Павел Беляев, Валерий Быковский, Олег Макаров, Павел Попович. Присутствовали также делегации командования Приволжского военного округа и Оренбургского ракетного корпуса во главе с генерал-лейтенантом Константином Цедриком и генерал-лейтенантом Геннадием Кашихом, командир ракетной дивизии генерал-майор Дмитрий Чаплыгин, первый секретарь Оренбургского обкома партии Александр Коваленко, первый секретарь Адамовского райкома партии Локтионов, представители ракетно-космической промышленности и науки.

Я был на месте гибели В.М. Комарова и сделал фотографию памятника летом 1968 г. В это время я был командирован ЦК ВЛКСМ для чтения лекций в Оренбургской области и меня специально привез к этому месту секретарь Адамовского райкома комсомола Костя Заиченко.

Памятник выполнен в виде параллелепипеда высотой около двух с половиной метров из нержавеющей стали, на передней поверхности которого изображен след взлетающего космического корабля, стилизованного под пятиконечную звезду, венчающую памятник. В верхней части памятника изображены две звезды героя и помечена фотография В.М. Комарова, а ниже женский профиль и надпись «Здесь 24.04.1967 г. погиб дважды герой Советского Союза летчик-космонавт В.М. Комаров»

Автор памятника обладал, несомненно, высоким художественным вкусом.

В 1982 г. памятник по решению властей был заменен на другой более масштабный и выполненный профессиональными скульптором и архитектором в виде бронзового бюста на высокой колонне, установленной на гранитном постаменте, вокруг которого был образован мемориальный лесопарк. А первый «памятник-обелиск» был сохранен и в настоящее время размещен в школьном музее поселка Карабутак под патронажем музея Адамовского района.

одробный анализ всех аспектов трагедии, возможных причин отказов систем «Союза» был проведен специально образованной правительственной комиссией. Кроме изучения фрагментов корабля, конструкторской, технологической и полетной документации, были проведены эксперименты и многочисленные испытания отдельных систем. Эта трагическая история с недоведенным до полноценной надежности новым космическим кораблем оказала серьезное влияние на всю научно-промышленную ракетно-космическую отрасль [4]. Были существенно доработаны многие системы корабля, отдельно и особенно — парашютная система. Это, в конце концов, сделало Союз одним из самых надежных космических аппаратов. Пока шли многочисленные доработки по итогам работы комиссии, пилотируемые полеты кораблей серии «Союз» не производились. Первый пилотируемый полет «Союза» состоялся только в октябре 1968 г.

Можно сказать, что доработанный после катастрофы и гибели В.М. Комарова «Союз» и его последующие успешно летавшие «собратья» являются своеобразным объектом наследия — памятником первому испытателю космического корабля герою-космонавту Владимиру Михайловичу Комарову.

## Литература

- [1] Каманин Н.П. Скрытый космос. Т. 2. М.: РТСофт, 2013. С. 64.
- [2] Григорий Варлавин. Две могилы космонавта. URL: <http://www.astronaut.ru/bookcase/article/ar132.htm> (дата обращения 15.11.2021).

- [3] Владимир Лисецкий. История первого обелиска космонавту В.М. Комарову. URL: [http://www.li.ru/interface/pda/?jid=5343737&pid=315498925&redirected=1&page=0&backurl=/users/igor\\_lisetsky/post315498925](http://www.li.ru/interface/pda/?jid=5343737&pid=315498925&redirected=1&page=0&backurl=/users/igor_lisetsky/post315498925) (дата обращения 27.11.2021).
- [4] Черток Б.Е. Ракеты и люди. Горячие дни холодной войны. М.: Машиностроение, 2002. С. 458.

## **Monuments, Memory and Heritage. On the 55th Anniversary of the Tragic Death of Cosmonaut Vladimir Komarov**

**Kuznetsov Mikhail Ivanovich**

kmikmi@mail.ru

**Union for the Development of Science Cities**

*The materials on the flight of cosmonaut V.M. Komarov on the Soyuz-1 spacecraft, its disastrous landing and death on April 24, 1967 are presented. Information is given about the initiative creation of the first monument at the place of the death of the hero-cosmonaut, the names of the authors of the monument project and its manufacture, the rally during its installation and opening. The photos of the monument taken by the author in the summer of 1968 are given.*

**Keywords:** cosmonaut, Komarov, "Soyuz", emergency landing, monument

### **References**

- [1] Kamanin N.P. Skrytyi kosmos [The Hidden Cosmos]. Vol. 2. Moscow, RTSoft Publ., 2013, p. 64. (In Russ.).
- [2] Grigorii Varlavin. Dve mogily kosmonavta [Grigory Varlavin. Two graves of an astronaut]. Available at: <http://www.astronaut.ru/bookcase/article/ar132.htm> (accessed November 15, 2021). (In Russ.).
- [3] Vladimir Lisetskii. Istoryya pervogo obeliska kosmonavtu V.M. Komarovu [Vladimir Lisitsky. The history of the first obelisk to cosmonaut V.M. Komarov]. Available at: [http://www.li.ru/interface/pda/?jid=5343737&pid=315498925&redirected=1&page=0&backurl=/users/igor\\_lisetsky/post315498925](http://www.li.ru/interface/pda/?jid=5343737&pid=315498925&redirected=1&page=0&backurl=/users/igor_lisetsky/post315498925) (accessed November 23, 2021). (In Russ.).
- [4] Chertok B.E. Rakety i lyudi. Goryachie dni kholodnoi voiny [Rockets and people. Hot days of the Cold War]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 2002, p. 458. (In Russ.).

УДК 074

## **Создание культурного арт-пространства для вовлечения подрастающего поколения в процесс ознакомления и изучения космического наследия.**

**Мальцев Владимир Александрович**

team@creatiworld.ru

**Art-пространство «Вселенная космического творчества»**

*Рассмотрена проделанная работа в области культуры и космонавтики по созданию культурного арт-пространства, целью которого является формирование в молодом поколении любви к космосу и творчеству. Представлена история и характеристики создания арт-пространства «Вселенная космического творчества» на основе идеи летчика-космонавта и художника Алексея Архиповича Леонова всколыхнуть интерес подрастающего поколения к космосу и рисунку. Обобщен практический опыт организаторов конкурсов космического творчества в сфере дополнительного образования и профессионального изучения изобразительного искусства.*

**Ключевые слова:** Вселенная космического творчества, арт-пространство, Алексей Архипович Леонов, космонавтика и культура, детское творчество, космос, изобразительное искусство

В основе нашей концепции создания культурного арт-пространства для молодежной аудитории лежит идея летчика-космонавта Алексея Архиповича Леонова с целью формирования в молодом поколении любви к космосу и творчеству [1, 2].

Творческая деятельность играет большую роль в становлении человека как активного субъекта социальной деятельности. В этом аспекте творчество выступает как необходимый атрибут культуры, создающий нечто качественно новое и отличающееся неповторимостью, оригинальностью и общественно-исторической уникальностью.

Творчество — уникальная особенность Алексея Архиповича Леонова, источник вечного, неповторимого в культуре. Как состоявшийся художник стремился передать юным художникам интерес к космонавтике и рисованию.

Свою идею он осуществил на своей малой Родине в Кузбассе на базе Детской художественной школы № 14 им. А.А. Леонова [3], п. Тисуль, Тисульского муниципального округа, создав авторский конкурсный проект детского изобразительного искусства «Земля — ладонь Вселенной» [4]. Для поощрения талантливых детей Алексей Архипович передал школе право оформлять наградные дипломы, авторским именным геральдическим изображением «Герба», символизирующим «рукопожатие в космосе» экспериментального полета «Союз» — «Аполлон», в целях мирного освоения космического пространства. Леоновым утверждено пять премий для вручения победителям «Международного конкурса детского изобразительного искусства имени Алексея Архиповича Леонова», посвященного авиации и космонавтике.

В 2022 году конкурсному проекту исполнится 10 лет. Церемония награждения, победителей конкурса, проживающих в Кузбассе, проводится ежегодно к 12 апреля в Международном аэропорту «Алексей Леонов» г. Кемерово. Запуск данного проекта позволил объединить профессиональные ресурсы организаций ДОСААФ России с образовательными учреждениями дополнительного образования для формирования патриотического отношения к профессиям в авиации и космонавтике.

Для привлечения участников конкурса во всероссийском и международном масштабах создано арт-пространство «Вселенная космического творчества» в сети Интернет [5]. Миссия созданного арт-пространства — видеть и развивать в каждом человеке творческие способности. Создать доступную комфортную среду дающую возможность продемонстрировать свои таланты. Помогать мотивированным людям из разных уголков мира найти аудиторию для общения и реализации своих творческих идей.

«Вселенная космического творчества» — это уникальная в своем роде современная галерея творчества и изобразительного искусства в сети интернет, основа которой публикация лучших авторских работ конкурса имени Алексея Архиповича Леонова. Пространство, дающее возможность для современного визуального диалога с творческой идеей автора [6].

В галерее Вселенной космического творчества уделяется большое внимание каждой творческой работе для того, чтобы каждый взрослый человек смог найти вдохновение, а каждый ребенок смог почувствовать себя частью творческого мира. Эту возможность дети получают путем публикации своих фотографий с творческими работами и наградами в «Галерее участников конкурса» [7].

Посещая арт-пространство «Вселенной космического творчества», каждый пользователь не зависимо от возраста с интересом погружается в атмосферу космического пространства, к котором он может увидеть картины профессиональных художников, рисун-

ки юных художников и узнать о их творчестве. Обсудить интересующую его тему на форуме космического творчества. Найти интересную литературу о космосе и творчестве.

Таким образом, международный конкурсный проект имени Алексея Архиповича Леонова сформировал творческое арт-пространство, объединяющее преподавателей дополнительного образования культуры, детей, родителей, общество музеев космонавтики и галерей детского творчества для вовлечения подрастающего поколения в процесс ознакомления и изучения космического наследия.

## **Литература**

- [1] Леонов А.А. Время первых: Судьба моя - я сам... / сост. О. Леонова. М.: АСТ, 2019. С. 133–135.
- [2] Леонов А.А. Солнечный ветер. М.: Прогресс, 1977. С. 4.
- [3] Сайт детской художественной школы № 14 имени А.А. Леонова. URL: <http://leonov.kmr.muzkult.ru/> (дата обращения 12.12.2021).
- [4] Белякова П.Н. «К звездам!», или Вневременное путешествие по полотнам космической живописи // Балтика. 2015. № 2. С. 8–10.
- [5] Арт-пространство «Вселенная космического творчества». URL: <https://www.creatiworld.ru> (дата обращения 12.12.2021).
- [6] Галерея космического творчества // Арт-пространство «Вселенная космического творчества». URL: <https://www.creatiworld.ru/gallery> (дата обращения 12.12.2021).
- [7] Галерея участников конкурсов // Арт-пространство «Вселенная космического творчества». URL: <https://www.creatiworld.ru/participant> (дата обращения 12.12.2021).

## **Creation of a Cultural Art Space to Involve the Younger Generation in the Process of Familiarization and Study of Space Heritage**

**Maltsev Vladimir Aleksandrovich**

team@creatiworld.ru

*Art Space "Universe of space creativity"*

*The article examines the work done in the field of culture and astronautics to create a cultural art space, the purpose of which is to form in the young generation a love for space and creativity. The history and characteristics of the creation of the art space "Universe of space creativity" based on the idea of the pilot-cosmonaut and artist Alexei Arkhipovich Leonov to stir up the interest of the younger generation in space and drawing are presented. The article summarizes the practical experience of the organizers of space art competitions in the field of additional education and professional study of the fine arts.*

**Keywords:** Universe of cosmic creativity, art space, artist Alexey Leonov, cosmonautics and culture, children's creativity, fine arts

## **References**

- [1] Leonov A.A. Vremya pervykh: Sud'ba moya - ya sam... [The time of the first: My fate is myself...]. Comp. O. Leonova. Moscow, AST Publ., 2019, pp. 133–135. (In Russ.).
- [2] Leonov A.A. Solnechnyi veter [Solar wind]. Moscow, Progress Publ., 1977, p. 4. (In Russ.).
- [3] Sait detskoi khudozhestvennoi shkoly № 14 imeni A.A. Leonova [Children's art school № 14 named after A.A. Leonov]. Available at: <http://leonov.kmr.muzkult.ru/> (accessed December 12, 2021). (In Russ.).
- [4] Belyakova P.N. "K zvezdam!", ili Vnevremennoe puteshestvie po polotnam kosmicheskoi zhivopisi ["To the stars!" or A Timeless journey through the canvases of space painting]. Baltika., 2015, no. 2, pp. 8–10.

- 
- [5] Art-prostranstvo "Vselennaya kosmicheskogo tvorchestva" [Art space. Universe of cosmic creativity]. Available at: <https://www.creatiworld.ru> (accessed December 12, 2021). (In Russ.).
  - [6] Galereya kosmicheskogo tvorchestva. Art-prostranstvo "Vselennaya kosmicheskogo tvorchestva" [Gallery of space creativity. Art space "Universe of space creativity"]. Available at: <https://www.creatiworld.ru/gallery> (accessed December 12, 2021). (In Russ.).
  - [7] Galereya uchastnikov konkursov. Art-prostranstvo "Vselennaya kosmicheskogo tvorchestva" [Gallery of competition participants. Art spaces "Universe of cosmic creativity"]. Available at: <https://www.creatiworld.ru/participant> (accessed December 12, 2021). (In Russ.).

УДК 069

## Центральный Дом авиации и космонавтики ДОСААФ. Тогда и сейчас

Марусев Александр Сергеевич amcos50@mail.ru

Ассоциация музеев космонавтики России

Всего через пару лет одному из старейших в мире и старейшему в стране музею авиации (Центральный дом авиации и космонавтики ДОСААФ) исполнится 100 лет. Мы не заметим, как пролетят эти два года. Поэтому подготовку к этому важному не только для Дома, но и для нашей страны юбилею нужно начинать не откладывая. Сегодня окрестности метро «Динамо» и «Аэропорт» активно застраиваются. Районы «Хорошевский» и «Аэропорт» заселяются новыми обитателями, которые порой даже не представляют, в каком уникальном историческом месте они живут. Форпостом этой памяти о прошлом авиационного сердца нашей страны остается Центральный дом авиации и космонавтики ДОСААФ.

**Ключевые слова:** ДОСААФ, Центральный дом авиации и космонавтики, Ходынское поле, музей авиации

В России в начале XX века с огромным энтузиазмом откликнулись на известие о первых полетах на аэропланах. Очень скоро в стране появились собственные летчики-асы, конструкторы самолетов и планеров. Увлеченность авиацией в молодом советском государстве была столь велика, что сразу после окончания Гражданской войны в стране начался настоящий авиационный бум. Центром строительства авиационной державы стал район Ходынского поля, которое было отдано в распоряжение Московскому обществу воздухоплавания. В 20-е годы вокруг «Ходынки» вырастали все новые и новые корпуса авиационных конструкторских бюро и производств. Знаменитые авиаторы «приучали» новые самолеты и сами познавали искусство высшего пилотажа [1, 2].

В 1924 г. для пропаганды среди населения и «ликвидации авиационной неграмотности» Общество друзей Воздушного флота организовало первый в стране авиационный музей — будущий Центральный дом авиации и космонавтики (ЦДАиК). Тогда он еще не был в полной мере музеем, а представлял собой что-то вроде выставочного павильона и лаборатории, где все желающие могли в интерактивных формах не только ознакомиться с предметом, но и начать серьезные занятия по авиации и воздухоплаванию под руководством легендарнейших пилотов начала авиационной эры [3].

На предприятиях вокруг Ходынского поля строили знаменитые истребители И-16 и Пе-2 (Петлякова). В воздух поднимались Чкалов, Громов, Коккинаки и др. Во врем-

мя Великой Отечественной войны авиационные предприятия выпускали знаменитые штурмовики Ил-2 и истребители Ла-5, обеспечивая победы нашей армии на земле и в воздухе. После войны здесь был освоен выпуск первых массовых реактивных МиГ-15, здесь же разрабатывали «Спираль» [4]. Неподалеку от ЦДАиК в Институте авиационной и космической медицины готовили к полетам в космос собак, работали космические испытатели, приезжали космонавты, которые затем учились здесь же в Академии Жуковского.

Это лишь малая толика событий, которые разворачивались в районе «Динамо». А Дом авиации был тем самым местом, куда приходили авиаторы, конструкторы, космонавты. В 1958 г. здесь появился космический раздел, а Центральный дом авиации получил дополнительную приставку «и космонавтики». На долгие годы, фактически до начала Перестройки, ЦДАиК сохранял свое место важнейшего музея авиации в столице. А потом музей закрыли на «капитальный ремонт», и он в начале 1990-х он подвергся изрядному разграблению.

С появлением «Мемориального музея космонавтики» (под ракетой), а особенно после его реконструкции значение ЦДАиК для города ушло на второй план. Однако после того как район Ходынского поля покинули авиационные предприятия, а сам он подвергся серьезной застройке, музей ЦДАиКа приобретает новое значение и новую важную роль. Сегодня музей встает на ноги, восстанавливая свою прежнюю значимость и статус. Перед ЦДАиК стоит важная задача музификации района «Динамо», которую он сможет выполнить, если получит поддержку властей города и если найдет способ выйти за пределы музейных стен, ставших за прошедшие годы уже тесными для его дальнейшего развития.

## Литература

- [1] Шитов В. Ходынка // Гражданская авиация. 2010. № 9–10. С. 36–38.
- [2] Тучков В. Авиалегенды Ходынского поля. 3 июля 2015 г. / Свободная Пресса. URL: <https://svpressa.ru/post/article/126548/> (дата обращения 08.11.2021).
- [3] Балаев А. Дому авиации и космонавтики — 75 лет // Московский журнал. 1999. № 10. С. 46–51.
- [4] Чармадова Г. Живое авиационное наследие России и СССР. 16 февраля 2018 г. / ИА REGNUM. URL: <https://regnum.ru/news/2380950.html> (дата обращения 11.11.2021).

## Central House of Aviation and Cosmonautics DOSAAF. Then and Now

**Marusev Alexandr Sergeyevich**

amcos50@mail.ru

Association of Russian Cosmonautics Museums

*In just a couple of years, one of the world's oldest and the country's oldest aviation museum (DOSAAF Central House of Aviation and Cosmonautics) will be 100 years old. We won't notice how these two years will fly by. Therefore, preparations for this important anniversary, not only for Home, but also for our country, should be started without delay. Today, the surroundings of the metro "Dynamo" and "Airport" are actively being built up. The districts "Khoroshevsky" and "Airport" are populated by new inhabitants, who sometimes do not even imagine what a unique historical place they live in. The Central House of Aviation and Cosmonautics of DOSAAF remains an outpost of this memory of the past of the aviation heart of our country.*

**Keywords:** CDAiK, DOSAAF, Central House of Aviation and Cosmonautics, House of Aviation, Kholodynskoe field

## References

- [1] Shitov V. Khodynka. Grazhdanskaya aviatsiya [Civil aviation], 2010, no. 9–10, pp. 36–38. (In Russ.).
- [2] Tuchkov V. Avialegendy Khodynskogo polya [Autolegends of the Khodynka field]. July 3, 2015 / Svobodnaya Pressa [Free Press]. Available at: <https://svpressa.ru/post/article/126548/> (accessed November 8, 2021).
- [3] Balakaev A. Domu aviatiki i kosmonavtiki — 75 let [The House of Aviation and Cosmonautics is 75 years old]. Moskovskii zhurnal [Moscow magazine], 1999, no. 10, pp. 46–51. (In Russ.).
- [4] Charmadova G. Zhivoe aviatsionnoe nasledie Rossii i SSSR [The living aviation heritage of Russia and the USSR]. February 16, 2018 / IA REGNUM. Available at: <https://regnum.ru/news/2380950.html> (accessed November 11, 2021).

УДК 72.01

## Праздник 1967 года без генерального конструктора Сергея Павловича Королёва

Марусев Александр Сергеевич

amcos50@mail.ru

Ассоциация музеев космонавтики России

1967 год стал не только трагическим, но и в каком-то смысле переломным для судьбы отечественной космонавтики. Юбилейный год 50-летия Октябрьской революции должен был стать радостно-триумфальным для советского государства, но этот праздник в самом начале споткнулся о первую в мире гибель космонавта. Гибели Владимира Комарова очевидно не было бы, если бы за год до этого страна не потеряла бы генерального конструктора С.П. Королёва. Последний понимал, что поступательное движение страны в космос во многом зависит от процессов, происходящих на Земле, и уделял строительству космоса на Земле, формированию пропаганды космонавтики внимания не чуть не меньше, чем самой космической отрасли.

**Ключевые слова:** Экспо-67, Королёв С.П., космическая архитектура, космическое искусство, космонавт Комаров

В сентябре 1957 года за несколько дней до 100-летия К.Э. Циолковского в Калуге вместе со своими соратниками Тихонравовым, Рязанским, и др. после успешных испытаний своей «семерки» прилетел С.П. Королёв. Он прилетел, чтобы лично проконтролировать все приготовления к юбилею основоположника космонавтики. Кульминацией празднеств стал митинг, на котором С.П. Королёв произнес речь и закладка памятника К.Э. Циолковскому на площади Мира. На фотографиях с митинга и других праздничных мероприятий он с соратниками запечатлен с золотыми звездами Героев труда, которые они получили годом раньше за успешные испытания Р-5 [1]. Памятник, выросший через год в Калуге, был фактически сделан двухфигурным, где Циолковский находится в движении в полный рост, а вторым символическим объектом памятника является 18 метровая ракета.

С.П. Королёву мы обязаны тем, что Останкинский район сегодня является сакральным космическим районом столицы. На въезде в него, перед станцией метро Рижская и Рижским вокзалом через год после запуска первого спутника выросла фигура рабочего с поднятым над головой спутником. Изначально подобный памятник был описан в романе «Туманность Андromеды» Ивана Ефремова, который вышел в «Технике молодежи» в 1957 году и тут же стал бестселлером [2].

13 июня 1961 через 2 месяца после полета Ю.А. Гагарина С.П. Королёв вызывал первого космонавта из г. Сочи, где тот проходил послеполетную реабилитацию, и они вместе вылетели в Калугу, чтобы заложить первый в мире «Дворец космоса». Королёв лично выбирал и место в городе для будущего дворца и организовал конкурс проекта. Выбранный С.П. Королёвым проект, созданный архитекторами: Б.Г. Бархинным, Е.И. Киреевым, Н.Г. Орловым, В.А. Строгим, К. Д. Фоминым стал не только визитной карточкой города, но и образцом космической архитектуры. Сегодня мы видим, что заложенные главным конструктором семена проросли в удивительный культурный феномен града космической идеи [3].

Безвременная смерть Сергей Павлович Королёва обесточила не только космическую отрасль, но и дальнейшее строительство космической цивилизации на Земле.

В 1960 году Москва стала победительницей конкурса на проведение Всемирной выставки «Экспо-67». Предполагалась, что она будет приурочена к 50-летию Октябрьской революции. Известие, что в Москве будет проходить «Экспо» всколыхнуло архитектурную общественность страны, которая бросились работать над эскизами проектов будущих павильонов [4]. Поступившие на конкурс проекты от различных архитектурных коллективов для «Экспо-67» в Москве были невероятными по своей масштабности и смелости. В качестве причины отказа от «Экспо-67» в Москве называется кризис международных отношений 1962 года. В результате, 50-летие Октября было отмечено гораздо скромнее, чем планировалось, а трагическая гибель космонавта Комарова сделало космическую тему в одночасье заметно глушее.

Еще одним событием 1967 года серьезно повлиявшим на развитие отечественной космонавтики стал «Космический договор» между США, Советским Союзом и Великобританией. Подписание этих договоренностей резко обесценил космос для военных. А без серьезной военной составляющей развитие гражданской космонавтики неизбежно замедлилось.

## Литература

- [1] Голованов Я.К. Королев: факты и мифы. М.: Наука, 1994. 323 с.
- [2] Ефремов И.А. Туманность Андромеды. М.: Т8 Издательские технологии, 2020. 415 с.
- [3] Серова М. Музей истории космонавтики. М.: TATLIN, 2021. 96 с.
- [4] Казакова О.В. Несостоявшаяся выставка. О неосуществленном проекте Всемирной выставки 1967 года в Москве // Московский журнал. История государства Российского. 2009. № 7 (223). С. 85–92.

## Celebration 1967 without General Engineer Sergei Pavlovich Korolev

*Marusev Alexandr Sergeyevich*

*amcos50@mail.ru*

*Association of Cosmonautics Museums of Russia*

*1967 was not only a tragic year, but also in a sense a turning point for the fate of national cosmonautics. The jubilee year of the 50th anniversary of the October Revolution should have been a joyous and triumphant one for the Soviet state, but this celebration at the very beginning stumbled over the world's first cosmonaut's death. Vladimir Komarov's death obviously would not have happened if the country had not lost the general designer S.P. Korolev the year before. The latter understood that the progressive movement of the country into space largely depended on the processes taking place on Earth, and paid as much attention to the construction of space on Earth and the formation of cosmonautics propaganda as he did to the space industry itself.*

**Keywords:** S.P. Korolev, cosmonaut Komarov, space art, space architecture

## References

- [1] Golovanov Ya.K. Korolev: fakty i mify [Korolev: Facts and myths]. Moscow, Nauka Publ., 1994, 323 p. (In Russ.).
- [2] Efremov I.A. Tumannost' Andromedy [Andromeda Nebula]. Moscow, T8 Izdatel'skie tekhnologii Publ., 2020, 415 p. (In Russ.).
- [3] Serova M. Muzei istorii kosmonavtiki [Museum of the History of Cosmonautics]. Moscow, TATLIN Publ., 2021, 96 p. (In Russ.).
- [4] Kazakova O.V. Nesostoyavshayasya vystavka. O neosushchestvленном proekte Vsemirnoy vystavki 1967 goda v Moskve [A failed exhibition. About the unfulfilled project of the 1967 World Exhibition in Moscow]. Moskovskiy zhurnal. Istoryya gosudarstva Rossiyskogo [Moscow magazine. History of the Russian State], 2009, no. 7 (223), pp. 85–92. (In Russ.).

УДК 60

## **Культура потребления результатов интеллектуальной деятельности в космической сфере на примере внедрения в промышленное производство квантовомимических разработок: итоги работы открытого заседания рабочих групп «Квантовые технологии» и «Квантовые коммуникации» на Международном форуме «Цифровые решения для достижения целей устойчивого развития»**

**Раткин Леонид Сергеевич** Rathkeen@bk.ru

*Совет ветеранов Российской академии наук*

*Международной академией связи (МАС) в Москве в июне 2021 г. в период работы выставки «Связь 2021» (ЦВК «Экспоцентр») был проведен XXV Международный форум МАС «Цифровые решения для достижения целей устойчивого развития». Особое внимание участников и гостей форума вызвало открытое заседание рабочих групп «Квантовые технологии» и «Квантовые коммуникации» МАС, посвященное культуре потребления результатов интеллектуальной деятельности в космической сфере на примере внедрения в промышленное производство квантовомимических разработок.*

**Ключевые слова:** культура, квантовые технологии, квантовые коммуникации, космос

Форум Международной академии связи (МАС) ориентирован на дальнейшую консолидацию усилий регулирующих органов с научными структурами и крупнейшими отраслевыми университетами для развития творческих связей, реализации совместных партнерских проектов и деловой кооперации в сфере информационных коммуникаций, разработки и внедрения инновационных решений, согласованного развития сквозных и инфраструктурных цифровых технологий, интеграции науки, образования, производства, бизнеса. На пленарных и секционных заседаниях форума обсуждались вопросы теории разработки и практики реализации цифровых решений для достижения целей устойчивого развития на период до 2030 года, формирования национальной цифровой инфраструктуры России, внедрения прикладных цифровых решений в экономике и социальной сфере, организационные и технические аспекты развития мегаполисов будущего, проблемы информационной безопасности и защиты сотовых данных, медико-биологические аспекты электромагнитного воздействия сетей сотовой

вой связи на живые организмы, особенности развития Национальной системы квалификаций в области телекоммуникаций, почтовой связи и радиотехники, а также этапы формирование программ дополнительного профобразования и распространения цифровых навыков у населения [1].

Старейшая отечественная академия — Российская академия наук (РАН) активно сотрудничает с МАС, ряд членов РАН являются академиками МАС: например, член Президиума РАН, заместитель академика-секретаря Отделения нанотехнологий и информационных технологий (ОНИТ) РАН, руководитель Секции вычислительных, локационных, телекоммуникационных систем и элементной базы ОНИТ РАН, председатель Саратовского научного центра РАН, директор Научно-исследовательского центра электронных диагностических систем «ЭЛДИС», председатель Научного совета «Научные основы построения вычислительных, телекоммуникационных и локационных систем» РАН, председатель Научного совета по физической электронике РАН, председатель российского национального комитета Международного научного радиосоюза, председатель Научного совета РАН по комплексной проблеме «Радиофизические методы исследования морей и океанов», заместитель председателя Комиссии РАН по работе с научной молодежью, научный руководитель Института радиотехники и электроники имени академика В.А.Котельникова РАН, главный редактор журнала «Радиотехника и электроника», Председатель экспертной комиссии «Вычислительные, локационные, телекоммуникационные системы и элементная база», дважды лауреат Государственной премии СССР (1974, 1984), лауреат Государственной премии Российской Федерации в области науки и техники (1993), лауреат Государственной премии Российской Федерации в области науки и технологий (2006), лауреат Государственной премии Российской Федерации имени Маршала Советского Союза Георгия Константиновича Жукова (2013), академик АН СССР (1984) и академик РАН (1991) Гуляев Ю.В.; член Бюро ОНИТ РАН и лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и технологий (2006), академик РАН Бугаев А.С.; Президент Московского государственного технологического университета (МГТУ) имени Н.Э. Баумана и президент Ассоциации технических университетов России, Вице-президент Российского союза ректоров, член Совета Союза производителей нефтегазового оборудования, член Бюро ОНИТ РАН академик РАН Федоров И.Б.; лауреат Государственной премии Российской Федерации и дважды лауреат премий Правительства Российской Федерации, заслуженный деятель науки Российской Федерации, советник генерального директора Московского научно-исследовательского телевизионного института, член-корреспондент РАН Зубарев Ю.Б. [2].

В рамках форума МАС состоялась научная сессия в формате открытого заседания рабочих групп «Квантовые технологии» и «Квантовые коммуникации» МАС, на которой выступили ведущие российские ученые, специализирующиеся в сфере разработки квантовых технологий и квантовых коммуникаций, и их зарубежные коллеги. С приветствием к участникам и гостям научной сессии обратился Заместитель Президента РАН, член Бюро Отделения математических наук РАН, директор Института системного программирования имени академика В.П. Иванникова РАН академик РАН Аветисян А.И.: Арутюн Ишханович отметил значимость рассматриваемых вопросов в сфере квантовых технологий и необходимость внедрения в промышленное производство квантово-коммуникационных разработок. На научной сессии в формате открытого заседания рабочих групп «Квантовые технологии» и «Квантовые коммуникации» МАС выступили представители Физико-технологического института имени академика К.А.Валиева РАН (директор — член-корреспондент РАН Лукичев В.Ф.), Института прикладной математики имени академика М.В.Келдыша РАН

(директор — член-корреспондент РАН Аптекарев А.И., научный руководитель — академик РАН Четверушкин Б.Н.), МГУ имени академика М.В.Ломоносова (ректор — академик РАН и Российской академии ракетно-артиллерийский наук (РАРАН) Садовничий В.А.), МГТУ имени Н.Э.Баумана (президент — член Бюро ОНИТ РАН, академик РАН и РАРАН Федоров И.Б.), «МИРЭА — Российский технологический университет» (президент — член Бюро ОНИТ РАН, академик РАН Сигов А.С.) и ряда других вузов, предприятий и организаций, ведущих разработки и производство инновационной высокотехнологичной продукции в сфере телекоммуникаций. Особое внимание уделялось культуре потребления результатов интеллектуальной деятельности в космической сфере на примере внедрения в промышленное производство квантовомеханических разработок [3]. Модерировал научную сессию в формате открытого заседания рабочих групп «Кvantовые технологии» и «Кvantовые коммуникации» МАС руководитель двух рабочих групп МАС — автор доклада.

В докладе представлен ряд изобретений для космической отрасли [4]. Также рассмотрены примеры формирования элементов культуры потребления результатов интеллектуальной деятельности в аэрокосмической отрасли.

### Литература

- [1] Alferov Zh.I. Quantum economics. Russian science needs to move from survival to development // Eurasian integration: Economics, Law, Politics. 2019. No. 1 (27). Pp. 25–27.
- [2] Valiev K.A. Quantum computers and quantum computing // Advances in Physical Sciences. 2005. Vol. 175. No. 1. Pp. 3–39.
- [3] Stepanova D.I. Factors of development and use of crypto currency // World Economy: Problems of Safety. 2018. No. 1. Pp. 82–85.
- [4] Раткин Л.С. Способ сокрытия компьютерной информации путем многократного вложения сообщения в частные стеганографические контейнеры. Пат. № 2322693 Российская Федерация. Заявл. 21.10.2005, опубл. 20.04.2008.

### **Culture of Consumption of the Results of Intellectual Activity in the Space Sector on the Example of Industrial Application of Quantonomics: The Results of Public Meeting of the Working Groups "Quantum Technologies" and "Quantum Communications" at the International Forum "Digital Solutions for Achieving of Sustainable Development Goals"**

**Ratkin Leonid Sergeevich** Rathkeen@bk.ru  
Council of Veterans of Russian Academy of Sciences

*The International Telecommunications Academy (ITA) in Moscow in June 2021 during the period of the "Svyaz 2021" exhibition ("Expocentre" Fairgrounds) held the XXV International ITA Forum "Digital Solutions for Achieving Sustainable Development Goals". Particular attention of the participants and guests of the forum was aroused by the open meeting of the working groups "Quantum technologies" and "Quantum communications" of the ITA, dedicated to the culture of consumption of the results of intellectual activity in the space sector by the example of introducing quantum-economic developments into industrial production.*

**Keywords:** culture, quantum technologies, quantum communications, space

## References

- [1] Alferov Zh.I. Quantum economics. Russian science needs to move from survival to development. Eurasian integration: Economics, Law, Politics, 2019, no. 1 (27), pp. 25–27.
- [2] Valiev K.A. Quantum computers and quantum computing. Advances in Physical Sciences, 2005, vol. 175, no. 1, pp. 3–39.
- [3] Stepanova D.I. Factors of development and use of crypto currency. World economy: Problems of Safety, 2018, no. 1, pp. 82–85.
- [4] Ratkin L.S. Sposob sokrytiya kom'yuternoi informatsii putem mnogokratnogo vlozheniya soobshcheniya v chastnye steganograficheskie kontejnery [A method of hiding computer information by repeatedly embedding messages in private steganographic containers]. Pat. No. 2322693 Russian Federation. Declared on 21.10.2005, published on 20.04.2008.

УДК 60

## **Перспективы мирного освоения космоса и совместной реализации научных и культурных инициатив: итоги круглого стола «Совету по международному сотрудничеству в области исследований и использования космического пространства при академии наук ССР «Интеркосмос» — 55 лет!» на Международном авиационно-космическом салоне «МАКС 2021»**

**Раткин Леонид Сергеевич** Rathkeen@bk.ru  
Совет ветеранов Российской академии наук

В городе Жуковский Московской области 20–25 июля 2021 г. АО «Авиасалон» при участии ведущих российских и зарубежных авиационных компаний был организован и проведен Международный авиационно-космический салон «МАКС 2021». Совет ветеранов Российской академии наук и АО «Авиасалон» 23 июля 2021 г. в зале «Жуковский» конгресс-центра «МАКС 2021» совместно организовали и провели круглый стол «Совету по международному сотрудничеству в области исследования и использования космического пространства при Академии наук ССР «Интеркосмос» — 55 лет! Перспективы совместного мирного освоения космоса и проведения научных исследований».

**Ключевые слова:** космос, культура, Интеркосмос, международный авиационно-космический салон

В течение всей недели, с 20 по 25 июля 2021 г., отечественные и иностранные топ-менеджеры, ученые, промышленники, представители академической и вузовской науки обсудили ключевые проблемы инновационного развития и межотраслевого взаимодействия авиационно-космической отрасли с другими отраслями. В рамках деловой программы были проведены десятки мероприятий — конгрессов, конференций, круглых столов, презентаций и конкурсов. Форум открыл Президент Российской Федерации Владимир Владимирович Путин, отметивший важность аэрокосмического комплекса для РФ и значимость Военно-воздушных и Военно-космических сил для обеспечения безопасности государства и ее промышленного, технологического и инновационного развития. В дни работы Международного авиационно-космического салона «МАКС 2021» были проведены показательные полеты новых и перспектив-

ных гражданских и военных самолетов и вертолетов, а также многочисленные презентации перспективных моделей.

Советом ветеранов Российской академии наук (РАН), которым с 1990 по 2020 г. руководил ветеран Великой Отечественной войны и участник Парада Победы 24.06.1945 академик АН СССР и РАН Е.П. Чельщев (27.10.1921–13.07.2020) [1], совместно с АО «Авиасалон» 23 июля 2021 г. в зале «Жуковский» конгресс-центра «МАКС 2021» был организован и проведен круглый стол «Совету по международному сотрудничеству в области исследования и использования космического пространства при Академии наук СССР «Интеркосмос» — 55 лет! Перспективы совместного мирного освоения космоса и проведения научных исследований». Первым выступил заместитель президента РАН, директор Института системного программирования имени В.П. Иванникова РАН академик РАН А.И. Аветисян. Арутюн Ишханович рассказал о роли Академии наук СССР и ее правопреемницы РАН в вопросах развития интернациональной кооперации в космической сфере. Отмечалось неоспоримое технологическое лидерство СССР в беспилотной и пилотируемой космонавтике: например, в 2021 г. мировое научное сообщество отмечало 60-летие Полета первого человека в космос — советского летчика-космонавта Ю.А.Гагарина (12.04.1961).

Выступление дважды героя Советского Союза, лауреата Государственной премии СССР, лауреата Государственной премии РФ, всемирно известного летчика-космонавта, президента Московского государственного университета геодезии и картографии (МИИГАиК), академика РАН, полного кавалера ордена «За заслуги перед отечеством» В.П. Савиных было посвящено успешно реализованным многочисленным проектам, выполненным в рамках программы «Интеркосмос». Виктор Петрович, в частности, отметил важнейшую роль отечественной академической фундаментальной и прикладной науки в налаживании долгосрочной международной научной кооперации.

Российский космонавт, герой Советского Союза, президент Международной лиги защиты культуры, военный летчик 1-го класса, летчик-испытатель 1-го класса и инженер-космонавт-испытатель 1-го класса В.М. Афанасьев рассказал участникам и гостям круглого стола об опыте проведения научных исследований на орбите в рамках программы «Интеркосмос». Виктор Михайлович обратил особое внимание на ключевые аспекты взаимодействия различных представителей научно-образовательного и промышленно-технологического сообщества при решении задач по развитию международного сотрудничества в космосе.

Темой выступления летчика-космонавта Российской Федерации, героя Российской Федерации А.И. Лазуткина были успешно реализованные орбитальные проекты и перспективные направления научных исследований. Александр Иванович отметил высокий уровень подготовки отечественных специалистов в космической сфере и важность восстановления преемственности традиций передовых научных школ для передачи накопленного опыта новым поколениям российских ученых-исследователей, в том числе для развития программы «Интеркосмос».

С приветствиями к участникам и гостям круглого стола, посвященного 55-летию Совета по международному сотрудничеству в области исследования и использования космического пространства при Академии наук СССР «Интеркосмос» и перспективам совместного мирного освоения космоса и проведения научных исследований, обратились первый летчик-космонавт Чехословакии, герой Советского Союза, майор запаса Чехословацкой народной армии Владимир Ремек и первый (и единственный!) польский космонавт, герой Советского Союза, генерал запаса Мирослав Германьский. Они отметили высокий уровень подготовки в СССР отечественных и зарубеж-

ных летчиков-космонавтов и необходимость полномасштабного восстановления на качественно новом уровне Программы международных космических исследований с равными правами доступа к результатам проведенных экспериментов и разработок в сфере фундаментальной и прикладной академической науки [2].

В рамках круглого стола также были представлены выступления Ольги Алексеевны Губаревой, дочери летчика-космонавта Алексея Александровича Губарева (29.03.1931–21.02.2015), председателя правления Ассоциации малых конструкторских бюро Людмилы Георгиевны Голубковой, исполнительного директора ООО «Альтернатива 777» Светланы Юрьевны Заславской, помощника генерального директора ООО «МАРТ» Павла Ушакова, исполнительного директора Михailova Павла Яковлевича и руководителя издательских проектов «Космическая одиссея» Вячеслава Викторовича Филиппова, члена правления Военно-исторического общества («Корпус военных топографов») Сергея Юрьевича Хабибулина, руководителя Московского отделения проекта «Аллея российской славы» Владимира Дмитриевича Кошлакова, наставника и руководителя Молодежного центра инновационных разработок и изобретений (МЦИРИ) Русского космического общества Александра Леонидовича Яковенко и ряда других докладчиков [3].

Во время работы круглого стола была развернута передвижная выставка творческого объединения «Созвездие видений» и Ассоциации музеев космонавтики России «На орбитах дружбы», подготовленная при поддержке РАН, «ПРОФАВИА», Центрального аэрогидродинамического института имени профессора Н.Е. Жуковского (председателем наблюдательного совета Национального исследовательского центра «Институт имени Н.Е. Жуковского» является заместитель председателя Союза машиностроителей России, президент Евразийского аэрокосмического конгресса академик РАН Борис Сергеевич Алешин), Российской ассоциации международного сотрудничества, Творческого союза профессиональных художников и творческого объединения «Созвездие видений». Руководитель мобильной экспозиции Ярошевский Дмитрий Васильевич, сын всемирно-известного ученого, члена-корреспондента РАН Василия Александровича Ярошевского (27.06.1932–17.07.2014) представил уникальные документы и фотографии, а также полные комплекты материалов (включая эмблемы, логотипы, почтовые конверты и марки) по всем (!) составам космических экипажей уникальной программы «Интеркосмос». Модератором круглого стола выступил автор публикации [4], партнерами — «БиблиоГлобус», Фонд содействия авиации «Русские витязи», «Гильдия книжников», «Космос наш» и творческое объединение «Созвездие видений».

На Международном авиационно-космическом салоне «МАКС 2021» ведущими российскими и зарубежными компаниями и корпорациями были представлены новые и перспективные отраслевые разработки. В дни работы форума отечественные и иностранные ученые, эксперты, промышленники и предприниматели обсудили актуальные вопросы научно-образовательной и промышленно-технологической кооперации и увеличения объемов производства высокотехнологичной продукции, в том числе в рамках международных проектов по сотрудничеству РАН с другими государственными академиями и научными консорциумами, в том числе при совместной реализации межотраслевых программ с участием ТЭК РФ.

В докладе обсуждаются итоги форума, предлагается проведение специального заседания Президиума РАН, посвященного 55-летию Совета по международному сотрудничеству в области исследования и использования космического пространства при Академии наук СССР «Интеркосмос» с рассмотрением основных достижений и результатов, новых программ и перспектив научной кооперации в космической сфере, в частности, в

рамках инновационных проектов Евразийского экономического союза, Шанхайской организации сотрудничества, БРИКС. Предполагается использование опыта и научных разработок Совета ветеранов РАН и других организаций и объединений.

### **Литература**

- [1] Челышев Е.П. Судьба культуры и путь России // Пространство и время. 2010. № 1 (1). С. 8–17.
- [2] Искусство и наука об искусстве в переходные периоды истории культуры: сборник статей / Министерство культуры Российской Федерации, Государственный институт искусствознания, Научный совет по комплексной проблеме «История мировой культуры» Российской академии наук; сост. Н.В. Вдовина. М., 2000. 398 с.
- [3] Челышев Е.П. Культурология в системе гуманитарных наук: недавняя истории и насущные проблемы // Пространство и время. 2011. № 3 (5). С. 20–22.
- [4] Раткин Л.С. К столетию со дня рождения Президента АН СССР М.В.Келдыша: у истоков программы пилотируемых космических полетов // Матер. II Междунар. науч.-техн. конф. «Нестационарные, энерго- и ресурсосберегающие процессы и оборудование в химической, нано- и биотехнологии (НЭРПО 2011)» / под общ. ред. Г.И.Ефремова. М.: Изд-во МГОУ, 2011. С. 13–16.

### **Prospects for Peaceful Space Development and Joint Implementation of Scientific and Cultural Initiatives: Results of the Round Table "The Council for International Cooperation in the Field of Research and Use of Costs of the USSR — 55 Years" at the International Aviation and Space Salon "MAKS 2021"**

**Ratkin Leonid Sergeevich**

Rathkeen@bk.ru

Council of Veterans of Russian Academy of Sciences

*In the Zhukovsky city (Moscow Region), on July 20–25, 2021, “Aviasalon” JSC with the participation of leading Russian and foreign aviation companies organized and held the “MAKS 2021” International Aviation and Space Salon. The Council of Veterans of the Russian Academy of Sciences and “Aviasalon” JSC On July 23, 2021, in the Zhukovsky hall of the “MAKS 2021” Congress Center, they jointly organized and held a round table “The Council for International Cooperation in the Exploration and Use of Outer Space at the Academy of Sciences USSR “Interkosmos” — 55 years! Prospects for joint peaceful space exploration and scientific research”.*

**Keywords:** culture, space, Intercosmos, International aviation and space salon

### **References**

- [1] Chelyshev E.P. Sud'ba kul'tury i put' Rossii [The fate of culture and the way of Russia]. Prostranstvo i vremya [Space and Time], 2010, no. 1 (1), pp. 8–17. (In Russ.).
- [2] Iskusstvo i nauka ob iskusstve v perekhodnye periody istorii kul'tury: sbornik statei [Art and the science of art in the transitional periods of cultural history: collection of articles]. Ministerstvo kul'tury Rossiiskoi Federatsii, Gosudarstvennyi institut iskusstvoznaniya, Nauchnyi sovet po kompleksnoi probleme "Istoriya mirovoi kul'tury" Rossiiskoi akademii nauk; sost. N.V. Vdovina. Moscow, 2000, 398 p. (In Russ.).
- [3] Chelyshev E.P. Kul'turologiya v sisteme gumanitarnykh nauk: nedavnyaya istorii i nasushchnye problemy [Culturology in the system of humanities: recent history and pressing problems]. Prostranstvo i Vremya [Space and Time], 2011, no. 3 (5), pp. 20–22. (In Russ.).
- [4] Ratkin L.S. K stoletiyu so dnya rozhdeniya Prezidenta AN SSSR M.V.Keldysha: u istokov programmy pilotiruemikh kosmicheskikh poletov [To the centenary of the birth of the President of the USSR

Academy of Sciences M.V.Keldysh: at the origins of the manned space flight program]. Mater. II Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. "Nestatsionarnye, energo- i resursosberegayushchie protsessy i oborudovanie v khimicheskoi, nano- i biotekhnologii (NERPO 2011)" [Mater. II International Scientific and Technical conf. "Non-stationary, energy- and resource-saving processes and equipment in chemical, nano- and biotechnology (NERPO 2011)"]. Under the general editorship of G.I.Efremov. Moscow, Izd-vo MGOU Publ., 2011, pp. 13–16. (In Russ.).

УДК 60

## **Круглый стол «60-летие полета первого человека в космос — летчика-космонавта Ю.А. Гагарина» на Международном военно-техническом форуме «Армия 2021» и его роль в формировании постоянно действующей промышленно-технологической платформы по обсуждению актуальных вопросов развития авиационно-космической отрасли и новых инициатив в сфере науки и культуры**

**Раткин Леонид Сергеевич** Rathkeen@bk.ru  
Совет ветеранов Российской академии наук

В конце августа 2021 г. на территории подмосковного культурно-выставочного центра «Патриот-Экспо» был организован и проведен Международный военно-технический форум «Армия 2021». Деловая программа форума включала более 200 мероприятий, в которых приняли участие представители руководства федеральных и региональных органов законодательной и исполнительной власти, ведущие ученые и промышленники. Советом ветеранов Российской академии наук 27 августа 2021 г. был организован и проведен круглый стол «60-летие полета первого человека в космос — летчика-космонавта Ю.А. Гагарина».

**Ключевые слова:** международный военно-технический форум, промышленно-технологическая платформа, авиация, космонавтика, наука, культура

На открытии Международного военно-технического форума «Армия 2021» Президент Российской Федерации Владимир Владимирович Путин отметил необходимость всемерного укрепления оборонного потенциала страны и важность развития образовательных программ, направленных на активное внедрение инноваций в военную и гражданскую сферы. Соответственно, на круглом столе «60-летие полета первого человека в космос — летчика-космонавта Ю.А. Гагарина», организованном Советом ветеранов РАН (с 1990 по 2010 г. его возглавлял ветеран Великой Отечественной войны, участник Парада Победы 24 июня 1945 г. академик АН СССР и РАН Е.П. Челышев [1]) были представлены не только успешные примеры кооперации академической науки и предприятий оборонно-промышленного комплекса, но и различные проекты образовательных инноваций в военно-технической, авиационно-космической и смежных сферах, включая ведущие российские вузы и межотраслевые корпорации.

Выступление президента Международной академии связи (МАС), академика МАС, сопредседателя Союза православных женщин России, председателя Совета профессиональных квалификаций (СПК) связи, генерального директора АНО «Центр обеспечения цифровой трансформации», президента АО «ACBT» А.П. Оситис и заместителя

председателя СПК связи, заместителя генерального директора АНО «Центр обеспечения цифровой трансформации» академика МАС Л.Н. Маториной было посвящено различным аспектам реализации систем спутниковой связи (ССС) и перспективам внедрения ССС нового поколения. Отмечалась, в частности, важность привлечения инвестиций в приоритетные отраслевые проекты и необходимость расширения сфер применения инструментов СПК для повышения уровня образования, усиления роли профессиональных сообществ в выработке оптимальных стратегий отраслевого развития, включая пилотируемую космонавтику. В качестве примеров успешного сотрудничества МАС и РАН были представлены программы, разработанные при участии ряда академиков МАС, являющихся также членами РАН: членом Президиума РАН, заместителем академика-секретаря Отделения нанотехнологий и информационных технологий (ОНИТ) РАН и руководителем секции ОНИТ РАН, научным руководителем Института радиотехники и электроники имени В.А. Котельникова РАН, академиком РАН Ю.В. Гуляевым, членом Бюро ОНИТ РАН академиком РАН А.С. Бугаевым, президентом МГТУ им. Н.Э. Баумана академиком РАН И.Б. Федоровым, членом-корреспондентом РАН Ю.Б. Зубаревым и рядом других ученых.

Доклад президента Российской инженерной академии (РИА) и Международной инженерной академии (МИА), члена-корреспондента РАН и иностранного члена Черногорской академии наук и искусств Б.В. Гусева, главного ученого секретаря РИА и МИА и академика РИА и МИА Л.А. Иванова и профессора университета «Old Dominion» Шу Ли Да (США) был посвящен актуальной проблематике разработки микро- и нанокомпонентной базы для проведения научных исследований в сфере мировой пилотируемой космонавтики. Борисом Владимировичем и Леонидом Алексеевичем рассматривались, в том числе, приоритетные проекты сотрудничества с ведущими нефтегазовыми и энергетическими корпорациями для экологического мониторинга в сфере пилотируемой космонавтики, разработанные аналитические материалы о состоянии развития нефтегазовой отрасли, применении беспилотных многоцелевых средств и систем для экологического мониторинга, сотрудничество российских и китайских предприятий и организаций для повышения эффективности их кооперации при реализации совместных проектов и программ, состоянии развития нефтяной, газовой и химической отраслях и ветеранских движений в ТЭК и авиационно-космической сферах [2].

Участникам и гостям круглого стола «60-летие полета первого человека в космос — летчика-космонавта Ю.А. Гагарина», проведенного в рамках Международного военно-технического форума «Армия 2021», запомнилось яркое выступление академика РАН, дважды героя Советского Союза, полного кавалера ордена «За заслуги перед отечеством», президента Московского государственного университета геодезии и картографии В.П. Савиных. Виктор Петрович подробно рассказал об учебных программах и курсах ведущего отраслевого вуза, приоритетах подготовки специалистов для пилотируемой космонавтики и особенностях работы на предприятиях авиационно-космической отрасли.

О проведенных экспериментах на орбите, экологических проектах в космосе и предотвращении техногенных катастроф на основании методов прогнозирования и моделирования рассказал академик РАН, дважды герой Советского Союза, генерал-майор запаса В.А. Джанибеков. Владимир Александрович обратил внимание участников и гостей круглого стола «60-летие полета первого человека в космос — летчика-космонавта Ю.А. Гагарина» на важность повышения уровня образовательных проектов и программ и вузах и школах, необходимость совершенствования системы

подготовки кадров для высокотехнологичных отраслей промышленности и наращивания экспортного потенциала аэрокосмической промышленности.

Тема создания резерва высококвалифицированного кадрового резерва была поддержана летчиком-космонавтом, героем Российской Федерации А.И. Лазуткиным. Александр Иванович сформулировал ряд предложений по улучшению качества подготовки кадров для стратегических космических проектов и пилотируемых программ [3].

Обстоятельный и развернутые комментарии к выступлениям докладчиков дал герой Советского Союза, герой Российской Федерации, исполнительный директор по пилотируемым космическим программам Государственной корпорации «Роскосмос» С.К. Крикалёв. Сергей Константинович отметил ключевые направления в ряде докладов, уточнил отдельные положения научных сообщений и представил мнения экспертов по актуальной проблематике развития пилотируемой космонавтики.

Представители руководства творческой мастерской «Без лоска» — генеральный директор Л.Ю. Григорян и директор по развитию И.В. Шарипова представили серию уникальных картин, изготовленных с применением инновационных технологий. Лиана Юрьевна и Ирина Владимировна анонсировали создание ряда серий работ, посвященных летчикам-космонавтам и их трудовым орбитальным будням, в которых удачно сочетаются передовые достижения в науке и искусстве.

Руководитель Московского отделения проекта «Аллея российской славы» В.Д. Кошлаков рассказал о многих успешно реализованных проектах по увековечиванию памяти известных ученых, поэтов, писателей, военачальников и общественных деятелей. Владимир Дмитриевич особо отметил роль социальной инженерии и поддержки преемственности кадров и развития научных школ в сфере образования и производства. В знак признания научных заслуг дважды героя Советского Союза В.П. Савиных и В.А. Джанибеков, герой Советского Союза и герой Российской Федерации С.К. Крикалёв и герой Российской Федерации А.И. Лазуткин, а также представители ряда академических и промышленных организаций получили от руководителя Московского отделения проекта «Аллея российской славы» В.Д. Кошлакова памятные исторические подарки — выполненные из специальных сплавов с применением инновационных технологий бюсты всемирно известных ученых и летчиков-космонавтов.

Космические сувениры участники пленарного заседания получили от представителей руководства компании «Март» (бренд «Космос наш») Н.Н. Мариковой, А.Е. Ваганова и П.В. Ушакова. Наталья Nikolaevna, Андрей Евгеньевич и Павел Валерьевич отметили, что компания «Март» в течение ряда лет успешно развивает и наращивает взаимовыгодную кооперацию с ведущими промышленными предприятиями и вузами, активно сотрудничая в сфере продвижения отечественного научного наследия (в частности, в авиационно-космической сфере) и формирования у молодого поколения дополнительных стимулов для занятий в школах и вузах по многим фундаментальным и прикладным естественнонаучным дисциплинам, уделяя особое внимание патриотическому воспитанию.

Исполнительный директор ООО «Альтернатива 777» С.Ю. Заславская выступила перед участниками и гостями круглого стола «60-летие полета первого человека в космос — летчика-космонавта Ю.А. Гагарина» с докладом «Преемственность и новая парадигма развития». В выступлении Светланы Юрьевны, в частности, подробно рассматривалась проблематика русского космизма, отдельные положения учения о ноосфере академика АН СССР Владимира Ивановича Вернадского, а также прикладные аспекты научных разработок других отечественных и зарубежных ученых.

Тема взаимосвязи фундаментальных и прикладных научных исследований получила развитие в выступлении заведующего отделом Института прикладной математики (ИПМ) имени академика М.В. Келдыша РАН Г.Г. Малинецкого. Георгий Геннадьевич кратко рассмотрел основные проблемы развития пилотируемой космонавтики, обратил внимание на новые разработки ИПМ РАН и особо отметил роль ИПМ РАН в развитии государственных программ беспилотных и пилотируемых космических полетов, обеспечивших научно-образовательное и промышленно-технолого-

ческое лидерство СССР в освоении космоса на многие годы: в течение многих лет директором ИПМ РАН был всемирно-известный ученый, президент АН СССР (19.05.1961–19.05.1975) академик АН СССР М.В. Келдыш [4].

Новые фундаментальные разработки в сфере квантовых технологий для пилотируемой космонавтики были лейтмотивом доклада Ю.И. Богданова, главного научного сотрудника Физико-технологического института (ФТИ) имени академика К.А. Валиева РАН. Юрий Иванович в год 90-летия со дня рождения академика АН СССР и РАН Камиля Ахметовича Валиева рассказал об истории создания ФТИАН и новых разработках сотрудников, в частности, применяемых для обеспечения космических коммуникаций.

Руководитель лаборатории аэрокосмических исследований компании «Стратонавтика» Д.И. Ефремов рассказал участникам и гостям круглого стола «60-летие полета первого человека в космос — летчика-космонавта Ю.А. Гагарина» о перспективных отраслевых исследованиях и межотраслевой кооперации для укрепления сотрудничества с ведущими отечественными и зарубежными предприятиями и организациями. Денис Иванович кратко охарактеризовал перечень актуальных задач и потенциальных угроз на стратосферных высотах и наметил направления долгосрочной кооперации с вузами и академическими институтами.

Завершило работу круглого стола выступление исполнительного директора Ассоциации музеев космонавтики (АМКОС) А.С. Марусева. Александр Сергеевич рассказал об успешно реализованных проектах и программах АМКОС в Год науки и технологий и наметил ключевые перспективы сотрудничества с ведущими отраслевыми российскими и иностранными организациями и предприятиями по космической тематике.

Организатором круглого стола «60-летие полета первого человека в космос — летчика-космонавта Ю.А. Гагарина» в рамках Международного военно-технического форума «Армия 2021» выступил Совет ветеранов РАН. Модерировал и провел круглый стол автор публикации. Как было отмечено на круглом столе, одним из перспективных направлений развития пилотируемой космонавтики на ближайшую и среднесрочную перспективу является усиление взаимодействия с ведущими нефтегазовыми и энергетическими компаниями для обеспечения экологического мониторинга. Эко-проекты и экопрограммы являются инвестиционно-привлекательными, обладают необходимым научно-исследовательским потенциалом и могут быть масштабированы не только на межотраслевые организации, но и на ШОС, ЕАЭС и БРИКС. В докладе предлагается проведение в 2022 г. специального заседания Президиума РАН, на котором возможно рассмотрение вопросов по усилению взаимодействия предприятий авиационно-космической отрасли с ТЭК. В частности, необходимо участие в специальном заседании Президиума РАН представителей руководства «Газпром», «Лукойл», «Новатэк», «Роснефть», «Транснефть» и других нефтегазовых компаний. Круглый стол «60-летие полета первого человека в космос — летчика-космонавта Ю.А. Гагарина»

на Международном военно-техническом форуме «Армия 2021» в августе 2021 г. позволил сфокусировать внимание научной общественности на ключевых проблемах развития авиационно-космической отрасли. В ходе научной дискуссии представители вузов, академических институтов и промышленных предприятий и финансовых организаций обсудили наиболее важные вопросы стимулирования инновационной активности, усиления обороноспособности и укрепления международного сотрудничества в военно-технической сфере. Круглый стол, организованный Советом ветеранов РАН 27 августа 2021 г. (в рамках серии мероприятий, проведенных Советом ветеранов РАН летом 2021 г.), является пилотным проектом по формированию постоянно действующей промышленно-технологической платформы, на которой важнейшие и авторитетнейшие эксперты рассматривают проблематику развития в авиационно-космической отрасли и новые инициативы в сфере науки и культуры.

### **Литература**

- [1] Челышев Е.П. Россия и Запад в начале нового тысячелетия // Вестник Российской академии наук. 2008. Т. 78, № 1. С. 71–76.
- [2] Челышев Е.П. Перекличка поколений // Вестник Академии права и управления. 2010. № 18. С. 104–115.
- [3] Челышев Е.П. Евразия: проблемы восточно-западного синтеза в русской культурной традиции и наследии евразийцев // Пространство и Время. 2010. № 2 (2). С. 8–16.
- [4] Раткин Л.С. К столетию со дня рождения президента АН СССР М.В. Келдыша: у истоков программы пилотируемых космических полетов // Матер. II Междунар. науч.-техн. конф. «Нестационарные, энерго- и ресурсосберегающие процессы и оборудование в химической, нано- и биотехнологии (НЭРПО 2011)» / под общ. ред. Г.И.Ефремова. М.: Изд-во МГОУ, 2011. С. 13–16.

### **Round Table "60th Anniversary of Flight First Man in Space – Pilot-Cosmonaut Yuri Gagarin" At The International Military-Technical Forum "Army 2021" and its Role in Formation of Constantly Operating Industrial and Technological Platforms Discuss Actual Issues of Aviation and Space Industry and New Initiatives in Science and Culture**

*Ratkin Leonid Sergeevich*

*Rathkeen@bk.ru*

*Council of Veterans of Russian Academy of Sciences*

*At the end of August 2021, the International Military-Technical Forum "Army 2021" was organized and held on the territory of the "Patriot-Expo" cultural and exhibition center near Moscow. The business program of the forum included more than 200 events, in which representatives of the leadership of federal and regional legislative and executive bodies, leading scientists and industrialists took part. On August 27, 2021, the Council of Veterans of the Russian Academy of Sciences organized and held a round table "The 60th Anniversary of the Flight of the First Man into Space – Pilot-Cosmonaut Yury A. Gagarin".*

**Keywords:** International military-technical forum, industrial and technological platform, aviation, space, science, culture

## References

- [1] Chelyshev E.P. Rossiya i Zapad v nachale novogo tysyacheletiya [Russia and the West at the beginning of the new millennium]. Vestnik Rossiiskoi akademii nauk [Bulletin of the Russian Academy of Sciences], 2008, vol. 78, no. 1, pp. 71–76. (In Russ.).
- [2] Chelyshev E.P. Pereklichka pokolenii [Roll call of generations]. Vestnik Akademii prava i upravleniya [Bulletin of the Academy of Law and Management], 2010, no. 18, pp. 104–115. (In Russ.).
- [3] Chelyshev E.P. Evraziya: problemy vostochno-zapadnogo sinteza v russkoi kul'turnoi traditsii i nasledii evraziitsev [Eurasia: problems of East-West synthesis in the Russian cultural tradition and heritage of the Eurasians]. Prostranstvo i Vremya [Space and Time], 2010, no. 2 (2), pp. 8–16. (In Russ.).
- [4] Ratkin L.S. K stolietiyu so dnya rozhdeniya Prezidenta AN SSSR M.V.Keldysha: u istokov programmy pilotiruemikh kosmicheskikh poletov [To the centenary of the birth of the President of the USSR Academy of Sciences M.V.Keldysh: at the origins of the manned space flight program]. Mater. II Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. "Nestatsionarnye, energo- i resursosberegayushchie protsessy i oborudovanie v khimicheskoi, nano- i biotekhnologii (NERPO 2011)" [Mater. II International Scientific and Technical conf. "Non-stationary, energy- and resource-saving processes and equipment in chemical, nano- and biotechnology (NERPO 2011)"]. Under the general editorship of G.I.Efremov. Moscow, Izd-vo MGOU Publ., 2011, pp. 13–16. (In Russ.).

УДК 168.522

## Монументальные памятники космонавтики как объекты культурного наследия Краснодарского края

**Садым Владимир Александрович**

sadymvlad@mail.ru

Краснодарская региональная общественная организация  
«Федерация космонавтики Кубани»

**Садым Каринэ Борисовна**

karinakor@mail.ru

Кубанский государственный медицинский университет

Статья посвящена изучению монументальных памятников космонавтики в Краснодарском крае, созданных в период с начала 1960-х годов до настоящего времени. Авторы систематизируют существующие памятные объекты космической тематики, которые являются частью регионального историко-культурного наследия, сохраняющие память о наиболее значительных научно-технических достижениях космонавтики, их творцах и могут широко использоваться для пропаганды роли и значения этих достижений в развитии человечества. Сделаны выводы о многообразии видов памятников космонавтики на Кубани и их роли в формировании исторической и культурной памяти региона.

**Ключевые слова:** монументальные памятники, историко-культурное наследие, памятники космонавтики, Краснодарский край, космонавтика и культура

Практическое освоение космического пространства создало условия для формирования совершенно нового типа культурных ценностей — исторического и культурного наследия космонавтики.

Историко-культурное наследие космонавтики в научной среде в широком смысле отождествляется в основном с ракетно-космической техникой, которая позволила человечеству начать эру практического освоения космоса. Однако, на наш взгляд, историческое и культурное наследие космической науки и техники включает историю космонавтики как области знаний, а также технические и

научные достижения в области теоретического, практического исследования космоса [1, с. 45].

Составляющей историко-культурного наследия космонавтики являются памятники истории космической науки и техники — памятные, материальные объекты, каким-либо образом относящиеся к истории развития космонавтики и имеющие особую культурную, социальную и иную ценность. Памятники космонавтики отражают крупные вехи в развитии мировой и отечественной космонавтики как области теоретических и практических знаний, деятельность основоположников космической науки и техники, выдающихся учёных, инженеров, изобретателей, научных или производственных коллективов, героев покорения космоса.

В процессе данного исследования авторами использованы типологический и ретроспективный методы, а также метод включенного наблюдения, основанный на личном участии в мероприятиях по увековечиванию выдающихся деятелей космонавтики на Кубани.

Активная мемориализация первых достижений человечества в космосе в нашей стране приходится на 1960–1980-е годы, когда космонавтика становится гордостью советских людей, оказав влияние на формирование их самосознания, ощущение сопричастности к эпохе «покорителей космоса».

Основываясь на опыте исследований в области памятников науки и техники, к монументальным памятникам космонавтики, выявленным на территории Краснодарского края, отнесем мемориальные комплексы; памятники, бюсты, стелы; мемориальные доски; мозаичное панно/тематические мозаики.

К значимым монументальным памятным объектам космонавтики Краснодарского края, обладающим особой культурно-исторической ценностью относятся мемориальные комплексы, созданные в 1970–1980-х годах в честь выдающихся деятелей космонавтики, которые родились или трудились на Кубани. Монументальное пространство комплексов включает мемориальные площади, памятники, музеи, школы и улицы, носящие имена героев. Они аккумулируют целый комплекс представлений о жизни и деятельности деятелей космонавтики, их эпохе, окружении. Памятные места — объекты материальной среды, обжитой человеком, намеренно созданные с целью запечатления, хранения и трансляции коллективной памяти об актуальных для общества исторических событиях и лицах [2, с. 12–13].

Первый мемориальный комплекс космонавтики на Кубани создан в честь одного из основоположников теоретической космонавтики Ю.В. Кондратюка в станице Октябрьской Крыловского района в 1973 г. при поддержке краевого общественного движения «Кубань и космонавтика» (ныне — Краснодарская региональная общественная организация «Федерация космонавтики Кубани»). В комплекс вошли школьный музей, мемориальный музей ученого и бюст [3, с. 61–62]. Мемориальный музей на территории Крыловского элеватора в комнате, где работал ученый, существовал до начала 1990-х годов, затем перенесен в здание местного дома культуры.

В 1982 г. создан мемориальный комплекс пионера ракетно-космической техники Г.Я. Бахчиванджи в станице Бриньковской Приморско-Ахтарского района. Он включает скульптуру летчика-испытателя, макеты самолетов, станичный музей, улицу и школу имени Г.Я. Бахчиванджи [4, с. 34].

Мемориальный комплекс одному из разработчиков ракетного топлива Н.Г. Чернышеву был открыт в 1998 г. в станице Казанской Кавказского района. В него вошли бюст, школьный музей, улица и школа, носящие имя ученого [5, с. 148–150].

В отдельную категорию выделены памятники, бюсты, стелы в честь героев космоса или знаменательных событий в истории космонавтики. На территории Краснодарского края насчитывается около 20 бюстов ученым, первопроходцам космонавтики и космонавтам, созданных в 1960–2020-х годов.

Первым из известных на Кубани памятников героям космоса стал памятник Ю.А. Гагарину (1963) в Анапе на территории пионерского лагеря имени Ю.А. Гагарина. Сегодня объект находится на территории технополиса «Эра».

К данной группе также относятся бюсты Г.Я. Бахчиванджи в станице Бриньковской и Ю.В. Кондратюка в станице Октябрьской, мраморный бюст первому космонавту в Сочи (1975), бюсты Д.И. Козлову (1981) в Тихорецке и В.В. Горбатко (1985) в Новокубанске.

Среди бюстов, открытых в Краснодарском крае в последние десятилетия большинство посвящены Ю.А. Гагарину: в Анапе (2011), Краснодаре (2011, 2014), Ейске (2011), п. Архипо-Осиповка (2012), Новороссийске (2015), Хадыженске (2016), п. Парковый Тихорецкого района (2019). Два бюста летчика-космонавта В.И. Севастьянова установлены в Сочи (2005, 2019), бюсты летчика-космонавта В.В. Горбатко созданы в Новокубанске (2003) и Армавире (2018). В 2021 г. в Краснодаре на территории Краснодарского высшего военного авиационного училища лётчиков открыт бюст летчику-космонавту В.М. Комарову. Практически утрачен уникальный памятник на Кубани — стела «Покорителям космоса» в станице Некрасовская Усть-Лабинского района.

Одним из видов памятников космонавтики на Кубани являются мемориальные доски. «Мемориальная доска как знак исторической памяти, служит своеобразным каналом коммуникации, через который город передает «послания» из прошлого, адресованные настоящему и будущим поколениям человечества» [6, с. 150]. К таковым относятся доска на улице имени Ю.А. Гагарина в Краснодаре (1968), доска «Первопроходцам космоса» (2001) на административном здании международного аэропорта «Краснодар», где в 1960 г. первая шестерка космонавтов СССР проходила предполетную практику, мемориальная доска Н.Г. Чернышеву на здании школы № 20 в станице Казанской, многочисленные памятные доски на зданиях общеобразовательных учреждений Краснодарского края, носящих имя Ю.А. Гагарина. Установка мемориальных досок в честь увековечения памяти о выдающихся исторических деятелях и значимых исторических событиях была и остается самой востребованной формой увековечивания памяти выдающихся деятелей в нашей стране.

К памятникам монументальной живописи отнесены мозаичное панно на здании школы № 5 станице Бриньковской (1967), мозаика «Пионерия и космос» (1964) на фасаде здания лагеря «Звездный» во Всероссийском детском центре «Орленок»). Несколько «космических» панно были размещены на здании кинотеатра «Спутник» в Сочи (ныне утрачены). Сохранилась мозаичная композиция в честь покорителей космоса на стенах круговой веранды сочинского цирка (1971).

Тема космоса вновь приобретает сегодня популярность в российском обществе. Появлению новых памятников космонавтики способствует популяризация достижений советской и российской космонавтики в рамках празднования памятных и знаменательных дат в истории космонавтики на государственном уровне. В частности, в Краснодарском крае в 2021 г., в рамках празднования 60-летия полета Ю.А. Гагарина открыты новые памятники, которые продолжают формировать культурную память региона.

## Литература

- [1] Садым В.А., Садым К.Б. Школьные музеи космонавтики на Кубани как центры краеведческой деятельности // Наследие веков. 2018. № 1. С. 44–55. URL: [http://old.heritage-magazine.com/?page\\_id=15787](http://old.heritage-magazine.com/?page_id=15787) (дата обращения 15.12.2021).
- [2] Красильникова Е.И. Помнить нельзя забыть? Памятные места и коммеморативные практики в городах Западной Сибири (конец 1919 г. — середина 1941 г.). Новосибирск: Новосибирский гос. технический ун-т, 2015. 570 с.
- [3] Их к звездам мужество зовет! О кубанских ученых-первоходцах освоения космического пространства и летчиках-космонавтах / Администрация Краснодар. края, Краснодар. регион. обществ. организация «Федерация космонавтики Кубани». Краснодар: Диапазон-В, 2011. 128 с.
- [4] Кубань и космонавтика: Материалы региональной научно-практической конференции / под ред. Т.И. Агапова. Краснодар: б/и, 1998. 80 с.
- [5] Вознесший славу Кубани до лунных высот (К 100-летию со дня рождения Н.Г. Чернышева). Краснодар: Диапазон-В, 2006. 174 с.

## Majestic Monuments of Cosmonautics as Cultural Heritage Sites of Krasnodar Region

**Sadym Vladimir Aleksandrovich**

sadymvlad@mail.ru

Krasnodar regional public organization "Federation of cosmonautics of Kuban"

**Sadym Karine Borisovna**

karinakor@mail.ru

Kuban State Medical University

*The article is devoted to the study of majestic monuments of cosmonautics in Krasnodar region established since the beginning of 1960s up to the present moment. The authors systematize existing commemorative sites of astronautic subjects that are part of the regional historical and cultural legacy preserving the memory of the most significant science and technology achievements in cosmonautics and its creators and can be widely used to promote the role and significance of these achievements in human development. The conclusions were drawn regarding the different types of monuments of cosmonautics in Kuban and its role in the formation of historical and cultural memory of the region.*

**Keywords:** majestic monuments, historical and cultural legacy, monuments of cosmonautics, Krasnodar region, cosmonautics and culture

## References

- [1] Sadym V.A., Sadym K.B. Shkol'nye muzei kosmonavtiki na Kubani kak tsentry kraevedcheskoi deyatel'nosti [[School museums of cosmonauts in Kuban as centers for the regional studies] [Electronic resources]. Nasledie vekov [The Legacy of centuries], 2018, no 1, pp. 44–55. Available at: [http://old.heritage-magazine.com/?page\\_id=15787](http://old.heritage-magazine.com/?page_id=15787) (accessed December 15, 2021). (In Russ.).
- [2] Krasil'nikova E.I. Pomnit' nel'zya zabyt'? [if you remember you can't forget]. Pamyatnye mesta i kommemorativnye praktiki v gorodakh Zapadnoi Sibiri (konets 1919 g. — seredina 1941 g.) [Memorable places and commemorative practices in the cities of Western Siberia] (the end of 1919 — mid of 1941 g.). Novosibirsk: Novosibirsk State Technical University Publ., 2015, 570 p.
- [3] Ikh k zvezdam muzhestvo zovet! O kubanskikh uchenykh-pervoprokhodtsakh osvoeniya kosmicheskogo prostranstva i letchikakh-kosmonavtakh [Their courage calls them to the stars! About Kuban scientists-pioneers of space exploration and cosmonaut pilots]. Administratsiya Krasnodar. kraya, Krasnodar. region. obshchestv. organizatsiya "Federatsiya kosmonavtiki Kubani". Krasnodar, Diapazon-V Publ., 2011, 128 p. (In Russ.).

- 
- [4] Kuban' i kosmonavtika: Materialy regional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii [Kuban and Cosmonautics: Materials of the regional scientific and practical conference]. Edited by T.I. Agapov. Krasnodar, without a publisher, 1998, 80 p. (In Russ.).
  - [5] Voznesshiy slavu Kubani do lunnykh vysot [Lifted up the glory of Kuban to the lunar heights] (On the 100th anniversary of N.G. Chernysheva's birth). Krasnodar, Diapazon-B Publ., 2006, 174 p. (In Russ.).

УДК 929

## **Документы к биографии Ю.В. Кондратюка (А.И. Шаргея) в Архиве Российской академии наук**

**Селиванова Ольга Владимировна**

olya84@list.ru

**Архив Российской академии наук**

Представлен краткий обзор документов для реконструкции биографии и научной деятельности, а также коммеморативных документов одного из первых теоретиков отечественной ракетной техники Юрия Васильевича Кондратюка (Александра Игнатьевича Шаргея), отложившихся в фондах личного происхождения и разрядах Архива Российской академии наук. Именно его расчеты легли в основу разработки траектории полета человека на Луну. Приведена информация об источниках поступления этих документов.

**Ключевые слова:** реконструкция биографии, Юрий Васильевич Кондратюк, Александр Игнатьевич Шаргей, Архив Российской академии наук, основоположник и теоретик космонавтики, траектория полета человека на Луну

Архив Российской академии наук хранит большой комплекс документов по истории освоения космоса. Это не только материалы личных фондов ученых (например, К.Э. Циолковского, Ф.А. Цандера, С.П. Королёва, В.П. Мишина, М.В. Келдыша) и учреждений Академии наук (Института космических исследований, Института астрономии), но и так называемых разрядов (архивные коллекции документов по определенной тематике). Так, в IV разряде имеются две описи [1, 2], посвященные Юрию Васильевичу Кондратюку (настоящее имя — Александр Игнатьевич Шаргей). Часть документов, вошедших в эти описи, согласно делу фонда, была выделена в 1970 г. из фонда историка техники, популяризатора космонавтики, кандидата технических наук Б.Н. Воробьева, чьи материалы поступили в Архив АН СССР в 1965 г. [3–6]. Еще часть документов поступила в 1971 г. из Института истории естествознания и техники (ИИЕТ), причем для хранения в спецфонде, без права ознакомления без согласования с институтом. Это фотокопии личного дела А.И. Шаргея, хранящегося в ЦГИА СПб (на момент передачи — ГИА Ленинградской области), заключения криминалистической экспертизы № 17/А от 31 октября 1962 г. по фотографиям, проведенной Центральной криминалистической лабораторией Всесоюзного института юридических наук, и справка № 17 от 14 ноября 1962 г. о результатах сравнения почерков, подготовленная ЦНИИ экспертиз Министерства юстиции РСФСР.

В деле разряда также хранится справка о научной деятельности Кондратюка, составленная академиком Б.В. Раушенбахом для заместителя зав. отделом науки и учебных заведений ЦК КПСС В.В. Рябова в 1986 г. Эта справка, вероятно, была заказана в связи с показом документального фильма «Что в имени тебе моем» летчи-

ка-космонавта В.И. Севастьянова, посвященного биографии Кондратюка и приуроченного к его 90-летию. (В 1980 г. Свердловская студия кинохроники сняла фильм «Хлеб и Луна» о Ю.В. Кондратюке.) Съемочная группа (режиссер М. Шаров, оператор И. Иванов, редактор В. Хайдаров, директор фильма Т. Толмачева; Свердловская киностудия) использовала документальные материалы, фотографии, письма; беседовала с родственниками Кондратюка, людьми, которые были с ним знакомы. (Фильм был показан на Всесоюзном фестивале телефильмов в Минске, затем в Москве, Полтаве; получил премию Союза журналистов СССР.) Имеется в деле фонда и справка директора Архива АН СССР Б.В. Левшина по биографии Кондратюка. (Документ не датирован, но, по-видимому, относится к концу 1980-х гг.)

Непосредственно в IV разряде в описи 15 имеются 10 единиц хранения [1]. (Следует отметить, что специфика разрядов заключается в том, что в них отсутствует систематизация документов, присущая личным фондам ученых и фондам учреждений Академии наук. Вероятно, единицы хранения формировали по мере их поступления в Архив АН СССР либо были оставлены в первоначальном виде без изменений.) Это фотокопии и копии личного дела Кондратюка из бюро кадров Харьковского научно-исследовательского института промышленной энергетики (1933–1934), где он описывает свою трудовую деятельность (с 1915 по 1920 гг. репетитор, затем электромонтер-механик, кустарь, смазчик, кочегар, машинист, электромонтер, механик элеватора, техник, инженер и т. д. Имеет научный труд по теории межпланетных сообщений, ряд статей в журналах горной промышленности; участвовал в Западно-сибирском энергетическом съезде 1932 г.) и отмечает в графах рождения и образования потерю документов, его заявлений (заявление с просьбой о зачислении в гидроотдел института, об увольнении в связи со срочным вызовом в Москву архивные справки с биографическими сведениями о нем, ряд фотографий (фотография Кондратюка периода его обучения во 2-й Полтавской мужской гимназии, предположительно, фотография матери — Людмилы Львовны), ответы на запросы ИИЕТ из различных архивов (Государственный архив Новосибирской области (1959), Харьковский областной Государственный архив (1962)) письма Кондратюка проф. В.П. Ветчинкину и К.Э. Циолковскому (1927–1929; в приложении — письмо Госиздата В.П. Ветчинкину с предложением взять на себя редактирование работы Кондратюка «О межпланетных сообщениях». Здесь же хранятся документы о Кондратюке: письма инженера Я.Е. Шаевича и других Б.Н. Воробьеву и Л.К. Корнееву со сведениями о Кондратюке (1959–1964), очерк Шаевича (1960), доклад доцента А.В. Буткевича на заседании Новосибирского планетария 24 августа 1960 г., посвященном 60-летию со дня рождения Ю.В. Кондратюка, «Жизнь и деятельность ученого-космонавта Кондратюка. (Разведчик звездных дорог)»; пригласительный билет на заседание, совместная статья Буткевича и Шаевича «Разведчик звездных дорог», план и отдельные главы из книги Б.Н. Воробьева и В.Н. Тростникова «Юрий Васильевич Кондратюк», фрагмент воспоминаний Елены Петровны Корнеевой, газеты «Знамя труда», «Вечерний Новороссийск», «Советская Россия» и другие газеты со статьями о Кондратюке.

В опись 15а вошли 4 единицы хранения: документы к биографии (фотокопии метрического свидетельства, свидетельства полтавского мещанина, аттестата зрелости, прошения ректору Киевского университета, краткой анкеты, списка воспитанников Коллегии Павла Галагина в Киеве, вышеупомянутые документы экспертизы по установлению личности на фотографиях и по почерку, а также несколько фотографий [2].

В фонде К.Э. Циолковского хранится письмо (судя по тексту, не первое) ему от Кондратюка от 30 марта 1930 г., где тот просит выслать какие-либо сочинения и от-

мечает сходство мыслей по различным вопросам. Сохранилась и приложенная к этому письму фотография Кондратюка с дарственной надписью К.Э. Циолковскому.

В фонде Б.Н. Воробьевого остались фотографии Кондратюка (портреты и групповые фото, причем на двух из них имеется подпись «Юрия Васильевич Кондратюк, СССР, автор научных работ по ракетной технике, 1897–1942. Снимок вернуть в сохранности Борису Никитовичу Воробьеву»). Сохранились его письмо Н.А. Рынину от 1 мая 1929 г. (видимо, это перепечатка, так как сверху исправлен заголовок «Кондратюк. Из письма профессору Рынину») с описанием изобретений, отзыв Кондратюка на предложение инженера И.Д. Егорова «Летающий ветроэлектрический двигатель» от 3 июля 1938 г., а также письмо Н.В. Никитина, Б.А. Злобина и Л.А. Лифшица в редакцию газеты «Советская Россия» с просьбой собрать и опубликовать сведения о жизни и деятельности Кондратюка.

В фонде А.Л. Чижевского сохранились его заметки негативного характера о Кондратюке «Новосибирский Циолковский» или  $\sqrt{-1}$  [7], переписка с Буткевичем и Шаевичем, а также письма А.А. Благонравову с возражениями против переиздания книги Кондратюка и статьи Буткевича о Кондратюке [8].

В Архиве Российской академии наук находится достаточно большой комплекс документов по биографии и деятельности Кондратюка, позволяющий реконструировать его жизненный путь, а также ряд документов коммеморативного характера.

## Литература

- [1] Архив Российской академии наук. Р. IV. Оп. 15. Документы о деятельности Кондратюка Ю.В. Единиц хранения (дел) 10. Москва, 1927–1962, 247 л.
- [2] Архив Российской академии наук. Р. IV. Оп. 15 а. Документы к биографии Кондратюка Ю.В. Единиц хранения (дел) 4. Москва, 1915–1962, 55 л.
- [3] Архив Российской академии наук. Ф. 1528. Оп. 2. Д. 192. Кондратюк Юрий Васильевич. 19 фотографий от 6 × 8 до 23 × 18. Москва, 1937, 19 л.
- [4] Архив Российской академии наук. Ф. 1528. Оп. 2. Д. 60. Письмо Кондратюка Юрия Васильевича профессору Рынину Николаю Алексеевичу. I письмо. Машинопись. Москва, 1 мая 1929, 7 л.
- [5] Архив Российской академии наук. Ф. 1528. Оп. 2. Д. 61. Кондратюк Ю.В. Отзыв на предложение инженера И.Д. Егорова «Летающий ветроэлектрический двигатель». Авторизованная машинопись. Москва, 3 июля 1938, 8 л.
- [6] Архив Российской академии наук. Ф. 1528. Оп. 2. Д. 62. Коллективное письмо в редакцию газеты «Советская Россия» с просьбой собрать и опубликовать материалы о жизни и детальности Кондратюка Ю.В. Подлинник. Москва, 1957, 8 л.
- [7] Архив Российской академии наук. Ф. 1703. Оп. 1. Д. 201. Заметки Чижевского А.Л. «О Кондратюке Ю.В. «Новосибирский Циолковский» или  $\sqrt{-1}$ . Приложение: переписка с журналом «Авиация и космонавтика» с Буткевичем А.В., Шаевичем Я.Е. Автограф, машинопись. Москва, 12 октября 1960 — 10 октября 1962, 86 л.
- [8] Архив Российской академии наук. Ф. 1703. Оп.1. Д. 293. Письма академику А.А. Благонравову, директору издательства АН СССР и редактору журнала «Авиация и космонавтика» и др. с возражением против переиздания книги Ю.В. Кондратюка и статьи Буткевича о Ю.В. Кондратюке. Отпуск. Авторизованная машинопись. Москва, 12 июня — 15 сентября 1962, 7 л.

## Documents for the Biography of Yu.V. Kondratyuk (A.I. Shargey) in the Archive of the Russian Academy of Sciences

**Selivanova Olga Vladimirovna**

olya84@list.ru

*Archive of the Russian Academy of Sciences*

*A brief overview of documents for the reconstruction of the biography and scientific activity, as well as commemorative documents of one of the first theorists of Russian rocket technology Yuri Vasilyevich Kondratyuk (Alexander Ignatievich Shargey), deposited in the funds of personal origin and the ranks of the Archive of the Russian Academy of Sciences, is presented. It was his calculations that formed the basis for the development of the trajectory of a man's flight to the Moon. Information about the sources of receipt of these documents is provided.*

**Keywords:** biography reconstruction, Yuri Vasilyevich Kondratyuk, Alexander Ignatievich Shargey, Archive of the Russian Academy of Sciences, the founder and theorist of cosmonautics, the trajectory of a man's flight to the moon

### References

- [1] Arkhiv Rossiyskoy akademii nauk. R. IV. Op. 15. [Archive of the Russian Academy of Sciences. Section IV. Inventory 15] Dokumenty o deyatel'nosti Kondratyuka Yu.V. Edinits khraneniya (del) 10 [Documents on the activities of Kondratyuk Yu.V. Storage units (files) 10]. Moscow, 1927–1962, 247 p. (in Russ.).
- [2] Arkhiv Rossiyskoy akademii nauk. R. IV. Op. 15 a [Archive of the Russian Academy of Sciences. Section IV. Inventory 15 a]. Dokumenty k biografii Kondratyuka Yu.V. Edinits khraneniya (del) 4 [Documents for the biography of Kondratyuk Yu.V. Storage units (files) 4]. Moscow, 1915–1962, 55 p. (in Russ.).
- [3] Arkhiv Rossiyskoy akademii nauk. F. 1528. Op. 2. D. 192 [Archive of the Russian Academy of Sciences. Fond 1528. Inventory 2. File 192]. Kondratyuk Yuriy Vasil'evich. 19 fotografii ot 6×8 do 23×18 [Kondratyuk Yuri Vasilyevich. 19 photos from 6×8 to 23×18]. Moscow, 1937, 19 p. (in Russ.).
- [4] Arkhiv Rossiyskoy akademii nauk. F. 1528. Op. 2. D. 60 [Archive of the Russian Academy of Sciences. Fond 1528. Inventory 2. File 60]. Pismo Kondratyuka Yurya Vasilevicha professoru Ryninu Nikolayu Alekseevichu. I pismo. Mashinopis [Letter from Kondratyuk Yuri Vasilyevich to Professor Nikolai Alekseevich Rynin. I letter. Typescript]. Moscow, May 1, 1929, 7 p. (in Russ.).
- [5] Arkhiv Rossiyskoy akademii nauk. F. 1528. Op. 2. D. 61 [Archive of the Russian Academy of Sciences. Fond 1528. Inventory 2. File 61]. Kondratyuk Yu.V. Otzyv na predlozhenie inzherera I.D. Egorova "Letayushchiy vetroelektricheskiy dvigatel". Avtorizovannaya mashinopis' [Kondratyuk Yu.V. Feedback on the proposal of engineer I.D. Egorov "Flying wind-electric engine". Authorized typescript]. Moscow, July 3, 1938, 8 p. (in Russ.).
- [6] Arkhiv Rossiyskoy akademii nauk. F. 1528. Op. 2. D. 62 [Archive of the Russian Academy of Sciences. Fond 1528. Inventory 2. File 62]. Kollektivnoe pis'mo v redaktsiyu gazety "Sovetskaya Rossiya" s prosboj sobrat i opublikovat materialy o zhizni i detal'nosti Kondratyuka Yu.V. Podlinnik [Collective letter to the editorial office of the newspaper "Soviet Russia" with a request to collect and publish materials about the life and details of Kondratyuk Yu.V. Original]. Moscow, 1957, 8 p. (in Russ.).
- [7] Arkhiv Rossiyskoy akademii nauk. F. 1703. Op. 1. D. 201 [Archive of the Russian Academy of Sciences. Fond 1703. Inventory 1. File 201]. Zametki Chizhevskogo A.L. "O Kondratyuke Yu.V. "Novosibirskiy Tsiolkovskiy" ili √-1" [Notes by Chizhevsky A.L. "About Kondratyuk Yu.V. "Novosibirsk Tsiolkovsky" or √-1"]. Prilozhenie: perepiska s zhurnalom "Aviatsiya i kosmonavtika" s Butkevichem A.V., Shaevichem Ya.E. Avtograf, mashinopis' [Appendix: correspondence with the magazine "Aviation and Cosmonautics" with Butkevich A.V., Shaevich Ya.E. Autograph, typescript]. Moscow, October 12, 1960 — October 10, 1962, 86 p. (in Russ.).
- [8] Arkhiv Rossiyskoy akademii nauk. F. 1703. Op.1. D. 293 [Archive of the Russian Academy of Sciences. Fond 1703. Inventory 1. File 293]. Pisma akademiku A.A. Blagonravovu, direktoru izdatelstva AN

SSSR i redaktoru zhurnala "Aviatsiya i kosmonavtika" i dr. s vozrazheniem protiv pereizdaniya knigi Yu.V. Kondratyuka i stat'i Butkevicha o Yu.V. Kondratyuke. Otpusk. Avtorizovannaya mashinopis' [Letters to Academician A.A. Blagonravov, Director of the Publishing house of the USSR Academy of Sciences and editor of the journal "Aviation and Cosmonautics", etc. with an objection to the republication of the book by Yu.V. Kondratyuk and the article by Butkevich about Yu.V. Kondratyuk. Vacation. Authorized typewriting]. Moscow, June 12 — September 15, 1962, 7 p. (in Russ.).

УДК 374

## Дом юных техников г. Королёва как культурный феномен инженерного воспитания

Синицына Наталья Сергеевна  
МБУДО ДЮТ

natalsha-dubovska@mail.ru

Краеведам г. Королёва еще только предстоит выяснить детали истории городского Дома юных техников, но уже сейчас ясно, что исследователей ждут на этом пути интереснейшие открытия. Дом юных техников г. Королёва — это кузница инженерных кадров. На его базе проходят региональные, всероссийские и международные соревнования научно-технической направленности. Воспитанники Дома юных техников неоднократно являлись победителями и призерами соревнований/олимпиад регионального, всероссийского и международного уровней. Становление Дома юных техников г. Королёва непосредственно связано с началом космической эры.

**Ключевые слова:** дополнительное образование, инженер, ракетомоделизм, радиоэлектроника, Королев, Калининград, Дом юных техников

Днем своего рождения Дома юных техников (ДЮТ) г. Королева считает 15 ноября 1960 г., когда решением исполнительного комитета Калининградского городского Совета депутатов трудящихся Московской области детская техническая станция Калининградского района была передана в ведение городского отдела народного образования. До этого детская техническая станция работала в Костино, где до конца 1930-х гг. находилась Большевская трудовая коммуна, вокруг которой вырос рабочий поселок. Во время войны в соседние Подлипки была эвакуирована часть ленинградского «Арсенала», который в 1946 г. был передан в ведение Специального комитета по реактивной технике, а главным конструктором НИИ-88 назначен С.П. Королёв. Вокруг своей фирмы, Королев собирает лучших инженеров, которые сегодня признаны как выдающиеся ученые: М.К. Янгель, А.М. Исаев, Ю.А. Мосжорин, В.Ф. Уткин и многое другое.

В тот момент, когда взрослые без праздников и выходных трудились над созданием ракетного щита страны для них было крайне важно, чтобы их дети овладевали навыками трудовой деятельности, овладевали азами инженерных профессий. Сам Королев начинал в свои детские годы с того, что занимался конструированием и постройкой планеров. Предприятия Калининграда безотказно снабжали детскую техническую станцию необходимым оборудованием, материалами и инструментами.

Сегодня в Доме юных техников г. Королева учащиеся занимаются по 28 направлениям научно-технического профиля. Это авиа и ракетомоделизм, судостроение, радио-электроника, робототехника и многое другое.

Когда в постперестроечные годы свою работу прекратили все технические кружки в г. Королёве Дом юных техников сумел сохранить и продолжал развивать свою научно-техническую направленность. Преподавательский коллектив ДЮТа также сохранил свою уникальность. Среди более пятидесяти преподавателей ДЮТа сегодня есть кандидаты наук, мастера спорта, обладатели почетных наград и званий в области педагогики, техники и спорта и аттестованы на первую и высшую квалификационные категории. Преподавание по таким направлениям как: авиа-ракетомоделизм, судомоделизм, радиоуправляемые модели самолетов, радиоконструирование и радиосвязь, астрономия, экспериментальная физика, география и многие другие ведется по уникальным обучающим программам.

Сегодня в Доме юных техников имеют возможность бесплатно обучаться 1100 детей. При этом дети имеют возможность (и пользуются ей) обучаться по нескольким специальностям одновременно. Каждый год несколько учеников ДЮТа получают губернаторскую стипендию за успехи. Всего среди учеников ДЮТа 50 стипендиатов губернатора Московской области и два лауреата премии Президента РФ «По поддержке талантливой молодежи», подготовлено два победителя первенства мира по судомодельному спорту. В ДЮТе имеется два действующих станочных парка с фрезерными, токарными, слесарными станками; кабинет малых универсальных станков; печи для обжига керамики; бассейн для работы секции судомоделирования и создания подводных роботов. По сути Дом юных техников г. Королёва выполняет градообразующие функции, поскольку там осуществляется ранняя профориентация детей, для будущей работы на ведущих предприятий города.

Ученики ДЮТа поддерживают славу наукограда.

Мы можем однозначно сказать, что среди муниципальных учреждений дополнительного образования нет других организаций такого уровня, с такой историей и с таким количеством секций научно-технической направленности.

В юбилейный год 60-летия Полета Ю.А. Гагарина семья С.П. Королёва поддержала идею присвоения «Дому юных техников» г. Королёва имени Главного конструктора.

## **Литература**

- [1] Актуальные проблемы развития ребенка в дошкольном и дополнительном образовании / под ред. Л.И. Шварко и др. СПб.: Детство-Пресс, 2013. 192 с.
- [2] Евладова Е.Б., Логинова Л.Г., Михайлова Н.Н. Дополнительное образование детей. М.: Владос, 2015. 352 с.
- [3] Золотарева А.В. Дополнительное образование детей. М.: Академия развития, 2016. 304 с.
- [4] Лебедева О.Е. Дополнительное образование детей. М.: Книга по требованию, 2016. 256 с.

## **Children's and Youth Art Schools in Korolev as a Cultural Phenomenon of Engineering Education**

**Sinitsyna Natalya Sergeevna**

[natasha-dubovska@mail.ru](mailto:natasha-dubovska@mail.ru)

**MBUDO "House of young technicians" (Korolev, Moscow region)**

*Local historians of Korolev have yet to find out the details of the history of the city House of Young Engineers, but it is already clear that the most interesting discoveries await researchers on this path. The House of Young Technicians in Korolev is a forge for engineering personnel. Regional, all-*

*Russian and international competitions of scientific and technical orientation take place on its basis. Pupils of Children's Technical School have repeatedly become winners and prize-winners of competitions/ Olympiads of regional, all-Russian and international levels. The formation of the House of Young Engineers in Korolev is directly connected with the beginning of the space age.*

**Keywords:** shipbuilding, aviation, robotics, education, Korolev, Kaliningrad, House of Young Engineers

## References

- [1] Aktual'nye problemy razvitiya rebenka v doshkol'nom i dopolnitel'nom obrazovanii [Actual problems of child development in preschool and additional education]. Edited by L.I. Shvarko et al. St.-Petersburg, Detstvo-Press, 2013, 192 p. (In Russ.).
- [2] Evladova E.B., Logvinova L.G., Mikhailova N.N. Dopolnitel'noe obrazovanie detei [Additional education]. Moscow, Vlados Publ., 2015, 352 p. (In Russ.).
- [3] Zolotareva A.V. Dopolnitel'noe obrazovanie detei [Additional education]. Moscow, Akademiya razvitiya Publ., 2016, 304 p. (In Russ.).
- [4] Lebedeva O.E. Dopolnitel'noe obrazovanie detei [Additional education of children]. Moscow, Kniga po trebovaniyu Publ., 2016, 256 p. (In Russ.).

УДК 629.7

## Давыдов Иосиф Викторович — испытатель, исследователь и спасатель космонавтов в экстремальных ситуациях космического полета

Степанов Геннадий Николаевич [stepanov\\_gn@gazprom-spacesystems.ru](mailto:stepanov_gn@gazprom-spacesystems.ru)  
Технологический университет имени дважды Героя Советского Союза,  
летчика-космонавта А.А. Леонова

*Начальник отдела Давыдов Иосиф Викторович — испытатель, исследователь и спасатель космонавтов по действиям в экстремальных ситуациях космического полета, участвовал в подготовке 96 советских, российских и зарубежных космонавтов, писатель повестей, рассказов, о событиях, происходивших на его глазах, во многих из которых он принимал непосредственное участие и итогов в многолетней работы в Центре подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина.*

**Ключевые слова:** Центр подготовки космонавтов, писатель, экстремальные ситуации космического полета, испытатель

Много книг и страниц Иосиф Викторович посвятил своим товарищам — испытателям и спасателям, с кем рядом он шел по трудным и опасным земным дорогам, труясь во имя и на благо космонавтики. В его книгах отражены много личных переживаний и воспоминаний, основанных на фактах тех лет, когда он находился в гуще событий, касавшихся жизни Центра подготовки космонавтов и предприятий, работавших на космонавтику [1–4].

Первое знакомство с космонавтикой И. Давыдова произошло еще в 1960 г., когда, работая в Испытательном институте имени В.П. Чкалова, он участвовал в испытаниях самолета Ту-104, используемого в качестве «бассейна невесомости» для тренировок Первого отряда космонавтов.

Встреча с Владимиром Комаровым, которого он знал еще раньше по службе в Испытательном институте, стала поворотным моментом в жизни И. Давыдова. По рекомендации Владимира Комарова он и оказался в Центре подготовки космонавтов.

Став начальником тренажера, на котором отрабатывались процессы сближения и стыковки кораблей «Союз» на орбите, И. Давыдов с 1964 по 1968 год участвовал в подготовке к испытательным полетам Владимира Комарова, Георгия Берегового, а затем и в подготовке многих экипажей, выполнивших одну из ответственных задач космического полета — стыковку.

Его участие в подготовке экипажей кораблей «Союз-4» и «Союз-5» позволило реализовать уникальную программу по созданию экспериментальной космической станции из двух кораблей, где после стыковки был впервые осуществлен переход экипажа их корабля в корабль через открытый космос.

Он посвятил свою жизнь работе по обеспечению безопасности космических полетов на наиболее ответственных и опасных их участках — старте, выведении на орбиту и завершающих этапах — в процессе приземления и после вынужденной посадки в экстремальных условиях.

В качестве специалиста и члена Госкомиссии от ЦПК он участвовал во многих испытаниях систем аварийного спасения и приземления.

По его инициативе был создан Отдел средств аварийного спасения, приземления, поиска, эвакуации и подготовки космонавтов к действиям после вынужденной посадки в экстремальных условиях различных климатогеографических зон. Впоследствии И. Давыдов возглавил это отдел, где космонавты проходили специальную подготовку.

Как представитель ЦПК, он участвовал во многих поисково-спасательных операциях при возвращении космонавтов на Землю. На его долю выпало непосредственное участие в наиболее сложных операциях из этих операций: при посадке космонавтов Зудова и Рождественского на замерзающее озеро Тенгиз, при аварийной посадке Лазарева и Макарова в горах Алтая, Губарева и Гречко — в бурянной степи зимой при шквальном ветре и пурге.

Завершив службу в Вооруженных силах, он продолжал участвовать в общественных делах, связанных с космонавтикой и возглавлял Центральный совет Международного фонда поддержки российской космонавтики.

Читая его повести, рассказы, очерки и зарисовки [1–4], мы узнаем о людях, которые в труднейших ситуациях, связанных с потерей здоровья, а иногда и жизни, не теряли своего человеческого достоинства, своей чести. И самого И.В. Давыдова можно смело назвать одним из активных творцов космического подвига нашего народа.

## Литература

- [1] Давыдов И.В. Мгновения космической эры. М., 2016. 300 с.
- [2] Давыдов И.В. Триумф и трагедия советской и российской космонавтики. М.: Глобус, 2007. 585 с.
- [3] Давыдов И.В. Триумф и трагедия советской космонавтики. М.: Глобус, 2000. 320 с.
- [4] Давыдов И.В. Дыхание бессмертия. М.: Современник, 1979. 256 с.

## Davydov Iosif Viktorovich — Test Pilot, Researcher and Rescuer of Astronauts in Extreme Situations of Space Flight

**Stepanov Gennadiy Nikolaevich**

stepanov\_gn@gazprom-spacesystems.ru

*Technological University named after twice Hero of the Soviet Union, pilot-cosmonaut A.A. Leonov*

*Head of the department Iosif Viktorovich Davydov — test, researcher and cosmonaut rescuer for actions in extreme situations of space flight, participated in the training of 96 Soviet, Russian and foreign cosmonauts, writer of stories, stories, about events that took place before his eyes, in many of which he took direct participation and results in many years of work at the Yuri Gagarin Cosmonaut Training Center.*

**Keywords:** cosmonaut training center, Writer, extreme situations of space flights, tester

### References

- [1] Davydov I.V. Mgnoveniya kosmicheskoi ery [Space Age Moments]. Moscow, 2016, 300 p. (In Russ.).
- [2] Davydov I.V. Triumf i tragediya sovetskoi i rossiiskoi kosmonavtiki [Triumph and tragedy of Soviet and Russian cosmonautics]. Moscow, Globus Publ., 2007, 585 p. (In Russ.).
- [3] Davydov I.V. Triumf i tragediya sovetskoi kosmonavtiki [Triumph and tragedy of Soviet cosmonautics]. Moscow, Globus Publ., 2000, 320 p. (In Russ.).
- [4] Davydov I.V. Dykhanie bessmertiya [Breath of immortality]. Moscow, Sovremennik Publ., 1979, 256 p. (In Russ.).

УДК 394.46

## Данков, ты просто космос!

**Усов Павел Иванович**

usoff.pawel2014@yandex.ru

*МБУ ДО «Центр детского творчества г. Данков»*

*«Просто космос» — выражение, которое пошло из Интернета и стало своеобразным мемом, позволяющим выразить свои эмоции. Просто космос — значит, супер, классный, крутыЙ, красивый — так выражается оценка предмета, явления или человека, восхищение им. В докладе это выражение применено по отношению к целому городу: небольшому, старинному, казачьему городу Данков Липецкой области. Автор не просто отдает дань восхищения Данкову как необыкновенному, классному городу, но и отмечает, что в нем родились, жили и творили люди, чья судьба была непосредственно связана с космосом.*

**Ключевые слова:** Данков, космос, планетарий, Шевляков, Смолеевский, Плотнов, Демиденко

Выступая 1 апреля 2021 г. на предыдущих, 45-х Королёвских чтениях, я рассказывал в своем докладе «Их жизнь и судьба были яркими, как звезды» о династии Шевляковых [1, 2]. Иван Фёдорович Шевляков, почетный гражданин города Данкова, более 50 лет проработал лектором московского планетария, в 1975 г. основал Данковский планетарий, ныне носящий его имя. Его племянница, Ирина Вячеславовна Ракобольская, доктор физико-математических наук, профессор кафедры космических лучей и физики космоса физического факультета МГУ, заслуженный деятель науки Российской Федерации.

ской Федерации. В годы Великой Отечественной войны Ирина Ракобольская служила начальником штаба 588-го женского авиационного полка ночных бомбардировщиков. Ирина Ракобольская воспитала замечательных сыновей, один из которых — профессор Андрей Линде — знаменитый физик-теоретик, занимающийся инфляционной теорией Вселенной, профессор Стэнфордского университета США. Второй сын — Николай Линде — профессор, психолог, автор нового, современного аналитического-действенного направления (модальности) психотерапии «Эмоционально-образная терапия Н.Д. Линде».

Ярким примером исполнения девиза всех исследователей, путешественников и космонавтов «Per aspera ad astra!» — «Через тернии к звездам!», является судьба еще одного нашего знатного земляка — Смолеевского Александра Егоровича. Выпускник школы № 4 г. Данкова, данковского медицинского училища, он в 2005 г. с отличием окончил Военно-медицинскую Академию имени С.К. Кирова и интернатуру по специальности «врач общей практики». С 2006 г. научный сотрудник научно-исследовательского испытательного отдела, научно-исследовательского испытательного центра авиационной, космической медицины и военной эргономики. Специалист по медицинскому обеспечению испытаний авиационных комплексов и образцов военной техники, медицинских приборов, аппаратов и комплексов. Он стал участником международного проекта «Марс-500», имитировавшего пилотируемый полет на Красную планету.

В этом небывалом для мировой науки проекте, который продолжался 520 суток, принимали участие 6 исследователей из разных стран, в том числе и наш земляк Александр Смолеевский! Во время «полета» члены экипажа находились в специальной капсуле, полностью изолированные от окружающего мира. В ходе эксперимента испытывалось новейшее оборудование, в том числе скафандры, проводились медицинские эксперименты, имитировался выход в открытый космос, и даже «примарсанивание», которое тоже осуществил данковчанин Александр Смолеевский [3].

Культурной достопримечательностью Данкова является картинная галерея, которую жители города любовно называют «Малая Третьяковка», открытая в 1968 г. по инициативе и при непосредственном участии еще одного нашего земляка, замечательного художника Андрея Плотнова. Родился А.И. Плотнов в 1916 г. в деревне Верхняя Павловка Данковского района в семье крестьянина. Учился в сельской школе №1 г. Данкова. В 1932 г. семья его переехала в Москву, где он поступил в художественный техникум, а затем в Московский художественный институт имени В.И. Сурикова. Всесоюзную известность художнику принесли картины на тему космоса и первых советских космонавтов: триптих о Ю.А. Гагарине («Перед стартом», «На родной земле», «Счастье матери») (1976), «Валентина Терешкова» (1975). А.И. Плотнов был единственным советским художником, который написал портрет Юрия Гагарина с натуры.

Как уже говорилось, наш город Данков — небольшой провинциальный город с богатыми историческими традициями [1, 2]. Он был построен в 1568 г. в Диком поле для защиты южных рубежей московского царства от набегов кочевых племен. Много славных страниц в историю России наши предки: казаки, стрельцы, пушкари, о чем до настоящего времени говорят названия данковских слобод!

В современной истории своим становлением как города и центра района Данков обязан химическому заводу [4, 5]. В 70-е годы XX в. на въезде в город стоял памятник, на котором было написано: «Данков — город химиков». Строительство первого в стране химического завода по производству кремнийорганической продукции

началось на базе завода «Расткаучук», построенного в 1938 г. и выпускавшего натуральный каучук из местного сырья — кок-сагыза. А в 1953 г. завод был переориентирован на выпуск кремнийорганической продукции, которая широко использовалась во всех секторах экономики, включая авиационную, ракетно-космическую, атомную отрасли, производство ядерных боеприпасов. Потребителями продукции являлись более 3 тысяч предприятий различных отраслей промышленности, организаций, строек, научно-исследовательских институтов. По некоторым данным, пластины солнечных батарей на знаменитом «Буране» приклеивались kleem, произведённым на Данковском химическом заводе! На базе завода специалисты готовили кандидатские и докторские диссертации. В 1960-е годы на завод неоднократно приезжал основатель отечественной кремнийорганической химии, академик, Герой Социалистического труда, Кузьма Андрианович Андрианов. В 1984 г. заводу было присвоено его имя. В 1977 г. завод посетил летчик-космонавт Андриан Григорьевич Nikolaev.

Расскажу еще об одном замечательном данковском художнике, нашем современнике, Сергее Владимировиче Демиденко, чье творчество непосредственно связано с темой космоса.

Сергей Демиденко, человек, увлечённый космосом, художественным творчеством и фотографией, член творческого объединения художников «Созвездие видений», работы которого часто печатаются в ведущих изданиях и каталогах. Работы Сергея Владимировича экспонируются на всевозможных выставках, например, 1 апреля текущего года, в московском Центральном Доме авиации и космонавтики, на выставке «От Востока до Бурана».

И еще об одной выставке хотелось бы сказать особо. 28 сентября в Данковском краеведческом музее состоялось открытие коллективной художественной выставки московских художников — космистов «Ближе к звездам!», посвященной «Гагаринскому году» и первому полету человека в космос [6].

Организатором художественной выставки стало арт-объединение «Созвездие видений» Творческого союза профессиональных художников совместно с ассоциацией музеев космонавтики России (АМКОС) в рамках Международного культурно-выставочного проекта «АРТ\_ИНТЕРКОСМОС XXI век». В разных форматах данная передвижная выставка экспонировалась в Мемориальном музее космонавтики на ВДНХ, в Доме космонавтов Звездного городка, Центре подготовки космонавтов им. Ю.А. Гагарина, Центральном Доме журналиста и на других выставочных площадках столицы и России.

Непосредственным инициатором этого вернисажа со стороны Данкова стал Планетарий имени И.Ф. Шевлякова, действующий на базе Центра детского творчества. Но она не состоялась бы без участия главного идеиного вдохновителя вернисажа — Дмитрия Васильевича Ярошевского, руководителя отделения Ассоциации музеев космонавтики России (АМКОС), талантливого художника, писателя и журналиста.

Экспозиция состояла из 30 художественных работ и фотографий мастеров космического искусства из разных городов России, в том числе Сергея Демиденко и Дмитрия Ярошевского.

Выставка ознаменовала ещё одно очень важное событие для Данкова — открытие местного отделения Ассоциации музеев космонавтики России, которое возглавил Сергей Демиденко.

Если еще кто-то сомневается, что Данков — это космос, приведу еще несколько фактов.

В соседнем с Данковом районном центре с красивым названием Лебедянь прошли детские и юношеские годы будущего академика, Евгения Анатольевича Микрина, вся жизнь которого связана с предприятиями космической отрасли. В Лебедяни он с золотой медалью окончил среднюю школу. Во второй половине 1980-х годов выдающийся ученый участвовал в создании математического обеспечения для управления объединенной двигательной установкой транспортной системы «Буран», в 1990 г. защитил кандидатскую, а в 2001 г. докторскую диссертацию.

Уроженец села Александровка Становлянского района Сергей Трещёв — единственный из наших земляков, побывавший в космосе. Его полет в качестве бортинженера транспортного корабля «Союз ТМ» и пятой основной экспедиции МКС в 2002 г. продолжался почти 185 земных суток. Из них пять часов Трещёв провел в открытом космосе. Среди личных вещей брал в космический полет герб города Липецка.

Продолжая тему «липецких космонавтов», необходимо также сказать о том, что наш областной центр, город Липецк, часто называют «городом космонавтов». Для этого есть веская причина. Командиры и бортинженеры «Востоков», «Восходов», «Союзов», набирались в отряд космонавтов в основном из военных летчиков. И очень многие из них проходили подготовку в Липецком авиацентре, как до полётов на орбиту Земли, так и после них. Достоверно известно, что в Липецке обучались и проходили переподготовку 28 членов отряда космонавтов СССР и России [1, 2].

Новую боевую технику у нас осваивали и космонавт № 2 Герман Титов, и первый человек, вышедший в открытый космос, Алексей Леонов, и дублер Гагарина Григорий Нелюбов, и многие другие космонавты. Например, дважды Герой Советского Союза, летчик-космонавт Владимир Джанибеков, переучивался в Липецком авиацентре на самолет МиГ-21 в 1972 гу.

Кстати, в данковском селе Перехваль живет после ухода в отставку один из бывших начальников Липецкого авиацентра, генерал-майор Николай Иванович Чага.

Но это все тема следующего разговора.

## Литература

- [1] Малюков И.Ф., Усов П.И. Край наш Данковский. Липецк: Веда социум, 2018. 200 с.
- [2] Липецкая энциклопедия: в 3 т. / под ред. Б.М. Шальнева, В.В. Шахова. Липецк: Гэлион, 1999.
- [3] Кудаева М. Марсонафт из Данкова // Липецкая газета. 9 апреля 2021. № 42. URL: <https://dlib.eastview.com/browse/doc/67494783> (дата обращения 12.11.2021).
- [4] Ряховский Н.М. Данковский химический: рассказ о заводе и его людях. Воронеж: Центр.-Чернозем. кн. изд-во, 1990. 160 с.
- [5] Официальный сайт ОАО «Силан». URL: <http://silan.ru/> (дата обращения 15.11.2021).
- [6] Газета «Заветы Ильича», 30 сентября 2021. № 39 (12332). С. 3.

## Dankov, You're Just Space!

*Usov Pavel Ivanovich*

*usoff.pawel2014@yandex.ru*

*MBU DO "Center of children's creativity of Dankov"*

*'Just space' is an expression that came from the Internet and became a kind of meme that allows you to express your emotions. It's just that space means super, cool, cool, beautiful — this is how the evaluation of an object, phenomenon or person, admiration for them is expressed. In the report, this*

*expression is applied to an entire city: a small, ancient, Cossack town of Dankov in the Lipetsk region. The author not only pays tribute to Dankov as an extraordinary, cool city, but also notes that people were born, lived and created in it, whose fate was directly connected with the cosmos.*

**Keywords:** Dankov, space, planetarium, Shevlyakov, Smoleyevsky, Plotnov, chemical plant

## References

- [1] Malyukov I.F., Usov P.I. Krai nash Dankovskii [Our Dankovsky region]. Lipetsk, Veda sotsium Publ., 2018, 200 p. (In Russ.).
- [2] Lipetskaya entsiklopediya [Lipetsk Encyclopedia]: in 3 vols. Edited by B.M. Shalnev, V.V. Shakhov. Lipetsk, : v 3 t. / pod red. B.M. Shal'neva, V.V. Shakhova. Lipetsk, Gelion Publ., 1999. (In Russ.).
- [3] Kudaeva M. Marsonaft iz Dankova [Marsonaft from Dankov]. Lipetskaya gazeta [Lipetsk newspaper]. April 9, 2021, no. 42. Available at: <https://dlib.eastview.com/browse/doc/67494783> (accessed November 12, 2021). (In Russ.).
- [4] Ryakhovskii N.M. Dankovskii khimicheskii: rasskaz o zavode i ego lyudyakh [Dankovsky Chemical: a story about the plant and its people]. Voronezh, Tsentr.-Chernozem. kn. izd-vo Publ., 1990, 160 p. (In Russ.).
- [5] Ofitsial'nyi sait OAO "Silan" [The official website of Silan OJSC]. Available at: <http://silan.ru/> (accessed November 15, 2021). (In Russ.).
- [6] Gazeta "Zavety Il'icha" [The newspaper "Testaments of Ilyich"], September 30, 2021, no. 39 (12332), p. 3. (In Russ.).

УДК 629.788

## Космонавтика и воспитание подрастающего поколения

Чуцков Александр Иванович

tenhi\_9@mail.ru

Администрация Новокубанского района

В 2021 году под г. Армавиром прошел первый астрономический фестиваль «Дотянуться до звезд». Астрономический фестиваль планируется сделать одной из главных площадок в Краснодарском крае, где будет происходить общение профессионалов в области астрономии, аэрокосмического образования и тех, кому просто интересны звезды и космическая культура. Властями г. Армавира и широкой общественностью города принято решение по созданию в Армавире «Музея космоса, космонавтики и авиации». Армавирцы верят, что новый городской музей станет важной точкой формирования сознания горожан и основанием для строительства в Армавире целого кластера, связанного с космическим туризмом.

**Ключевые слова:** космос, молодежь, воспитание, исследования

В октябре 2021 года в г. Армавире во время проведения первого астрономического фестиваля «Дотянуться до звезд» было подписано трехстороннее соглашение между Ассоциацией музеев космонавтики России в лице советского космонавта, Героя России Авдеева Сергея Васильевича, администрацией города Армавира в лице главы Харченко Андрея Юрьевича и Краснодарским региональным отделением Русского географического общества в лице Чайки Ивана Геннадьевича о создании в г. Армавире Музея космоса, космонавтики и авиации.

Космос всегда привлекал и продолжает привлекать внимание человека. С самого раннего детства мы поднимаем глаза и всматриваемся в ночное небо, наблюдаем за

Луной, считаем звезды, загадываем желания при падении метеоритов. Человек будет стремиться осваивать космос и однажды сделает его своим домом, но для совершенства новых прорывов в космонавтике людям нужно мечтать, как когда-то мечтали основоположники современной космонавтики [1–3].

Астрофестивалю в х. Красин г. Армавира предшествовал организованный в х. Горькая Балка Новокубанского района в августе 2021 года Армавирским местным отделением Русского географического общества астрокемпинг «Звезды зовут», который посетило более 200 человек. Астрокемпинг привлек внимание общественности и средств массовой информации, способствовал росту популярности астрономии и космонавтики среди населения. Среди посетителей астрокемпинга преобладала молодежь.

Необходимость создания космического музея в Армавире подсказывала сама история города. Армавир, безусловно, внес свою лепту в покорение космоса. Среди окончивших с разные годы выпускников Армавирского высшего военного авиационного училища (АВВАКУЛ) 15 носят звание летчик-космонавт. Четверо из них выполняли космические полеты.

В 1991 г. первым из выпускников отправился в космос золотой медалист АВВАКУЛ Геннадий Манаков в качестве командира космического корабля «Союз ТМ-10». Продолжительность полета составляла 130 суток. Второй космический полет Герой Советского Союза Г. Манаков совершил 24 января 1993 года в роли командира космического корабля «Союз ТМ-16», в полете находился 179 суток, дважды выходил в открытый космос, общая продолжительность выходов — 9 часов 58 минут.

2 октября 1991 года в 10-суточный полет в качестве космонавта-исследователя в экспедицию на орбитальный комплекс «Мир» отправился выпускник 1969 года, заслуженный летчик-испытатель СССР, Герой Советского Союза Токтар Аубакиров, будущий Народный Герой Республики Казахстан. Поскольку Т.О. Аубакиров совершил космический полет, уже имея звание Героя Советского Союза за мужество и героизм, проявленные при испытании новой авиационной техники, а повторные награждения «Золотой Звездой» с 1988 года были отменены, за свой полет в космос он награжден орденом Октябрьской Революции.

2 сентября 2015 года в космос отправился выпускник АВВАКУЛ 1991 года, теперь гражданин Республики Казахстан, Айдын Аимбетов в качестве бортинженера космического корабля «СОЮЗ-ТМА-18».

166 суток и 20 часов в космосе провел выпускник 1999 года, золотой медалист Армавирского военного авиационного института Александр Мисуркин, совершивший полет 29 марта марта 2013 года с тремя выходами в открытый космос общей продолжительностью 20 часов 2 минуты. В сентябре 2017 года Александр Мисуркин стартовал в качестве командира экипажа космического корабля «Союз-МС-056» и экипажа Международной космической станции по программе основных космических экспедиций МКС-53-54. Полёт к МКС осуществлялся по «короткой» шестичасовой четырёхвитковой схеме. 3 февраля 2018 года Александр Мисуркин и космонавт Антон Шkapлеров совершили выход в открытый космос. За время работы на внешней поверхности МКС космонавты установили на приборный блок остронаправленной антенны новый приёмный модуль широкополосной системы связи, позволяющей существенно увеличить пропускную способность и эффективность передачи телеметрической и целевой информации в режиме реального времени с помощью спутниковой системы «Луч». Также космонавты провели ряд дополнительных работ с оборудованием на внешней поверхности станции. Продолжительность их пребыва-

ния в условиях открытого космоса составила 8 часов 12 минут, что стало рекордом пребывания российских космонавтов в космосе. Александр Мисуркин вместе с Владимиром Познером комментировал запуск киноэкипажа осенью 2021 года. В настоящее время проходит подготовку в качестве командира основного экипажа ТПК «Союз МС-20», старт которого запланирован на 8 декабря 2021 года. Во время полёта планируется доставить двух космических туристов — участников 21-й экспедиции посещения МКС: японского предпринимателя Юсаку Маэдзавы и его ассистента Йозо Хирено. Длительность космического полета составит 12 дней.

Частичку космической «летописи» г. Армавира можно увидеть в Музее истории боевой славы летного училища в зале космонавтики, где собраны десятки экспонатов.

В музее училища хранится вымпел Центра подготовки космонавтов им. Ю.А. Гагарина с памятной надписью «Родному Армавирскому ВВАКУЛу в день 50-летия от выпускников училища-космонавтов: Ю.Ф. Исаулова, Н.С. Грекова, Г.М. Манакова, С.В. Кричевского, А.Н. Яблонцева, А.С. Андрющкова, С.Ю. Возовикова, Т.О. Аубакирова» и их автографами.

Накануне Дня космонавтики в 2018 году в Армавире, в сквере на пересечении ул. Кирова и ул. Комсомольской состоялось торжественное открытие памятника нашему земляку, летчику-космонавту, дважды Герою Советского Союза Виктору Васильевичу Горбатко.

Помимо этого в городе в дополнение к существующим туристическим маршрутам Армавирским местным отделением РГО предложено создать направление «Тропа космонавтов».

Планируется создание и развитие подросткового движения «Юный космонавт».

Согласно аналитическому докладу, подготовленному в апреле 2020 года Всероссийским центром изучения общественного мнения (ВЦИОМ): «Привлекательность космической отрасли для россиян остается на среднем уровне. В сознании наших соотечественников издержки, связанные с работой в данной отрасли, часто перевешивают востребованность и важность такой работы, что является мотивом отказа от рассмотрения космических профессий как перспективных для своих детей или внуков. Недостаточной, согласно опросу, является сегодня проводимая работа по популяризации отечественной космонавтики..., современная космонавтика переживает кризис смыслов» [4].

В этой связи особо актуальной является любая деятельность по популяризации астрономии и космонавтики среди подрастающего поколения, которая будет способствовать решению комплекса важных задач: начиная от просветительских и заканчивая рекрутингом кадров в космическую отрасль.

«В космонавтику надо вернуть мечту! Мечта — это некий чертеж тонкими линиями, сегодняшнее простраивание того, что завтра станет реальностью. Там, где есть мечта, там будут великие свершения. И надо этой мечтой увлекать молодежь. Это сродни передачи огня — ты должен кого-то „зажечь“, а он „зажжет“ другого!», — считает Сергей Жуков, исполнительный директор кластера космических технологий и телекоммуникаций фонда «Сколково».

## Литература

- [1] Циолковский К.Э. Вне Земли: сборник научно-популярных и научно-фантастических работ. М.: ООО «Луч», 2008. 368 с.
- [2] Цандер Ф.А. Проблемы межпланетных полетов: сборник. М.: Наука, 1988. 232 с.

- [3] Феоктистов К.П. Траектория жизни: между вчера и завтра. М.: Вагриус, 2000. 379 с.
- [4] Доклад ВЦИОМ от 2019 г. URL: <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/itogi-2019-go-sobytiya-lyudi-oczenki-ozhidaniya-ot-2020-go> (дата обращения 12.12.2021).

## Cosmonautics and the Upbringing of the Younger Generation

**Chutskov Alexandr Ivanovich** tenhi\_9@mail.ru  
*Administration of Novokubansky district*

*In 2021 the first Astrofestival "Reaching for the Stars" took place near Armavir. Astrofestival is planned to become one of the main sites in Krasnodar Krai, where professionals in the field of astronomy, aerospace education and those who are simply interested in stars and space culture will communicate. Authorities of Armavir and the public of the city decided to create in Armavir "Museum of Cosmos, Cosmonautics and Aviation". Armavir citizens believe that new city museum will become an important point to form consciousness of citizens and basis for creation of whole cluster, connected with space tourism.*

**Keywords:** space, youth, generation, explore

### References

- [1] Tsiolkovskii K.E. Vne Zemli: sbornik nauchno-populyarnykh i nauchno-fantasticheskikh rabot [Beyond the Earth: a collection of popular science and science fiction works]. Moscow, 000 "Luch" Publ., 2008, 368 p. (In Russ.).
- [2] Tsander F.A. Problemy mezoplanetnykh poletov: sbornik [Problems of interplanetary flights: collection]. Moscow, Nauka Publ., 1988, 232 p. (In Russ.).
- [3] Feoktistov K.P. Traektoriya zhizni: mezhdu vchera i zavtra [Trajectory of life: between yesterday and tomorrow]. Moscow, Vagrius Publ., 2000, 379 p. (In Russ.).
- [4] Doklad VTsIOM ot 2019 g. [VTSIOM report from 2019]. Available at: <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/itogi-2019-go-sobytiya-lyudi-oczenki-ozhidaniya-ot-2020-go> (accessed December 12, 2021). (In Russ.).

УДК 069

## Ю.В. Кондратюк. 125-летие и продолжение истории

**Щукина Елена Михайловна** eschukina@admnsk.ru  
*Муниципальное автономное учреждение культуры «Музей Новосибирска»*

*В июне 2022 г. исполняется 125 лет со дня рождения одного из пионеров мировой космонавтики Юрия Васильевича Кондратюка (настоящее имя — Александр Игнатьевич Шаргей), судьба которого тесным образом связана с Новосибирском. У музея Новосибирска большие планы по празднованию 125-летия ученого и по дальнейшему развитию «Дома Кондратюка», который является отделом музея Новосибирска. В этом здании мы должны сохранить дух удивительного и очень талантливого человека, который в течение всего четырех лет был новосибирцем.*

**Ключевые слова:** Кондратюк, пионер космонавтики, Новосибирск, Дом Кондратюка

## Ю.В.Кондратюк. 125-летие и продолжение истории

В июне 2022 г. исполняется 125 лет со дня рождения одного из пионеров мировой космонавтики Юрия Васильевича Кондратюка (настоящее имя — Александр Игнатьевич Шаргей), судьба которого тесным образом связана с Новосибирском. В центре Новосибирска сохранилось здание «Дом Ю.В. Кондратюка», в котором ученый работал в 1927–1930 гг. В 1993 г. в здании был открыт мемориальный музей Ю.В. Кондратюка, в 2010 г. преобразованный в Музей Новосибирска. Сегодня здание-памятник законсервировано ввиду аварийного состояния.

Талантливый инженер, ученый-самоучка, волею судьбы вынужденный скрывать свое подлинное имя, не имея никакой поддержки в теоретических исследованиях, за-служенно признан пионером мировой космонавтики. Именно в Новосибирске в 1929 г. Ю.В. Кондратюк издал книгу «Завоевание межпланетных пространств», в которой изложил последовательность первых этапов освоения космического пространства [1].

Выделим основные идеи ученого-самоучки в теории космонавтики [1–3]:

- теория промежуточных межпланетных станций;
- экспедиция на другую планету через ее орбиту;
- использование энергии Солнца с помощью зеркал;
- ракета с крыльями для возвращения на Землю;
- выход человека в открытый космос через шлюз в специальном костюме;
- функционирование баз снабжения на Луне и другие.

Также не будем забывать о Ю.В. Кондратюке как талантливом инженере, для которого были свойственны оригинальные и дерзкие для того времени решения любых вопросов, за которые он брался.

Учитывая огромную роль Ю.В. Кондратюка в теории ракетной техники и освоении космического пространства, систематическую работу новосибирцев по изучению, сохранению и популяризации его наследия, вклад сибиряков в развитие отечественной и мировой космонавтики, предлагаем реализовать возможность определить Новосибирск в качестве центра общероссийского празднования юбилея великого ученого [4]. Эта инициатива была озвучена Президентом Ассоциации музеев космонавтики России В.А. Джанибековым в обращении к первым лицам города и области.

В настоящее время создан оргкомитет празднования юбилея ученого, который возглавил мэр Новосибирска А.Е. Локоть. Подготовлены предложения в план мероприятий. Наиболее значимые из них следующие (все названия рабочие):

- две выставки (в музее и уличнаяотовыставка) под общим названием «Сибирский Леонардо» (автор названия А.С. Марусев). Акцент будет сделан на новаторские идеи ученого в разных сферах, где ему пришлось работать;
- выставка «Непохожие судьбы одной книги». Сегодня в разных местах сохранились всего пять экземпляров книги «Завоевание межпланетных пространств» из двухтысячного тиража 1929 г. [1]. В здании, где книги были напечатаны, мы соберем все пять и расскажем их историю;
- выставка «Космические странники» представит коллекцию метеоритов из Института геологии СО РАН и расскажет об астероидах, 17 из которых названы в честь новосибирцев, в том числе и Ю.В. Кондратюка;
- виртуальная выставка «Кто ВЫ, Юрий Кондратюк?» в приложении «Артефакт». Этим проектом планируем объединить различные музеи, архивы и иные учреждения, которые обладают оригинальными документами, связанными с биографией ученого или трансляцией его наследия;

• а также радиоэфир «Читаем Кондратюка», видеомаппинг, популярные лекции ученых, профильные экскурсии по городу, конкурсы граффити и мультфильмов и возможно, установка памятника ученому.

Особый вопрос — это реконструкция исторического «Дома Ю.В. Кондратюка», для которого разработан проект и получена экспертиза. Надеемся, что в 2023 г. эти работы будут включены в национальную программу «Культура» и получат финансирование. Параллельно обсуждается будущая музейная экспозиция, в которой разместится в том числе спускаемый аппарат спутника-разведчика «Зенит» 1961 года выпуска (военный аналог спускаемого аппарата «Восток»), переданный нашему музею в октябре этого года.

У Музея Новосибирска большие планы в праздновании 125-летия ученого и в дальнейшем развитии «Дома Кондратюка». В этом здании мы должны сохранить дух удивительного и очень талантливого человека, который в течение всего четырех лет был новосибирцем.

### **Литература**

- [1] Кондратюк Ю.В. Завоевание межпланетных пространств. Новосибирск: Издание автора, 1929. 72 с.
- [2] Рапопорт А.Г. Траектория судьбы. Новосибирск: Сибирское книжное издательство, 2008. 237 с.
- [3] Шаевич Я.Е. Звездный человек с планеты Земля. Иерусалим, 2018. 287 с.
- [4] Галерея выдающихся новосибирцев / авт-сост. е.М. Щукина, Т.Н. Тарновская, С.А. Сучкова. Новосибирск: Полиграфическая студия Master Color, 2012. 121 с.

## **Yu.V. Kondratyuk. 125th Anniversary and Continuation of History**

**Shchukina Elena Michailovna**  
Novosibirsk museum

eschukina@admnsk.ru

*In June of 2022 it will be 125 years from the birthday of one of the pioneers of the world cosmonautics Yury V. Kondratyuk (real name – Alexander Ignatyevich Sharhey), whose destiny is closely connected with Novosibirsk. The Museum of Novosibirsk has big plans to celebrate the 125th anniversary of the scientist and the further development of "Kondratyuk House" which is a department of the Museum of Novosibirsk. In this building we must keep the spirit of an amazing and very talented man, who was a Novosibirsk resident for only four years.*

**Keywords:** Novosibirsk, pioneer of cosmonautics, Kondratyuk, Kondratyuk house

### **References**

- [1] Kondratyuk Yu.V. Zavoevanie mezhplanetnykh prostranstv [Conquest of Interplanetary Spaces]. Novosibirsk, Izdanie avtora Publ., 1929, 72 p. (In Russ.).
- [2] Rappoport A.G. Traektoriya sud'by [Trajectory of Destiny]. Novosibirsk, Sibirskoe knizhnoe izdatel'stvo Publ., 2008, 237 p. (In Russ.).
- [3] Shaevich Ya.E. Zvezdnyi chelovek s planety Zemlya [The Starry Man from Planet Earth]. Jerusalem, 2018, 287 p. (In Russ.).
- [4] Galereya vydayushchikhsya novosibirtsev [Gallery of outstanding Novosibirsk residents]. Edited by E.M. Shchukina, T.N. Tarnovskaya, S.A. Suchkova. Novosibirsk, Poligraficheskaya studiya Master Color Publ., 2012, 121 p. (In Russ.).

УДК 7.067.3

## **Передвижные историко-художественные экспозиции: опыт творческого объединения «Созвездие видений» в реализации научно-культурного выставочного проекта «Арт-Интеркосмос XXI век»**

**Ярошевский Дмитрий Васильевич** d\_yaroshevsky@mail.ru

**Творческий союз профессиональных художников**

В 2017 г. в Мемориальном музее космонавтики на ВДНХ прошла пилотная выставка творческого объединения «Созвездие видений» Творческого союза профессиональных художников, в рамках которого был создан ряд творческих работ, посвященных теме космонавтики и международному космическому сотрудничеству. Помимо традиционного контента экспозиция была дополнена редким филателистическим и архивным материалом, посвященным международным космическим полетам. Мероприятие получило широкое освещение в столичных СМИ и сетевых ресурсах, а сама идея объединить творческих людей вокруг темы космического содружества наций довольно быстро нашла соответствующую поддержку у общественных организаций и ряда предприятий авиационно-космической отрасли. Разовое выставочное мероприятие было преобразовано в масштабный Международный культурно-выставочный проект «Арт-Интеркосмос XXI век», под эгидой которого уже прошел целый ряд серьезных выставок и арт-проектов, творческих встреч и тематических круглых столов в Москве и других городах России. Успешным опытом совмещения классического художественного выставочного формата с элементами передвижной музейно-исторической экспозиции, делится руководитель творческого объединения «Созвездие видений» Д.В. Ярошевский.

**Ключевые слова:** творческое объединение, созвездие видений, передвижная выставка, арт-интеркосмос, историко-художественная экспозиция, культурно-выставочный проект, филателия, советская космическая программа, международные космические полеты, ассоциация музеев космонавтики России

Не так давно творческое объединение «Созвездие видений» отметило свой двадцатилетний юбилей. Организованное в 2000 г., оно сплотило в своих рядах целую плеяду мастеров космического искусства из многих городов России. Непосредственное участие в его создании на начальном этапе приняла Мария Филипповна Дроздова-Черноволенко — вдова одного из членов легендарной группы художников-космистов 20-х годов «Амаравелла», В.Т. Черноволенко. В настоящий момент данное сообщество, уже достаточно известное в столичных культурных кругах, является структурным подразделением Творческого союза профессиональных художников (ТСПХ) и входит в состав Ассоциации музеев космонавтики России (АМКОС). Многие из его участников состоят также в Союзе художников России, Московском Союзе Художников, Творческом союзе художников России, Евразийском художественном союзе и др. В разное время в проектах объединения участвовали художники из США, Канады, Мексики, Греции, Украины, Молдавии, Республики Беларусь.

В 2017 г. в Мемориальном музее космонавтики на ВДНХ с большим успехом прошла пилотная выставка Творческого объединения «Созвездие видений» в рамках нового большого культурно-выставочного проекта «АРТ-Интеркосмос XXI век» [1–4]. Экспозиция в Мемориальном музее космонавтики включила в себя, помимо традиционного контента из художественных произведений художников-космистов, редкий филателистический и архивный материал, посвященный международным космическим полетам. Почтовые конверты, картмаксимумы, исторические фотографии

фии с автографами летчиков-космонавтов СССР и стран Социалистического содружества — непосредственных участников программы советской космической программы «Интеркосмос» — органично дополнили основную экспозицию. Выставка была высоко оценена как многочисленными посетителями музея, так и его непосредственным руководством. Мероприятие получило освещение на федеральном ТВ-канале «Россия-Культура», в журнале «Наука и религия», газете «Наш Изограф», других столичных СМИ и сетевых ресурсах, а сама идея объединить творческих людей вокруг темы космического содружества наций довольно быстро нашла соответствующую поддержку у общественных организаций и ряда предприятий авиационно-космической отрасли. Вдохновились этим событием и столь заметным резонансом сами художники, создав целый ряд значимых творческих работ, посвященных теме космонавтики и международному космическому сотрудничеству. В частности, сочинская художница Иветта Ки начала активную работу над созданием серии портретной галереи под названием «Герои космоса в образах и линиях». Уникальные произведения, выполненные только при помощи простого карандаша, создал и художник-график из Невинномысска Николай Орлов. Также руководством объединения было решено продолжить успешный опыт совмещения классического художественного выставочного формата с элементами передвижной музейно-исторической экспозиции, дополнив все это соответствующими тематическими лекциями, семинарами, круглыми столами, эффективно соединив таким образом культурно-выставочную и научно-просветительскую части проекта [3].

Несомненным преимуществом подобного передвижного выставочного формата является мобильность и модульная структура всего выставочного контента и оформления. Это позволяет оперативно и качественно разворачивать данную экспозицию в нужном тематическом ракурсе и фактически в любых выставочных пространствах от однодневных выставочных экспозиций на встречах и конференциях до полноценных выставочных проектов в ведущих залах столицы и научно-космических центрах. А принцип комбинирования разнообразного выставочного материала дает возможность шире и глубже раскрыть тему.

Только за последнее время в подобных совмещенных форматах в рамках проекта «Арт-Интеркосмос XXI век» прошли передвижные выставки в Доме космонавтов и ЦПК им. Ю.А. Гагарина (Звездный городок), Центральном Доме журналиста, Галерее-мастерской «Варшавка», Музейно-выставочном центре «Тушино», Доме ученых ЦАГИ (г. Жуковский), Демонстрационном учебном центре СибГУ им. М.Ф. Решетнёва (г. Красноярск), Данковском краеведческом музее (г. Данков, Липецкая область) и других выставочных площадках. За качественно проделанную работу ТО «Созвездие видений» и ряд участников проектов были награждены специальными дипломами ЦПК им. Ю.А. Гагарина и почетными грамотами Государственной Думы РФ. Несколько раз передвижные выставки демонстрировались и на открытиях ежегодного Международного турнира им. дважды Героя Советского Союза летчика-космонавта СССР Виктора Горбатко, регулярно проводимого Национальной ассоциацией каратэ. Безусловно, новый импульс развитию данного проекта придало начавшееся активное сотрудничество объединения с Российской ассоциацией международного сотрудничества (РАМС). Так в 2021 г. году на презентации «Русско-японского общества дружбы и развития восточных единоборств», организованной совместно с РАМС в помещении ГлавУп ДК при МИД РФ, была представлена специальная тематическая экспозиция «На орbitах дружбы», посвященная советско-японскому и российско-японскому космическому сотрудничеству. Более же полная

подборка редких филателистических артефактов и шевронов (патчей) с фирменными эмблемами космических миссий, отражающая фактически насыщенную историю всей программы, начиная с первых стартов, была предложена вниманию участников и гостей круглого стола «Программе Интеркосмос — 55 лет», проводимого Советом ветеранов РАН на ежегодном авиасалоне МАКС 2021. Участники встречи с неподдельным интересом рассматривали конверты так называемой «космической почты» со штемпелями Звездного городка, г. Королёва и Байконура, многие из которых были с автографами участников первых международных космических экспедиций, и научных руководителей программы.

Большая экспозиция из музеиных экспонатов и картин художников-космистов была представлена и 21 сентября 2021 г. в рамках «Торжественного приема в честь Международного дня Мира ООН» (ГлавУп ДК при МИД РФ), организованного Ассоциацией народов Евразии при поддержке РАМС.

Главным организатором проекта является ТО «Созвездие видений» [1] Творческого союза профессиональных художников (ТСПХ). Среди соорганизаторов, участников и партнёров: Ассоциация музеев космонавтики России (АМКОС), Российская ассоциация международного сотрудничества (РАМС), Ассамблея народов Евразии, Международное молодежное общество «Дружбы» Италия-Россия», Дом космонавтов Звёздного городка, Дом учёных ЦАГИ, Совет ветеранов РАН, Научно-культурный аэрокосмический центр «Город Неба», Научно-популярный журнал «Наука и религия», издательство «Наш Изограф» и др. В настоящее время выставочный фонд проекта интенсивно пополняется новыми экспонатами и находится в постоянном развитии, а сама выставка все чаще дополняет собой серьезные научно-культурные мероприятия, связанные с историей как отечественной, так и мировой космонавтики, проходящих в том числе и в рамках «Международной недели космоса ООН». С 2021 г. одним из элементов официального логотипа проекта стал «Голубь мира», нарисованный известным датским художником Херлуфом Бидstrupом, внёсшим в своё время немалый вклад в дело укрепление мира между народами.

Важно также продолжить общение наших художников с работниками космической отрасли — инженерами, конструкторами, самими космонавтами. Войдя в состав Ассоциации музеев космонавтики России, мы существенно закрепили свои связи и с российским музеиным сообществом. Сейчас, кстати, довольно высокими темпами обновляется наш музеино-выставочный фонд [1]. На следующих выставках помимо картин и филателистических материалов с автографами мы покажем подборку оригинальных газетных выпусков, интересных архивных документов и многое другое. Искренне верим, что, как и много лет назад, программа «Интеркосмос», как неоспоримый символ космического содружества и доброй воли народов всего мира, способна вновь сплотить вокруг себя не только художников из разных стран, но и всех творческих людей планеты, которые не потеряли веру в мирное и грандиозное звездное будущее всей человеческой расы!

## Литература

- [1] Ярошевский Д.В. «Созвездие видений»: 20 лет — полет нормальный // Наука и религия. 2021. № 2. С. 18–22.
- [2] Ярошевский Д.В. Космос, меняющий нас // Наука и религия. 2019. № 2. С. 62–64.
- [3] Леонов Ю.Б. Творческое послание в будущее. М.: Наш Изограф, 2021.
- [4] Ярошевский Д.В. Он Землю одарил своей улыбкой // Наука и религия. 2019. № 4. С. 62–64.

## Mobile Historical and Artistic Expositions: the Experience of the Creative Association "Constellation of Visions" in the Implementation of the Scientific and Cultural Exhibition Project "Art-Intercosmos XXI Century"

**Yaroshevsky Dmitry Vasilevich**

d\_yaroshevsky@mail.ru

Creative Union of Professional Artists

In 2017, the Cosmonautics Memorial Museum at VDNKh hosted the pilot exhibition of the Creative Association "Constellation of Visions" of the Creative Union of Professional Artists, which created a number of creative works devoted to the theme of astronautics and international space cooperation. In addition to the traditional content, the exhibition was supplemented with rare philatelic and archival material dedicated to international space flights. The event received a wide coverage in Moscow mass media and online resources and the idea itself to unite creative people around the topic of space community of nations rather quickly found appropriate support from public organizations and a number of enterprises of aerospace industry. One-time exhibition event was turned into the large-scale International Culture and Exhibition Project "Art-Intercosmos XXI century", that has already managed to organize a number of serious exhibitions and art-projects, creative meetings and thematic round table discussions in Moscow and other Russian cities. D.V. Yaroshevsky, the head of "Constellation of Visions", shares his successful experience of combining the classical art exhibition format with the elements of a traveling museum and historical exposition.

**Keywords:** creative association, constellation of visions, traveling exhibition, art-intercosmos, historical and artistic exposition, cultural and exhibition project, philately, soviet space program, international space flights, Association of Cosmonautics Museums of Russia

### References

- [1] Yaroshevskii D.V. "Sozvezdie videnii": 20 let — polet normal'nyi ["Constellation of Visions: 20 Years — Flight Normal]. Nauka i religiya [Science and Religion], 2021, no. 2, pp. 18–22. (In Russ.).
- [2] Yaroshevskii D.V. Kosmos, menyayushchii nas [Cosmos changing us]. Nauka i religiya [Science and Religion], 2019, no. 2, pp. 62–64. (In Russ.).
- [3] Leonov Yu.B. Tvorcheskoe poslanie v budushchee [Creative Message to the Future]. Moscow, Nash Izograf Publ., 2021. (In Russ.).
- [4] Yaroshevskii D.V. On Zemlyu odaril svoei ulybkoi [He bestowed the Earth with his smile]. Nauka i religiya [Science and Religion], 2019, no. 4, pp. 62–64. (In Russ.).



## Секция 11. НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКЕ

УДК 629.78

### К вопросу о влиянии углеродных нанотрубок на свойства эмалей

Адаспаева Саида Айданаляевна

Saida\_0501@bk.ru

АО «Государственный космический научно-производственный центр имени М.В. Хруничева»

Кищук Петр Сергеевич

piotr-piotrovitch@yandex.ru

АО «Государственный космический научно-производственный центр имени М.В. Хруничева»

Показано, что эффективным путем повышения твердости лакокрасочных покрытий, коэффициента теплового излучения, снижения блеска покрытий служит добавление к покрытиям углеродных нанотрубок с предварительным ультразвуковым воздействие на них. Проведенная экспериментальная работа показала, что после добавления к лакокрасочным покрытиям углеродных нанотрубок с предварительной их обработкой ультразвуком увеличилась твердость покрытия, коэффициент теплового покрытия повысился на 1 %, блеск снизился до 25 %.

**Ключевые слова:** эмаль, углеродные нанотрубки, коэффициент теплового излучения, коэффициент поглощения солнечной радиации, ультразвук

Для обеспечения длительной эксплуатации летательных аппаратов требуется их защита от внешних действующих факторов и коррозии, а также для обеспечения выполнения некоторых специфических задач, таких как, например, покрытие бленд приборов ориентации по звездам [1], поверхности покрываются различными защитными покрытиями, например, лакокрасочными (ЛКП).

Как следствие, при разработке лакокрасочных материалов встаёт задача повышения эксплуатационных свойств ЛКП.

Известно, что проводились различные работы, связанные с добавлением углеродных нанотрубок (УНТ) в эмали [2, 3]. В результате использования УНТ повысились эксплуатационные свойства покрытий.

В ходе экспериментальной работы измерялись твердость покрытия, эластичность лакокрасочного покрытия при изгибе, коэффициент теплового излучения, коэффициент поглощения солнечной радиации, блеск [4].

Для опытов были выбраны черные эмали ЭП-51 по ГОСТ 9640–85, представляющая собой суспензию пигментов в растворе алкидноэпоксидной смолы Э-30 и коллоксилина в органических растворителях с добавкой пластификаторов, и ЭП-140 по ГОСТ 24709–81, представляющую собой суспензию пигментов в растворе эпоксидной смолы, и эмаль ПФ-115 по ГОСТ 6465–76, представляющую собой суспензию пигментов, в первую очередь двуокиси титана, в пентафталевом лаке с добавлением сиккатива и растворителей. Были приготовлены рецептуры со следующим массовым

содержанием УНТ: 0; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5 %. Твердость покрытия измерялась по ГОСТ 5233–89 на приборе ТМЛ с маятником А, эластичность измерялась по ГОСТ 6806–73, коэффициент теплового излучения измерялся терморадиометром ТРМ «И», коэффициент поглощения солнечной радиации измерялся фотометром ФМ-59М, блеск измерялся блескометром БФ-5.

При добавлении УНТ коэффициент поглощения солнечной радиации и эластичность не зависят от содержания УНТ и практически не изменяются, в то время как блеск с ростом содержания УНТ снизился на 13 % для эмали ЭП-51 и на 25 % для эмали ЭП-140 при добавлении 0,5 % (масс.), а твердость покрытия и коэффициент теплового излучения эмали ЭП-51 несколько снизились, но с ростом концентрации возросли, в то время как для эмалей ЭП-140 и ПФ-115 твердость с ростом содержания УНТ возросла, но позже снизилась.

Кроме того, углеродные нанотрубки добавлялись в растворитель 648 для разбавления эмали ЭП-51, в растворитель Р-5А для эмали ЭП-140, и в ксиол для эмали ПФ-115, после чего в течение 10 минут обрабатывались в ультразвуковой ванне при частоте 35 кГц, в результате твердость покрытия повысилась, коэффициент теплового излучения повысился на 1 %, а блеск снизился на 7,5 % для эмали с содержанием УНТ 0,5 % по массе.

УНТ упрочняют эмалевые покрытия, но для достижения значительных результатов требуется разрушить агломераты УНТ, например, ультразвуком, что, с учетом способности нанотрубок собираться в агломераты, может потребовать размещения ультразвуковой ванны непосредственно на участке, проводящем покрасочные работы.

## Литература

- [1] Озерский М.Д., Шамаев А.М., Просвириков В.М. Особенности проведения измерений терморадиационных характеристик материалов на интегральном фотометре ФМ-59М и терморадиометре ТРМ-И // Информационно-технологический вестник. 2018. № 2 (16). С. 138–148.
- [2] Елизарова Ю.А., Захаров А.И. Высокотемпературные защитные покрытия // Успехи химии и химической технологии. 2019. Т. 33, № 4 (214). С. 66–68.
- [3] Николайчик А.В., Прокопчук Н.Р., Шпигель Т.А., Николайчик И.В. Новые грунтовочные лакокрасочные материалы, содержащие углеродные нанотрубки // Труды БГТУ. Сер. IV. Химия, технология органических веществ и биотехнология. 2010. Т. 1, № 4. С. 139–142.
- [4] Мищенко С.В., Ткачев А.Г. Углеродные наноматериалы. Производство, свойства, применение. М.: Машиностроение, 2008. 320 с.

## To the Question of the Influence of Carbon Nanotubes on the Properties of Enamels

**Adaspaeva Saida Aidnaliaeavna**

Saida\_0501@bk.ru

*JSC Khrunichev Space Center*

**Kishchuk Petr Sergeevich**

piotr-piotrovitch@yandex.ru

*JSC Khrunichev Space Center*

*It is shown that an effective way to increase the hardness of paint and varnish coatings, the coefficient of thermal radiation, and reduce the gloss of coatings is the addition of carbon nanotubes to the coatings with preliminary ultrasonic action on them. The carried out experimental work showed that after adding carbon nanotubes to the paint and varnish coatings with their prelimi-*

*nary treatment with ultrasound, the hardness of the coating increased, the coefficient of thermal coverage increased by 1 %, the gloss decreased to 25 %.*

**Keywords:** enamel, carbon nanotubes, thermal radiation coefficient, solar radiation absorption coefficient, ultrasound

## References

- [1] Ozerskii M.D., Shamaev A.M., Prosvirikov V.M. Osobennosti provedeniya izmerenii termoradiatsionnykh kharakteristik materialov na integral'nom fotometre FM-59M i termoradiometre TRM-I [Peculiarities of measurements of thermo-radiation characteristics of materials using an FM-59M integral photometer and a TRM-I thermoradiometer]. Informatsionno-tehnologicheskii vestnik [Information technology bulletin], 2018, iss. 2 (16), pp. 138–148. (In Russ.)
- [2] Elizarova Yu.A., Zakharov A.I. Vysokotemperaturnye zashchitnye pokrytiya [High temperature protective coatings]. Uspekhi khimii i khimicheskoi tekhnologii [Advances in chemistry and chemical technology], 2019, vol. 33, no. 4 (214), pp. 66–68. (In Russ.)
- [3] Nikolaichik A.V., Prokopchuk N.R., Shpigel' T.A., Nikolaichik I.V. Novye gruntovochnye lakokrasochnye materialy, soderzhashchie uglerodnye nanotrubki [New priming paints and varnishes containing carbon nanotubes]. Trudy BSTU. Ser. IV. Khimiya, tekhnologiya organicheskikh veshchestv i biotekhnologiya [Proceedings of BSTU. Series IV. Chemistry, organic matter technology and biotechnology], 2010, vol. 1, no. 4, pp. 139–142. (In Russ.).
- [4] Mishchenko S.V., Tkachev A.G. Uglerodnye nanomaterialy. Proizvodstvo, svoistva, primenenie [Carbon nanomaterials. Production, properties, application]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 2008, 320 p. (In Russ.).

УДК 004.056.5

## Обеспечение информационной безопасности при работе с данными дистанционного зондирования Земли в территориально-распределенных системах

**Азаренко Людмила Григорьевна**

azarenkol66@mail.ru

Филиал АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева» — «НИИ КС им. А.А. Максимова»

**Черняков Вадим Георгиевич**

strelets.66@mail.ru

Филиал АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева» — «НИИ КС им. А.А. Максимова»

**Калинин Сергей Юрьевич**

obzor.55@mail.ru

АО «Российские космические системы»

*Рассмотрены основные элементы технологии обеспечения информационной безопасности при работе с данными дистанционного зондирования Земли в территориально-распределенных системах. В рамках решения проблемы рационального уровня защиты территориально-распределенной системы разработан типовой проект модели угроз и модели нарушителя безопасности информации с учетом особенностей применения моделей как на территории Российской Федерации, так и на территории Республики Беларусь. Приведены алгоритмы обеспечения информационной безопасности предлагаемой технологии, представляющие собой последовательное описание способов и приемов решения вопросов информационной безопасности в целях построения комплексной системы защиты данных.*

**Ключевые слова:** информационная безопасность, территориально-распределенные системы, дистанционное зондирование Земли, модель угроз, модель нарушителя

Современная практика предлагает достаточный арсенал технологий, средств и способов обеспечения информационной безопасности. Все они обладают своими достоинствами и недостатками, которые необходимо знать и правильно учитывать при создании системы защиты ТРС (территориально-распределенных систем) при работе с данными дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Все известные каналы проникновения и утечки информации должны быть перекрыты с учетом анализа риска, вероятностей реализации угроз безопасности (в соответствии с контентом модели угроз) и обоснованного рационального уровня затрат на организацию защиты ТРС. Наилучшие результаты могут быть достигнуты при системном подходе к вопросам безопасности и комплексном использовании определенных совокупностей различных мер защиты на всех этапах жизненного цикла территориально-распределенных систем (ТРС), начиная с самых ранних стадий инициирования и проектирования.

Разработанная технология представляет собой совокупность методов и алгоритмов эффективной защиты данных ДЗЗ, а также средств специального программного обеспечения и аппаратуры.

Разработка типового проекта модели угроз и модели нарушителя безопасности информации при работе с данными ДЗЗ в территориально-распределенных системах проводилась в соответствии с Федеральным законодательством и соответствующими требованиями Руководящих документов в области информационной безопасности. Модель угроз содержит данные по угрозам безопасности, связанные с: перехватом (съемом) информации по техническим каналам для их копирования или неправомерного распространения; несанкционированным, в том числе случайным, доступом в систему с целью нарушения конфиденциальности (неправомерные доступ, копирование, предоставление или распространение), целостности (неправомерные уничтожение или модификация) или доступности (неправомерное блокирование) информации [1].

Угрозы безопасности информации, представленные в разработанной модели угроз, могут уточняться и дополняться по мере выявления новых источников угроз, развития способов и средств реализации угроз безопасности информации в ТРС. Плановый пересмотр требуется проводить с периодичностью не реже, чем один раз в три года. По результатам анализа осуществляется уточнение (при необходимости) модели угроз безопасности информации.

Принимая во внимание факт совпадения источников угрозы национальной безопасности Республики Беларусь и национальной безопасности России в информационной сфере, многолетние союзнические отношения между этими двумя странами, схожесть правовых систем уголовного права и концепций информационной безопасности, активный процесс формирования общего научного, технологического и информационного пространства Союзного государства предлагается использовать единую модель угроз и модель нарушителя как на территории Российской Федерации, так и на территории республики.

Построение системы защиты информации в ТРС при работе с данными ДЗЗ следует осуществлять в соответствии со следующими основными принципами [2]:

- законность;
- системность;
- комплексность;
- непрерывность;
- своевременность;
- преемственность и непрерывность совершенствования;
- разумная достаточность;

- персональная ответственность;
- разделение функций;
- минимизация полномочий;
- взаимодействие и сотрудничество;
- гибкость системы защиты;
- открытость алгоритмов и механизмов защиты;
- простота применения средств защиты;
- научная обоснованность и техническая реализуемость;
- специализация и профессионализм;
- взаимодействие и координация;
- обязательность контроля.

Конкретные требования по защите информации и мероприятия по их выполнению определяются в зависимости от установленного для информационной системы (ИС) класса защищенности. Учитывая рекомендуемые классы защищенности для ИС и средств защиты информации по уровню контроля отсутствия не декларированных возможностей, а также показатели по классам защищенности средств вычислительной техники и межсетевых экранов от несанкционированного доступа к информации, на текущий момент предлагается считать применимым для ТРС ДЗЗ класс 1Г. Параллельно в ходе исследований к системе информационной безопасности ТРС ДЗЗ применялись требования по 4 классу информационная система персональных данных (ИСПДн).

В рамках решения поставленной задачи применимы следующие основные технологии информационной защиты: идентификация и аутентификация, управление доступом, протоколирование и аудит, шифрование, контроль целостности, экранирование, анализ защищенности, обеспечение отказоустойчивости, обеспечение безопасного восстановления, туннелирование, управление (в части администрирования) [3]. Применение этих технологий обеспечивается использованием следующих программных и аппаратных средств информационной защиты отечественной разработки: Континент (система обнаружения вторжения, СОВ, центр управления сетью, ЦУС, аппаратно-программный комплекс шифрования, АПКШ); Secret Net Studio 8.6; Антивирус Kaspersky Endpoint Security.

В состав системы информационной безопасности (СИБ) ТРС должны входить следующие подсистемы:

- управления доступом;
- регистрации и учета;
- обеспечения целостности;
- антивирусной защиты;
- обнаружения вторжений;
- обеспечения межсетевой безопасности;
- анализа защищенности.

Структура СИБ ТРС может изменяться и уточняться по результатам разработки Модели угроз.

Алгоритмы обеспечения информационной безопасности ТРС ДЗЗ соответствуют последовательности алгоритмов работ, выполняемых при построении комплексной системы защиты информации.

Меры защиты информации, реализуемые в рамках СИБ ТРС должны быть направлены на исключение: неправомерных доступа, копирования, предоставления или распространения информации (обеспечение конфиденциальности информации);

неправомерных уничтожения или модификации информации (обеспечение целостности информации); неправомерного блокирования информации (обеспечение доступности информации).

В ходе исследования подробно рассмотрена адаптивность для ТРС ДЗЗ следующих алгоритмов: алгоритм дискреционного принципа контроля доступа, алгоритм механизмов идентификации и аутентификации субъектов доступа, алгоритм проверки регистрации событий, алгоритм проверки механизмов контроля целостности комплекса средств защиты.

Разработанные алгоритмы представляют собой последовательное описание способов и приемов решения вопросов информационной безопасности в целях построения комплексной системы информационной безопасности ТРС при работе с данными ДЗЗ. Совокупность разработанных в ходе настоящего исследования алгоритмов дает возможность в рамках единого подхода использовать согласованное применение разнородных средств при построении целостной системы защиты, перекрывающей все существенные каналы реализации угроз и не содержащей (в допустимых пределах) слабых мест на стыках отдельных ее компонентов.

В качестве критерия оценки устойчивости системы обеспечения безопасности среды территориально-распределенных систем и алгоритмов их реализации по комплексу воздействующих угроз предложено использовать соотношение результативности функционирования системы защиты к издержкам по ее установке. Улучшение характеристик аппаратно-программного комплекса защиты информации ДЗЗ в ТРС невозможно обеспечить без ухудшения других частных критериев (например, стоимости, производительности и др.). Поэтому критерием эффективности защиты в таких ТРС выступает достижение ими равновесия Нэша или состояния оптимальности по Парето [4].

Доказана результативность практического применения частных критериев, ориентированных на определенные моменты нарушения безопасности (вероятность доступа к изолированным ресурсам; уровень опасности (измерение ущерба от деструктивного действия от реализованной угрозы); величина предельных издержек на мероприятие по защите информации и др.), а также уточнены основные тренды совершенствования программных средств защиты данных ДЗЗ на основе комплексной оценки функционирования системы защиты ТРС (увеличение масштабов обслуживаемых ТРС и наращивание их функциональных возможностей по мере совершенствования информационных технологий).

Эффективность функционирования программного комплекса (ПК) определяется классом защищенности. По сути оценка эффективности проектируемой системы защиты информации является анализом соответствия заявляемых функций нормативными документами. Однако, если на стадии проектирования ПК обеспечения информационной безопасности ограничиться лишь определением класса защищенности ТРС в соответствии с руководящими документами, то получить полную иллюстрацию заявленных характеристик защиты не представляется возможным. Для того, чтобы учесть динамическую составляющую системы защиты, необходимо создать определенный механизм, в качестве которого может выступать проведение оценки устойчивости ПК обеспечения информационной безопасности ТРС на базе специализированного стенда отработки и оценки устойчивости программного комплекса обеспечения информационной безопасности территориально-распределенных систем. Целью создания испытательного стенда контроля устойчивости программного комплекса обеспечения информационной безопасности территориально-распреде-

ленных систем является обеспечение заблаговременного обнаружения и ликвидации дефектов в разрабатываемом программном комплексе защиты. Технологическая проверка программных средств организуется, как правило, в среде локальной вычислительной сети (ЛВС), в рамках которой имитируются реальные условия их применения и одновременно реализуется тестовый контроль посредством объединения отдельных подсистем через протоколы высокого уровня.

Экспериментальный образец программного комплекса обеспечения информационной безопасности при работе с данным ДЗЗ в территориально-распределенных системах (ЭО ПК ОИБ) должен обеспечивать:

- мониторинг и контроль состояния технических и программных средств системы;
- мониторинг и контроль бесперебойного функционирования системы;
- аудит событий, происходящих в системе;
- регистрацию действий пользователей и обслуживающего персонала системы (контроля доступа потребителей и поставщиков к защищаемым ресурсам);
- обнаружение вторжений и несанкционированных действий;
- оповещение обслуживающего персонала об инцидентах безопасности;
- моделирование конфигурации и состояния компонент обеспечения информационной безопасности в системе;
- оценку эффективности обеспечения информационной безопасности для выбора вариантов адаптации системы для парирования и нейтрализации несанкционированных действий.

С учетом этих принципов структура стенда отработки и оценки устойчивости программного комплекса обеспечения информационной безопасности территориально-распределенных систем включает: сектор макетов комплексов программ ИС; автоматизированное рабочее место (АРМ) обнаружения и ликвидации дефектов; АРМ экспериментного тестирования; сектор имитации моделей информационных угроз; сектор планирования и анализа результатов тестового контроля; сектор проектного анализа объектов контроля безопасности; сервер эталонов комплексов программ (КП); сервер тестов; АРМ администратора стенда.

Развитием технологии отработки и оценки устойчивости программного комплекса обеспечения информационной безопасности ТРС может стать создание комплексных моделирующих испытательных стендов. Применение моделирования позволяет разнообразить условия испытания и сэкономить материальные ресурсы. Комплексные испытательные моделирующие стенды можно использовать не только для испытания программ, но и для отработки взаимодействия всех элементов системы информационной безопасности в ТРС. Сопряжение реальных средств испытываемой системы с их моделями позволяет разнообразить условия испытания и провести полунатурные эксперименты. Можно, например, проверить работу с данными ДЗЗ, моделируя поведение объекта обработки или, наоборот, промоделировать работу программного комплекса безопасности ТРС с реальным объектом. Такие вариации позволяют, с одной стороны, проверять адекватность моделей своим оригиналам, и тем самым убеждаться в достоверности результатов статистических испытаний, а, с другой стороны, использовать комплексный испытательный стенд уже на самых ранних этапах разработки опытного образца ПС (программного средства) для выбора и апробации наилучших проектных решений по обеспечению безопасности информации ДЗЗ.

Разработанная технология обеспечения информационной безопасности при работе с данными ДЗЗ в территориально-распределенных системах как комплексная целена-

правленная совокупность мер, средств и аппаратуры, позволяет в рамках своих функций учитывать особенности динамики информационного пространства России и Республики Беларусь, предоставляет возможность переформирования программного комплекса обеспечения информационной безопасности при изменении контура действующих угроз, тем самым одновременно решая как проблему минимизации риска утечки или искажения информации, так и проблему обеспечения рационального уровня защиты территориально-распределенной системы в сложившихся условиях.

Предлагаемая технология позволит повысить эффективность информационной безопасности при работе с данными ДЗЗ в территориально-распределенной системе на 15...20 % и даст возможность пользователям данного сервиса экономить на развертывании и поддержании своей собственной системы безопасности до 25 %.

## **Литература**

- [1] Гаценко О.Ю. Защита информации. Основы организационного управления. СПб.: Сентябрь, 2001. 228 с.
- [2] Герасименко В.А. Защита информации в автоматизированных системах обработки данных. В 2 кн. Кн. 1. М.: Энергоатомиздат, 1994. 400 с.
- [3] Дубровин А.С., Макаров О.Ю., Рогозин Е.А., Сумин В.И., Обухов В.В. Методы и средства автоматизированного управления подсистемой контроля целостности в системах защиты информации. Воронеж: ВГТУ, 2003. 165 с.
- [4] Макаров О.Ю., Муратов А.В., Питолин М.В., Рогозин Е.А. Методы и средства анализа эффективности при проектировании программных средств защиты информации. Воронеж: ВГТУ, 2002. 125 с.

## **Ensuring Information Security when Working with Earth Remote Sensing Data in Geographically Distributed Systems**

**Azarenko Liudmila Grigorevna**

azarenkol66@mail.ru

Branch of the Khrunichev Space Center (part of the ROSCOSMOS State Corporation) —  
Maximov Space Systems Research Institute

**Chernyakov Vadim Georgievich**

strelets.66@mail.ru

Branch of the Khrunichev Space Center (part of the ROSCOSMOS State Corporation) —  
Maximov Space Systems Research Institute

**Kalinin Sergey Urievich**

obzor.55@mail.ru

JSC "RSS"

*The main elements of information security technology when working with remote sensing data in geographically distributed systems are considered. Within the framework of solving the problem of the rational level of protection of a geographically distributed system, a standard draft of a threat model and a model of an information security violator has been developed, taking into account the peculiarities of the use of models both on the territory of the Russian Federation and on the territory of the Republic of Belarus. The algorithms for ensuring information security of the proposed technology are also given, which are a consistent description of methods and techniques for solving information security issues in order to build a comprehensive data protection system.*

**Keywords:** information security, geographically distributed systems, remote sensing of the Earth, threat model, intruder model

## References

- [1] Gatsenko O.Yu. Zashchita informatsii. Osnovy organizatsionnogo upravleniya [Information protection. Fundamentals of organizational management]. St. Petersburg, Sentyabr Publ., 2001, 228 p.
- [2] Gerasimenko V.A. Zashchita informatsii v avtomatizirovannykh sistemakh obrabotki dannykh. V 2 kn. Kn. 1. [Information protection in automated data processing systems: In 2 books: Book 1]. Moscow, Energoatomizdat Publ., 1994, 400 p.
- [3] Dubrovin A.S., Makarov O.Yu., Rogozin E.A., Sumin V.I., Obukhov V.V. Metody i sredstva avtomatizirovannogo upravleniya podsistemoj kontrolya tselostnosti v sistemakh zashchity informatsii [Methods and means of automated control of the integrity control subsystem in information security systems]. Voronezh, VGTU Publ., 2003, 165 p.
- [4] Makarov O.Yu., Muratov A.V., Pitolin M.V., Rogozin E.A. Metody i sredstva analiza effektivnosti pri proektirovani programmnykh sredstv zashchity informatsii [Methods and means of efficiency analysis in the design of information security software]. Voronezh, VGTU Publ., 2002, 125 p.

УДК 629.782

## Оптимальное планирование маршрутов беспилотного аппарата для синхронизированной съемки с космическим аппаратом дистанционного зондирования Земли

**Азаренко Людмила Григорьевна**

azarenkol66@mail.ru

Филиал АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева» — «НИИ КС им. А.А. Максимова»

**Чувакова Елена Андреевна**

chuvakovael@yandex.ru

Филиал АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева» — «НИИ КС им. А.А. Максимова»

**Железнов Сергей Александрович**

zheleznov@niiks.com

Филиал АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева» — «НИИ КС им. А.А. Максимова»

Рассмотрены основные элементы технологии формирования программы оптимального планирования маршрутов беспилотного аппарата (БА) длительного функционирования для синхронизированной с космическим аппаратом дистанционного зондирования Земли (КА ДЗЗ) съемки в рамках валидации продуктов обработки данных дистанционного зондирования Земли. В рамках решения поставленной задачи разработка методов оптимального планирования маршрутов БА длительного функционирования представлена оригинальная математическая модель, а также показан алгоритм расчета траектории движения БА, синхронизированной с КА ДЗЗ съемки в рамках валидации продуктов обработки данных ДЗЗ. Создано специальное программное обеспечения оптимального маршрута движения БА.

**Ключевые слова:** беспилотный аппарат, планирование маршрута, космический аппарат дистанционного зондирования Земли, оптимальный расход энергоресурсов

В настоящее время наблюдается рост спроса на данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) для решения большого числа задач в различных областях, для которых требуется информация о происходящих изменениях на конкретной территории в различных временных промежутках с требуемым качеством съемки. При этом актуальной остается высокая достоверность получаемой информации с возможностью уточнения отдельных участков съемки. В основном данные ДЗЗ получают с использованием космических аппаратов (КА) или летательных аппаратов.

Анализ условий и особенностей применения средств ДЗЗ [1] показал, что недостатки одного вида средств ДЗЗ могут компенсироваться достоинствами средств другого вида, что позволяет выявить предпосылки к исследованию возможности их совместного применения. Например, КА ДЗЗ на типовой солнечно-синхронной орбите обеспечивают высокопроизводительную съемку объектов, расположенных в любой точке поверхности суши Земли. Комплексы с беспилотными летательными аппаратами (БА) обеспечивают получение актуальной детальной информации об объектах в районе наблюдения, а также могут использоваться для уточнения данных, полученных в результате применения КА. Таким образом, использование высотных беспилотных летательных аппаратов длительного функционирования совместно с КА ДЗЗ дает новые возможности и перспективы в области дистанционного зондирования территорий.

Предлагаемая технология решает задачу обеспечения формирования в интерактивном режиме планирования маршрута движения БА с подспутниковой трассой КА ДЗЗ по времени и координатам с перекрытием зон съемки и учетом индивидуального энергобаланса БА при допустимой ошибке навигации не более 30 м в плоскости горизонта. Оптимальное управление группировкой БА при валидации данных ДЗЗ произвольных участков территории обеспечивается за счет разработки экспериментального образца аппаратно-программного комплекса формирования программы оптимального планирования маршрутов БА длительного функционирования для синхронизированной с космическим аппаратом ДЗЗ съемки в рамках валидации продуктов обработки данных ДЗЗ [2, 3].

Технология формирования программы оптимального планирования маршрутов БА позволяет за счет дискретности построения маршрута учитывать изменяющиеся метеоусловия для каждой точки маршрута и предоставляет возможность изменения маршрута в любой момент времени в случае изменения полетного задания или нештатной ситуации как для одного, так и для группы БА. Таким образом одновременно решается задача экономии энергоресурсов и проблема выполнения полетного задания в течении заданного временного интервала.

При решении задачи оптимального планирования маршрутов беспилотного аппарата длительного функционирования для синхронизированной с КА ДЗЗ съемки в рамках валидации продуктов обработки данных ДЗЗ рассматривали следующие методы [4]:

- 1) на основе графов;
- 2) на основе клеточной декомпозиции;
- 3) потенциальных полей;
- 4) оптимизационные методы планирования;
- 5) синтеза управления на основе прогнозирующих моделей;
- 6) на интеллектуальных алгоритмах:
  - «муравьиный» алгоритм;
  - искусственная нейронная сеть;
  - роя частиц;
  - реактивные методы построения планов.

При создании оптимального маршрута были скомбинированы метод решающего дерева и муравьиный алгоритм.

Технологический процесс расчета траектории движения БА, оптимизированной по минимуму затрат энергии представляет собой четко регламентированную последовательность выполнения операций, представленных ниже.

1. Определение эшелонов, в которых полет БА в данный момент времени невозможен или не желателен, а также расчет коэффициента безопасности эшелона для данной точки маршрута на данный момент времени. Вертикальным эшелонированием называют рассредоточение воздушных судов по высоте. Для создания интервалов вертикального эшелонирования введено понятие эшелон. Это условная высота, рассчитанная при стандартном давлении и отстоящая от других высот на величину установленных интервалов. Для оценки ситуации на эшелонах предполагается использовать решающий список и решающие деревья. Деревья решений представляют собой исходящую систему, основной целью которой является разделение дерева на взаимно непересекающиеся подмножества. Процедура принятия решения о принадлежности определенного состояния к тому или иному классу с помощью дерева решений относится к методам классификации состояний [5].

2. Построение маршрута при прохождении полигона в условиях площадной съемки, в том числе выбор точки входа в полигон, выбор угла (курса) прохождения полигона для данных метеоусловий в текущий момент времени. Применяемый алгоритм прохождения полигона позволяет рассчитывать маршруты БА с высокой точностью, так как все расчеты производятся с использованием референц-эллипсоида Красовского, а геометрические расчеты на плоскости используются только как вспомогательные.

3. Применение алгоритма «муравьиной колонии» и формирование локальных правил поведения «муравьев» (в рассматриваемом случае БА) при выборе оптимального маршрута. «Муравьиный» алгоритм ориентирован на решение трудоемких комбинаторных задач, с помощью такого алгоритма ищется близкое к оптимальному решение за приемлемое время. Подобная задача формулируется как определение в заданном конечном множестве (пространстве поиска) элемента, удовлетворяющего заданным ограничениям и обеспечивающего наименьшее значение заданной функции. Для «муравьиного» алгоритма задача трансформируется в задачу поиска путей в графе. Варианты «муравьиного» алгоритма использовались для планирования пути в среде с препятствиями на основе карты или графа. Алгоритм применялся как в случае двумерной окружающей среды [6], так и в случае трехмерной [7]. В целом «муравьиный» алгоритм показал себя как эффективный алгоритм поиска, позволяющий найти оптимальный путь всего за несколько итераций.

4. Определение на основании созданной математической модели времени полета (значения феромона в «муравьином» алгоритме) для каждой пары точек маршрута на всех доступных эшелонах исходя из текущих метеоусловий.

5. Определение на основании разработанных математических методов минимальной эффективной высоты, начиная с которой поток солнечной радиации, падающий на элементы солнечных батарей (СБ), будет стабильно увеличиваться для каждой точки маршрута БА, оборудованных солнечными батареями.

6. Определение последовательности прохождения точек маршрута и выбор эшелона для каждой точки, если это не противоречит полетному заданию.

Для оценки ситуации на эшелонах используется решающий список, состоящий из решающих деревьев. Решающий список состоит из следующих компонент:

- оценка облачности на эшелоне;
- возможность обледенения на эшелоне;
- наличие и степень турбулентности на эшелоне.

Каждый компонент решающего списка представляет из себя решающее дерево.

Коэффициент безопасности эшелона устанавливается в границах от 0 до 1, при этом: 0 — полет в эшелоне не возможен, 0,7–0,9 и более — полет в эшелоне не же-

лателен, но возможен для набора высоты или снижения, 1 — полет в эшелоне возможен.

При проведении площадной съемки наиболее оптимально представить площадь покрытия в виде полосы, средняя линия которой является траекторией проекции оптической оси камеры БА, снимающей в надир. Накопленный опыт использования БА предполагает форму траектории в виде «змейки».

Для площадных целей, представленных выпуклыми многоугольниками, минимальное число разворотов, а также минимальная длина траектории будет достигаться тогда, когда прямые участки галсов будут параллельны прямой между двумя наиболее удаленными вершинами многоугольника [4].

Однако в случае наличия ветра маршрут БА необходимо строить так, чтобы более длинные отрезки змейки располагались по ветру и, соответственно, против ветра. Поскольку высота прохождения полигона рассчитывается из параметров целевой аппаратуры и является величиной постоянной, угол, под которым БА должен проходить полигон, будет определяться исходя из метеоданных о направлении и скорости ветра на данной высоте. При этом происходит выбор точки входа в полигон и выбор угла (курса) прохождения полигона для данных метеоусловий в текущий момент времени.

Итак, для построения оптимального маршрута движения БА выбран и адаптирован «муравьиный» алгоритм. Поскольку для поставленной задачи перемещение «муравьев» (БА) происходит в 3-мерном пространстве из каждого узла  $i$  в узел  $j$  «муравьи» могут добираться по всем доступным эшелонам. Список эшелонов, доступных для перемещения определяется исходя из заданных максимальной и минимальной высоты полета, затем из него исключаются эшелоны, значение коэффициента безопасности для которых меньше 1.

При этом если при текущих метеоусловиях перемещение из узла  $i$  в узел  $j$  невозможно, узел  $j$  исключается из списка и попадает в список запретов. Перемещение считается невозможным если:

- среди доступных по высоте эшелонов полета нет ни одного с коэффициентом безопасности 1;
- боковая составляющая ветра по отношению к курсу БА на доступных эшелонах превышает допустимую величину, установленную для данного типа БА.

В качестве времени существования «муравьиной колонии» предлагается считать 1 ч как период времени, за который метеоданные остаются условно неизменными. Все точки маршрута, которые не могут быть достигнуты за данный период времени, рассчитывают на следующем шаге с учетом изменившихся метеоданных.

Данная модель может быть легко адаптирована для построения оптимальных маршрутов группы БА с распределением целей между отдельными БА. В результате использования этой математической модели рассчитывают время (значение феромона в «муравьином» алгоритме), необходимое для перемещения из точки  $i$  в точку  $j$  для каждого доступного эшелона, а также определяют наивыгоднейшую высоту полета для каждой пары отрезков (векторов) маршрута, учитывая текущие метеоусловия.

Наивыгоднейшая высота полета — высота, на которой путевая скорость в заданном направлении полета при известном ветре получится наибольшей, а время перемещения БА, соответственно, меньшим.

Для определения минимальной эффективной высоты, начиная с которой поток солнечной радиации, падающий на элементы СБ (солнечной батареи), будет стабильно увеличиваться для каждой точки маршрута, берут высоту облачного слоя (наибо-

лее высокий облачный слой) к которой добавляют 500 м для обеспечения безопасного полета. Затем рассчитывают поток суммарной солнечной радиации для выбранной минимальной эффективной высоты.

После определения порядка прохождения точек маршрута и высоты полета БА на каждом отрезке траектории (построения оптимального маршрута) поток суммарной солнечной радиации рассчитывают для каждого отрезка траектории в целях определения энергетического баланса БА в каждой точке маршрута. Данный расчет необходим при планировании совместного выполнения полетного задания группой БА, для определения возможности замены одного БА группы другим в случае, если энергетический баланс первого БА близок к отрицательной величине.

Алгоритм определения последовательности прохождения точек маршрута и выбор эшелона для каждой точки включает в себя математические модели для расчета времени перемещения между точками маршрута с учетом смены эшелона. Этот алгоритм позволяет построить оптимальный маршрут, минимизированный по критерию времени, который обеспечивает минимальные потери энергии бортовых источников БА при выполнении задания так, как рассчитывается для наивыгоднейшей скорости и крейсерского режима полета.

Построение оптимального маршрута по критерию минимального времени прохождения позволит гарантировать соблюдение условий синхронности съемки, производимой с БА, со съемкой, производимой с КА ДЗЗ. Маршрут корректируется каждый час в соответствии с изменяющимися метеоусловиями. Минимизированный по критерию времени оптимальный маршрут, соответственно, обеспечивает минимальные потери энергии бортовых источников БА при выполнении задания, так как рассчитывается для наивыгоднейшей скорости и крейсерского режима полета.

Для БА, оборудованных элементами СБ, маршрут рассчитывают так, чтобы он по возможности был выше минимальной эффективной высоты, начиная с которой поток солнечной радиации, падающий на элементы СБ, будет стабильно увеличиваться, что позволит еще более минимизировать потери бортовых источников БА.

Поскольку оптимальный маршрут строится дискретно и пересчитывается каждый час (при необходимости чаще) с учетом местоположения, в котором оказался в текущий момент БА, текущих метеоусловий и положения солнца в текущий момент времени, при резком изменении метеоусловий оптимальный маршрут может быть перестроен с любой точки, в которой оказался БА. Данный алгоритм может быть легко адаптирован для группы БА, выполняющих общую задачу.

Результатом применения предлагаемой технологии должно стать снижение ошибки прохождения рабочей трассы, синхронизированной с подспутниковой трассой КА ДЗЗ, на 30 %, что позволит сократить потери бортовых источников БА по предварительным данным как минимум на 10...20 %, а также обеспечить непрерывный контроль интересуемых областей наблюдения в промежутках между сессиями работы КА ДЗЗ.

## Литература

- [1] Волков А.Е., Сутина Н.В. Применение современных комплексов оптико-электронного наблюдения с высоким разрешением в системах аэрокосмического мониторинга Земли // Инженерный журнал: наука и инновации. 2012. Вып. 12 (12). DOI: 10.18698/2308-6033-2012-12-505
- [2] Урличич Ю.М., Селин В.А., Емельянов К.С. О приоритетах практической реализации развития космической системы дистанционного развития Земли // Аэрокосмический курьер. 2011. № 6 (78). С.12–19.

- [3] Григорьев А.Н. Методика текущего планирования и применения космических средств при управлении системой дистанционного зондирования Земли // Вестник Российского нового университета. Сер. Сложные системы: модели, анализ и управление. 2015. № 9. С.69–73.
- [4] Подлипъян П.Е., Максимов Н.А. Многофазный алгоритм решения задачи планирования полета группы беспилотных летательных аппаратов // Труды МАИ. 2011. Вып. 43. URL: <http://trudymai.ru/upload/iblock/ae0/mnogofaznyy-algoritm-resheniya-zadachi-planirovaniya-poleta-gruppy-bespiilotnykh-letatelnykh-apparatov.pdf?lang=ru&issue=43> (дата обращения 01.12.2021).
- [5] Аэрофотосъемка с применением беспилотных летательных аппаратов. Балт АГП. URL: <http://baltagp.ru/aerophoto> (дата обращения 01.12.2021).
- [6] Kuwata Y. Real-time trajectory design for unmanned aerial vehicles using receding horizon control. Doct. diss. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology, 2003. 151 p.
- [7] Habibi G., Masehian E., Beheshti M.T.H. Binary integer programming model of point robot path planning // 33rd annual conference of the IEEE Industrial Electronics Soc.: IECON 2007. N.Y.: IEEE, 2007. Pp. 2841–2845. DOI: 10.1109/IECON.2007.4460315

## **Optimal Route Planning of an Unmanned Vehicle for Synchronized Shooting with an Earth Remote Sensing Spacecraft**

**Azarenko Liudmila Grigorevna**

azarenkol66@mail.ru

Branch of the Khrunichev Space Center (part of the ROSCOSMOS State Corporation) —  
Maximov Space Systems Research Institute

**Chuvakova Elena Andreevna**

chuvakovael@yandex.ru

Branch of the Khrunichev Space Center (part of the ROSCOSMOS State Corporation) —  
Maximov Space Systems Research Institute

**Zheleznov Sergey Alexandrovich**

zheleznov@niiks.com

Branch of the Khrunichev Space Center (part of the ROSCOSMOS State Corporation) —  
Maximov Space Systems Research Institute

*The main elements of the technology of forming a program for optimal planning of long-term operation BA routes for remote sensing synchronized with the spacecraft in the framework of validation of remote sensing data processing products are considered. As part of the solution of the task of developing methods for optimal planning of routes for long-term operation, an original mathematical model and an algorithm for calculating the trajectory of an unmanned vehicle synchronized with remote sensing spacecraft in the framework of validation of remote sensing data processing products are presented. Special software has also been created to ensure the optimal route of the unmanned vehicle.*

**Keywords:** unmanned vehicle, route planning, Earth remote sensing spacecraft, optimal energy consumption

## **References**

- [1] Volkov A.E., Suetina N.V. Primenenie sovremennykh kompleksov optiko-elektronnogo nablyudeniya s vysokim razresheniem v sistemakh aerokosmicheskogo monitoringa Zemli [Application of modern high-resolution optical-electronic surveillance systems in aerospace Earth monitoring systems]. Engineering Journal: Science and Innovation, vol. 12 (12). (in Russ.). DOI: 10.18698 / 2308-6033-2012-12-505
- [2] Urlichich Yu.M., Selin V.A., Emelyanov K.S. O prioritetakh prakticheskoy realizatsii razvitiya kosmicheskoy sistemy distantsionnogo razvitiya Zemli [On the priorities of the practical implementation of the development of a space system for remote development of the Earth]. Aero-kosmicheskiy kurer [Aerospace Courier], 2011, vol. 6 (78), pp.12–19. (in Russ.).

- [3] Grigorev A.N. Metodika tekushchego planirovaniya i primeneniya kosmicheskikh sredstv pri upravlenii sistemoy distantsionnogo zondirovaniya Zemli [Methodology of current planning and application of space facilities in the management of the Earth remote sensing system]. Vestnik of Russian New University. Ser. Slozhnye sistemy: modeli, analiz i upravlenie [Bulletin of the Russian New University. Ser. Complex systems: models, analysis, management], 2015, no. 9, pp. 69–73. (in Russ.).
- [4] Podlipyan P.E., Maksimov N.A. Mnogofaznyy algoritm resheniya zadachi planirovaniya poleta gruppy bespilotnykh letatel'nykh apparatov [Multiphase algorithm for solving the flight planning problem for a group of unmanned aerial vehicles]. Trudy MAI, 2011, vol. 43. Available at: <http://trudymai.ru/upload/iblock/ae0/mnogofaznyy-algoritm-resheniya-zadachi-planirovaniya-poleta-gruppy-bespilotnykh-letatelnykh-apparatov.pdf?lang=ru&issue=43> (accessed December 1, 2021). (in Russ.).
- [5] Aerial photography using unmanned aerial vehicles. Balt AGP. Available at: <http://baltagp.ru/aerophoto> (accessed December 1, 2021).
- [6] Kuwata Y. Real-time trajectory design for unmanned aerial vehicles using receding horizon control. Doct. diss. Cambridge, MA, Massachusetts Institute of Technology, 2003, 151 p.
- [7] Habibi G., Masehian E., Beheshti M.T.H. Binary integer programming model of point robot path planning. Proceeding of the 33rd annual conference of the IEEE Industrial Electronics Soc.: IECON 2007. N.Y., IEEE, 2007, pp. 2841–2845. DOI: 10.1109/IECON.2007.4460315

УДК 621.375.826

## Технология гибридной лазерно-дуговой сварки

**Арбузов Даниил Андреевич** [arbuzovda@student.bmstu.ru](mailto:arbuzovda@student.bmstu.ru)  
**МГТУ им. Н.Э. Баумана**

**Богданов Александр Владимирович** [mtbmstu@mail.ru](mailto:mtbmstu@mail.ru)  
**МГТУ им. Н.Э. Баумана**

**Холопов Андрей Андреевич** [holopiy@yandex.ru](mailto:holopiy@yandex.ru)  
**МГТУ им. Н. Э. Баумана**

**Ташпулатов Джасур Бахадырович** [dzhasur\\_t@mail.ru](mailto:dzhasur_t@mail.ru)  
**МГТУ им. Баумана**

**Сафиуллин Салават Ратмир ович** [dominik00@list.ru](mailto:dominik00@list.ru)  
**МГТУ им. Баумана**

Мощные лазеры весьма эффективны при сварке изделий различных толщин. Высокая энергоемкость обеспечивает значительную глубину проникновения. Но из-за узкой и глубокой геометрии, а также повышенной твердости сварного шва, появляется склонность к формированию дефектов соединений. Добавление источника дуги позволяет получить новую технологию сварки, а также решить некоторые проблемы, которые встречаются у каждой технологии по отдельности. Главной особенностью данного вида сварки является взаимное дополнение и усиление воздействия каждого из применяемых источников. В данной работе представлены обзор, преимущества и недостатки, различные способы реализации технологии, приведено сравнение направлений движения расплава в сварочной ванне при различных положениях луча и дуги, а также представлены и проанализированы примеры сварных образцов, полученные при помощи гибридной лазерной-дуговой сварке. На основании уже существующих трудов выделены перспективные направления исследований данной технологии.

**Ключевые слова:** лазер, дуговая сварка, гибридная сварка, технологии сварки

Данная работа представляет собой общий обзор технологии гибридного процесса сварки. Рассмотрены процессы сварки путем совмещения двух тепловых источников и их отличия друг от друга. Разделяют два способа сварки: комбинированный и гибридный.

Первый способ отличается тем, что лазерный луч и дуга создают единый термический цикл, но действуют не в пределах единой сварочной ванны, а физические сущности этих двух процессов остаются неизменными [1]. Такой способ сварки можно реализовать путем разнесения двух источников тепла на расстояние 5...7 мм друг от друга [1].

Второй способ подразумевает совместное действие на одну сварочную ванну дуги и лазерного луча, причем физическая сущность процессов различается по каждой из составляющих. Главной особенностью данного способа сварки является взаимное дополнение и усиление воздействия каждого из применяемых источников.

Путем совместного использования данных тепловых источников удается решить некоторые проблемы, возникающие при сварке лазером и дугой по отдельности.

В ходе анализа литературных данных были выделены преимущества и недостатки лазерно-дугового процесса сварки. Использование гибридной технологии laser-TIG сварки дает ряд преимуществ.

1. Смягчение требований к сборке деталей в сравнении с лазерной сваркой за счет использования присадочного материала.

2. Возможность управления химическим составом сварного шва при дуговой сварке с присадочной проволокой.

3. Уменьшение расхода сварочных материалов благодаря сварке большей толщины без разделки либо с меньшей по площади разделкой.

4. Возможность соединения разнородных материалов [2].

5. Повышение производительности процесса сварки за счет повышения скорости сварки до 6 м/мин и выше при не больших толщинах порядка 4 мм [3].

Было проведено сравнение направлений движения расплава в сварочной ванне в зависимости от положения лазерного луча и электрической дуги [4] и выявлены преимущества и недостатки каждого положения.

На основании проведенного обзора можно выделить следующие направления исследований:

1. Выбор оптимальной оптической схемы для гибридного процесса сварки.

2. Выбор параметров сварочной дуги (сварочный ток, диаметр проволоки, режим горения дуги).

3. Выбор схемы взаимного расположения луча и дуги при однопроходной гибридной сварке стыков без разделки кромок.

4. Влияние схемы сварки, расстояния между лазерным лучом и режимов гибридной сварки на структуру и механические свойства сварного шва конструкционных низколегированных сталей.

5. Определение максимальной толщины стали и скорости сварки, свариваемой за один проход без разделки кромок, при использовании лазерного излучения мощностью до 30 кВт.

6. Выбор способа и разделки кромок для гибридной сварки толщин более 14 мм [5].

7. Определение требований к сборке сварных соединений и точности наведения лазерного луча на стык при однопроходной и многопроходной гибридной лазерно-дуговой сварке.

## Литература

- [1] Шелягин В.Д., Хаскин В.Ю. Тенденции развития лазерно-дуговой сварки // Автоматическая сварка. 2002. № 6. С. 28–31.
- [2] Casalino G., Angelastro A., Perulli P., Casavola C., Moramarco V. Study on the fiber laser/TIG weldability of AISI 304 and AISI 410 dissimilar weld // Journal of Manufacturing Processes. 2018. No. 35. Pp. 216–225.
- [3] Bunazin I., M. Akselsen. O, Salminen. A, Unt A. Fiber laser-MIG hybrid welding of 5 mm 5083 aluminum alloy // Journal of Materials Processing Technology. 2016. No. 233. Pp. 107–114.
- [4] Bunaziv I. Optimization of parameters for fiber laser-MAG hybrid welding in shipbuilding application // Lappeenranta university of technology. 2013. Available at: <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201402061385> (accessed December 15, 2021).
- [5] Frostevarga J., Kaplana A. F.H. Undercuts in laser arc hybrid welding // Physics Procedia. 2014. No. 56. Pp. 663–672.

## Hybrid Laser-Arc Welding Technology

**Arbuzov Danil Andreevich**

arbuzovda@student.bmstu.ru

**BMSTU**

**Bogdanov Aleksandr Vladimirovich**

mtbmstu@mail.ru

**BMSTU**

**Kholopov Andrey Andreevich**

holopiy@yandex.ru

**BMSTU**

**Tashpulatov Dzhasur Bakhadyrovich**

dzhasur\_t@mail.ru

**BMSTU**

**Safiullin Salavat Ratmirovich**

dominik00@list.ru

**BMSTU**

*Powerful lasers are very effective for welding various thicknesses. High energy content provides a significant penetration depth. But due to the narrow and deep geometry, as well as the increased hardness of the weld, there is a tendency to the formation of joint defects. Adding an arc source allows to get a new welding technology, as well as solve some of the problems that are encountered in each technology separately. The main feature of this type of welding is the mutual complementarity and enhancement of the effect of each of the sources used. This paper presents an overview, advantages and disadvantages, various ways of implementing the technology, compares the directions of movement of the melt in the weld pool at different positions of the beam and arc, and also presents and analyzes examples of welded samples obtained using hybrid laser-arc welding. On the basis of already existing works, promising directions of research of this technology are highlighted.*

**Keywords:** laser, arc welding, hybrid welding, welding technology

## References

- [1] Shelyagin V.D., Khaskin V.Yu. Tendentsii razvitiya lazerno-dugovoi svarki [Trends in the development of laser arc welding]. Avtomaticheskaya svarka [Automatic Welding], 2002, no. 6, pp. 28–31. (In Russ.).
- [2] Casalino G., Angelastro A., Perulli P., Casavola C., Moramarco V. Study on the fiber laser/TIG weldability of AISI 304 and AISI 410 dissimilar weld. Journal of Manufacturing Processes, 2018, no. 35, pp. 216–225.

- [3] Bunazin I., M. Akselsen. O, Salminen. A., Unt A. Fiber laser-MIG hybrid welding of 5 mm 5083 aluminum alloy. *Journal of Materials Processing Technology*, 2016, no. 233, pp. 107–114.
- [4] Bunaziv I. Optimization of parameters for fiber laser-MAG hybrid welding in shipbuilding application. Lappeenranta university of technology, 2013. Available at: <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201402061385> (accessed December 15, 2021).
- [5] Frostevarga J., Kaplana A. F.H. Undercuts in laser arc hybrid welding. *Physics Procedia*, 2014, no. 56, pp. 663–672.

УДК 80.12

## Обеспечение производства изделий ракетно-космической техники с применением технологии послойного наплавления материала

Борзов Константин Эдуардович

borzovcheg@gmail.com

Филиал АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева» — КБ «Арматура»

Рассмотрены области применения новых материалов для изготовления изделий для максимального использования преимуществ и возможностей технологии послойного наплавления материала с учетом специфики единичного и мелкосерийного производства. Подобраны материалы и изготовлены опытные образцы изделий для отработки устойчивости к циклическим нагрузкам в производственных условиях с оптимальной стратегией внутреннего заполнения. Отработан процесс изготовления армированных полимерных изделий, выполненных по технологии послойного наплавления материала с внутренней гироидной структурой и заполнением объема химическим раствором на основе полиэтиленаамина и двуокиси титана, что позволяет значительно сократить цикл производства, в два раза повысить прочностные характеристики изделий и обеспечить возможность работы при высоких температурах. Получены функциональные детали сложной конфигурации с внутренней структурой, которую невозможно выполнить фрезерованием или методом литья под давлением.

**Ключевые слова:** технология послойного наплавления материала, термопластичные полимеры, внутренняя макроструктура, технологические свойства

Современное промышленное производство требует совершенствования существующих и создания новых подходов к производству изделий. Для решения производственных задач требуется развитие и внедрение принципиально новых технологических методов, новых материалов, оборудования и систем обработки данных. В этом процессе конструкторско-технологическая подготовка, поиск решений по сокращению издержек, минимизации трудоемкости и цикла изготовления выпускаемой продукции являются основными задачами. Перспективно, в ряде случаев, замена отдельных деталей с традиционных металлов на полимерные композитные материалы. Поэтому оценка возможности и интеграции технологии послойного наплавления материала для изготовления изделий из полимеров и гибки малых листовых деталей, является актуальной задачей [1].

Основное отличие технологии послойного наплавления материала от традиционных методов обработки деталей на металлорежущих станках заключается в том, что изделие создается послойным выращиванием объема с точным воспроизведением формы [2]. Данный метод экономически целесообразен благодаря отсутствию необходимости в дополнительной оснастке, термообработке и нанесении гальванических

покрытий, малый расход электроэнергии при изготовлении деталей. Применение особенно эффективно в опытном, единичном и мелкосерийном производстве, когда требуется часто вносить изменения в конструкцию деталей и соответственно постоянно корректировать оснастку или изготавливать новую для опытных образцов изделий [3].

В качестве расходных материалов для изготовления деталей применяют термопластичные полимеры и композиты на их основе. В зависимости от технологических свойств и условий эксплуатации они имеют различную область применения в производстве. При предельных нагрузках, не превышающих предела прочности материала, моделирующую оснастку для изготовления тонколистового профиля, детали испытательных стендов, оправок и изоляторов для ЛКП, зажимную оснастку можно выполнять по технологии послойного наплавления материала [4]. Недостатком технологии является невысокая скорость печати при изготовлении крупногабаритных нагруженных изделий, в конструкции которых рабочие поверхности подвергаются сильному износу.

Для расширения области применения новых термопластичных полимеров, компенсации цикла печати по технологии послойного наплавления, повышения прочностных и износстойких характеристик изделий необходимо отработать ряд параметров, таких как создание оптимальной внутренней макроструктуры, плотность и форму заполнения внутреннего объема изделия. Важно отработать алгоритм управляющей программы и процесс армирования металлическими вставками поверхностей, подвергающихся постоянному износу.

Для достижения поставленных задач были проведены исследования механических свойств образцов из термопластичных материалов ABS (полиакрилонитрилбутадиен-стирол), MID (композит на основе полиамида 6), PLA (полилактид) с различной толщиной стенки и внутренним заполнением образцов:

- гироидной внутренней структурой, заполнением материала 20 %;
- четырехгранной внутренней структурой, заполнением материала 20 %;
- гироидной внутренней структурой, заполнением эпоксидной смолой на основе полиэтиленполиамина 100 %;
- гироидной внутренней структурой, заполнением эпоксидной смолой на основе двукиси титана 100 %.

Исходя из полученных результатов прочностных, деформационных характеристик и усадки изучаемых образцов, можно сделать вывод, что изделия, выполненные печатью с внутренней гироидной структурой, и заполнением объема химическим раствором эпоксидной смолы с отвердителем на основе полиэтиленполиамина и двукиси титана, позволяют значительно сократить цикл печати изделия и повысить прочностные характеристики конечного изделия, с возможностью работы при высоких температурах.

В целях отработки устойчивости к циклическим нагрузкам в производственных условиях были подобраны материалы и изготовлены опытные образцы изделий. Реализован процесс печати изделий с металлическими вставками с определенным алгоритмом генерации двухфазной управляющей программы. Отработан процесс изготовления армированных полимерных изделий, выполненных по технологии послойного наплавления материала с внутренней гироидной структурой и заполнением объема химическим раствором на основе полиэтиленполиамина и двукиси титана, что позволило значительно сократить цикл производства, обеспечить возможность работы при высоких температурах.

В результате проведенных работ получены функциональные детали сложной конфигурации с внутренней структурой, которую невозможно выполнить фрезерованием или методом литья под давлением. Применение технологии послойного наплавления материала взамен традиционных технологий изготовления позволило снизить трудоемкость, сократить материальные затраты на изготовление деталей оснастки, существенно снизить затраты на электроэнергию, значительно сократить время подготовки производства тонколистовых и полимерных изделий, в условиях единичного и мелкосерийного производства.

### **Литература**

- [1] Кравчук А.Д., Маряхин А.Д., Потапов А.А., Панченко В.Я., Комлев В.С., Новиков М.М., Охлопков В.А., Дувидzon В.Г., Латышев Я.А., Чёлушкин Д.М., Чобулов С.А., Александров А.П., Шкарубо А.Н. Применение аддитивных технологий в нейрохирургии // V Международная конференция «Аддитивные технологии: настоящее и будущее»: сб. мат-лов. М.: ВИАМ, 2019. С. 253–274.
- [2] Петрова Г.Н., Платонов М.М., Больщаков В.А., Пономаренко С.А. Исследование комплекса характеристик базовых материалов для FDM технологии аддитивного синтеза. Физико-механические и теплофизические свойства // Пластичные массы. 2016. Т. 5. № 6. С. 53–58. DOI: 10.35164/0554-2901-2016-5-6-53-58
- [3] Балашов А.В., Маркова М.И. Исследование структуры и свойств изделий, полученных 3D-печатью // Инженерный вестник Дона, 2019, № 1. URL: [http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD\\_150\\_Balachov\\_Markova.pdf](http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_150_Balachov_Markova.pdf) (дата обращения 26.11.2021).
- [4] Пегов Н.Я., Лебедев Г.А. Технологическая оснастка для холодной штамповки, прессования пластмасс и литья под давлением. М.: НИИМАШ, 1967. Ч. 1. 542 с.

## **Ensuring the Production of rocket Space Technology Products Using the Layer-by-Layer Material Surfacing Technology**

**Borзов Константин Едуардович**

**borzovcheg@gmail.com**

*Branch of the Khrunichev Space Center (part of the ROSCOSMOS State Corporation) — Armatura Design Bureau*

*The report examines the ranges of application of new materials for manufacturing products, in order to maximize the benefits and capabilities of the layer-by-layer material surfacing technology, taking into account the specific character of single-piece and small-scale production. Materials were selected and prototypes of products were manufactured in order to optimize the resistance to cyclic loads under production conditions, with an optimal internal filling strategy. The process of manufacturing of reinforced polymer products made using the layer-by-layer surfacing of material with an internal gyroid structure and filling the volume with a chemical solution based on polyethylene polyamine and titanium dioxide has been worked out, which makes it possible to significantly reduce the production cycle, double the strength characteristics of products and offer the prospect of operation at high temperatures. As a result of the work carried out, functional parts of a complex configuration with an internal structure which cannot be performed by milling or injection molding were obtained.*

**Keywords:** the layer-by-layer material surfacing technology, thermoplastic polymers, internal macrostructure, technological properties

### **References**

- [1] Kravchuk A.D., Maryakhin A.D., Potapov A.A., Panchenko V.Ya., Komlev V.S., Novikov M.M., Okhlopkov V.A., Duvidzon V.G., Latyshev Ya.A., Chelushkin D.M., Chobulov S.A., Aleksandrov A.P., Shkarubo A.N. Primenenie additivnykh tekhnologiy v neyrokhirurgii [Application of additive technologies in

- neurosurgery]. Proceedings of the V International Conference “Additive technologies: present and future”. Moscow, VIAM Publ., 2019, pp. 253–274. (in Russ.).
- [2] Petrova G.N., Platonov M.M., Bol'shakov V.A., Ponomarenko S.A. Issledovanie kompleksa kharakteristik bazovykh materialov dlya FDM tekhnologii additivnogo sinteza. Fiziko-mekhanicheskie i teplofizicheskie svoystva [Research of the complex of characteristics of base materials for FDM of technology of the additive synthesis. Physico-mechanical and heat-physical properties]. Plasticheskie massy. 201, vol. 5, no. 6, pp. 53–58. (in Russ.). DOI: 10.35164/0554-2901-2016-5-6-53-58
- [3] Balashov A.V., Markova M.I. Issledovanie struktury i svoystv izdeliy, poluchennykh 3D-pechatyu [Study of the structure and properties of products obtained by 3D-printing]. Inzhenerny vestnik Dona [Engineering journal of Don], 2019, no. 1. Available at: [http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD\\_150\\_Balachov\\_Markova.pdf\\_b44\\_69f3dc9.pdf](http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_150_Balachov_Markova.pdf_b44_69f3dc9.pdf) (accessed November 26, 2021). (in Russ.).
- [4] Pegov N.Ya., Lebedev G.A. Tekhnologicheskaya osnastka dlya kholodnoy shtampovki, pressovaniya plastmass i litya pod davleniem [Technological equipment for cold stamping, plastics molding and injection molding]. Moscow, NIIMASH Publ., 1967, part 1, 542 p. (in Russ.).

УДК 621.73

## **Феноменология качества материала поковок из алюминиевых сплавов системы «алюминий — магний»**

**Головкин Павел Александрович**  
АО «Плутон»

p.golovkin@pluton.msk.ru

*Рассмотрена феноменология оценки качества и допустимой поврежденности материала поковок из алюминиевых сплавов системы «алюминий — магний». В качестве критериев приведены показатели твердости, разрыхления материала поковки и количественного содержания в нем интерметаллических фаз. Показано влияние на эти параметры температуры и величины накопленной в материале поковки деформации. Цель исследования — предоставить численное обоснование параметров деформации, обеспечивающей вакуумную плотность материалов поковок из алюминиевых сплавов системы «алюминий — магний».*

**Ключевые слова:** поковки, алюминиевый сплав, вакуумная плотность, разрыхление материала, интерметаллические фазы

Изготовление деталей и узлов с повышенными требованиями к эксплуатации, таких как части корпусов микросборок [1], требует обоснованного выделения и численной увязки между собой различных критериев и свойств их материала. Для правильной постановки и решения этой сложной задачи методологически необходимо использовать феноменологический и критериальный подходы [2]. Например, опыт показывает, что частой причиной выхода из строя изделий микроминиатюризации, является нарушение вакуумной плотности их корпусов, обычно выполняемых из алюминиевых сплавов системы «алюминий — магний» (АМг). Одним из определяющих вакуумную плотность изделий из этих сплавов факторов, является состав, количество и характер распределения в их материале интерметаллических фаз [1].

Для удобства работы с данным показателем его предлагается формализовать в виде аббревиатуры КСИФ — количественного содержания интерметаллидных фаз. Вводя в оборот этот критериальный показатель, можно феноменологически связать его с расчетными показателями деформационных процессов, с одной стороны, и с металлографическими и специальными характеристиками материала, с другой.

Открывается возможность численно связать КСИФ и вакуумную плотность материала поковок, уже на основе критериального подхода, с основными параметрами технологических воздействий, которые он претерпел. Анализируя, например, сплав АМг6, следует особенно выделить соединения  $Mg_2Al_3$  и  $Mg_5Al_8$  [3], особенностью которых является то, что они образуются из основных химических компонентов сплава. Это значит, с одной стороны, что ресурс материала для их формирования почти не ограничен, а с другой, что само их формирование слабо связано с химической чистотой металлического материала.

Не углубляясь в природу микрохимического взаимодействия интерметаллических фаз с окружающей их матрицей [4], следует отметить известную связь между процессами поро- и трещинообразования: при встрече включения или иного препятствия, микротрещины затупляются и превращаются в стабильные микропоры [5]. Они и заполняются образующимися в материале интерметаллическими фазами, усугубляя процесс разрушения. Это обстоятельство дает основания для принятия такого приближения, как равенство величины разрыхления и КСИФ в материале поковок из сплавов группы АМг. Указанное приближение позволяет увязать полученные опытные данные по зависимости КСИФ от параметров деформационных и температурных воздействий на материал поковок из алюминиево-магниевых сплавов, и богатый экспериментальный материал теории разрушения металлов.

Анализ металлографии опытных поковок и определение количества содержащихся в их материале интерметаллических фаз производился по стандартной методике в ГОСТ 21073.4–75 «Межгосударственный стандарт металлы цветные. Определение величины зерна планиметрическим методом», расчет параметров деформации осуществлялся с использованием конечноэлементного программного продукта QForm [6]. Исходным материалом, согласно ГОСТ 21488–97 «Прутки прессованные из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия», для изготовления опытных поковок служили прессованные прутки. Применялся насосно-аккумуляторный гидравлический пресс с максимальным усилием 50 МН при скорости перемещения подвижной траверсы 20...30 мм/с.

Математическое моделирование показало, что для получения качественных поковок целесообразен нагрев заготовок до температуры не более 320 °C. В этом случае характерная температура материала поковок составляет 370...400 °C. Столь узкий интервал позволяет рассматривать зависимость твердости материала от КСИФ как функцию одной переменной, приняв температуру материала поковки за константу.

Обработка результатов исследований позволила определить эту зависимость как экспоненциальную часть полинома, которая может быть сведена к уравнению вида:

$$HV = C_1 \cdot e^{-C_2 \varepsilon}, \quad (1)$$

где HV — твердость, МПа;  $e$  — экспонента;  $\varepsilon'$  — накопленная материалом поковки логарифмическая деформация;  $C_1$ ,  $C_2$  — константы, зависящие от суммы характеристик материала заготовки и параметров его деформации в контрольной точке.

С другой стороны, на основании обработки опытных данных установлено, что зависимость твёрдости материала поковок от КСИФ может быть отображена так:

$$HV = -C_1 \ln \left( C_{\text{исх}} + K \text{СИФ}_{\text{деф}} \right) + C_2, \quad (2)$$

где HV — твердость материала, МПа;  $C_{\text{исх}}$  — исходное содержание интерметаллической фазы в заготовке;  $\text{КСИФ}_{\text{деф}}$  — достигнутое КСИФ в материале поковки;  $C_1$ ,  $C_2$  — константы, аналогичные приведенным в выражении (2).

Это значит, что для рекомендованного интервала накопленных материалом поковок деформаций, его твердость с ростом КСИФ, уменьшается экспоненциально, а последний показатель, в целом обратно, возрастает по логарифмической зависимости, с увеличением значений накопленных материалом деформаций.

Обработка результатов ряда проведенных на поковках типовых конфигураций исследований позволила установить, что образования не залечиваемых отжигом материала поковок дефектов в виде пор и расслоений можно избежать, ограничивая величину накопленных деформаций интервалом не менее 0,4...0,5 и не более 2,8...3,2 логарифмических единиц. То есть в этом интервале КСИФ не превышает критического с позиции обеспечения вакуумной плотности материала уровня.

Для численной формализации специальных свойств материала поковок предложен и использован в расчетах показатель количественного содержания в материале интерметаллидных фаз — КСИФ. С использованием феноменологического подхода, выявлены и formalизованы в виде формул зависимости твердости материала поковок из сплавов группы АМг от величины накопленной им деформации, (1) и количественного содержания в материале интерметаллических фаз (2).

Установлено, деформация на гидравлических прессах с нагрева до 320 °C заготовок из сплавов группы АМг в интервале от 0,4...0,5 до 2,8...3,2 логарифмических единиц обеспечивает вакуумную плотность их материала, достаточную для изготовления корпусов микросборок.

## Литература

- [1] Головкин П.А. Повышение качества корпусов микросборок электронных СВЧ- приборов с использованием ковочных операций // Технология машиностроения. 2020. № 9. С. 5–7.
- [2] Новик Ф.С., Арсов Я.Б. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования эксперимента. М.: Машиностроение; София: Техника, 1980. 304 с.
- [3] Петров А.П. Головкин П.А. Режимы горячей деформации и технологичность сплавов систем Al-Mg и Al-Mg-Sc // Перспективные технологии легких и специальных сплавов. К 100-летию со дня рождения акад. А.Ф. Белова: сб. статей. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. С. 213–221.
- [4] Чапкова Ю.В. Оценка влияния размеров зон Гинье — Престона на упрочнение алюминиевого сплава // Известия ТГУ. Технические науки. 2004. № 11. С. 138–141.
- [5] Богатов А.А., Мижирицкий О.И., Смирнов С.В. Ресурс пластичности при обработке металлов давлением. М.: Металлургия, 1984. 144 с.
- [6] Стебунов С.А., Биба Н.В. QForm — программа, созданная для технологов // Кузнечно-штамповочное производство. 2004. № 9. С. 38–43.

## Phenomenology of Material Quality of Aluminum-Magnesium System Forgings

*Golovkin Pavel Aleksandrovich*

*p.golovkin@pluton.msk.ru*

*Pluton, JSC*

*The phenomenology of evaluation of quality and permissible damage of forgings material made of aluminum-magnesium alloys system is considered. As criteria, the indicators of hardness, loosening of the forging material, and the quantitative content of intermetallic phases in it are given. The influence of temperature and the amount of deformation accumulated in the forging material on these parameters is shown. The aim of the study is to provide a numerical justification of the deformation parameters that provide vacuum density of aluminum-magnesium system forgings materials.*

**Keywords:** *forgings, aluminum alloy, vacuum density, loosening of the material, intermetallic phases*

## References

- [1] Golovkin P.A. Povyshenie kachestva korpusov mikrosborok elektronnykh SVCh-priborov s ispol'zovaniem kovochnykh operatsiy [Improving the quality of electronic microwaves assemblies using forging operations]. Tekhnologiya mashinostroeniya [Technology of Mechanical Engineering], 2020, no. 9, pp. 5–7. (in Russ.).
- [2] Novik F.S., Arsov Ya.B. Optimizatsiya protsessov tekhnologii metallov metodami planirovaniya eksperimenta [Optimization of metal technology processes by methods of experiment planning]. Moscow, Mashinostroenie Publ.; Sofia, Tehnika Publ., 1980. 304 p. (in Russ.).
- [3] Petrov A.P. Golovkin P.A. Rezhimy goryachej deformatsii i tekhnologichnost' splavov sistem Al-Mg i Al-Mg-Sc [Hot deformation modes and processability of alloys of Al-Mg and Al-Mg-Sc systems]. Perspektivnye tekhnologii legkikh i spetsialnykh splavov. K 100-letiyu so dnya rozhdeniya akad. A.F. Belova [Perspective technologies of light and special alloys. To the 100 anniversary since the birth of Acad. A.F. Belov]. Moscow, FIZMATLIT Publ., 2006, pp. 213–221. (in Russ.).
- [4] Chapkova Yu.V. Otsenka vliyaniya razmerov zon Gine — Prestona na uprochnenie alyuminievogo splava [Evaluation of the effect of the size of Guinier-Preston zones on the hardening of aluminum alloy]. Izvestiya TGU. Tekhnicheskie nauki [Proceedings of TSU. Technical Sciences], 2004, no. 11, pp. 138–141. (in Russ.).
- [5] Bogatov A.A, Mzhiritskiy O.I., Smirnov S.V. Resurs plastichnosti pri obrabotke metallov davleniem [Plasticity resource in metal forming]. Moscow, Metalluriya Publ., 1984, 144 p. (in Russ.).
- [6] Stebunov S.A., Biba N.V. QForm — programma, sozdannaya dlya tekhnologov [QForm — a program created for technologists]. Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo [Forging and stamping production], 2004, no. 9, pp. 38–43. (in Russ.).

УДК 539.1.043

## Спектр плотностей энерговыделений — новый подход к оценке радиационной стойкости космической микронаноэлектроники

**Егоров Матвей Владимирович**

iltarron@yandex.ru

**МГУ имени М.В. Ломоносова**

**Морозов Олег Вячеславович**

oleg@coronas.ru

**МГУ имени М.В. Ломоносова**

**Галкин Владимир Игоревич**

v\_i\_galkin@mail.ru

**МГУ имени М.В. Ломоносова**

**Сазонов Василий Викторович**

sazonov@cosmos.msu.ru

**МГУ имени М.В. Ломоносова**

**Анохин Михаил Всеволодович**

anokhinmikhail@yandex.ru

**МГУ имени М.В. Ломоносова**

Показан альтернативный традиционному подход к оценке радиационной стойкости электронного оборудования космических аппаратов, основанный на дозировке с помощью спектров плотности энерговыделения в качестве критериального параметра. Пред-

ставлены физические обоснования возможности радиационных испытаний электронного оборудования с использованием компактных изотопных источников. Помимо тестирования электронного оборудования на радиационную стойкость такой подход также позволяет создать целостную систему мониторинга радиационной опасности, изучения радиационной стойкости электронных компонентов и оптимизации геометрии нового электронного оборудования. Новая система предусматривает лабораторные и полевые эксперименты и детальное моделирование методом Монте-Карло. Это позволит значительно улучшить прогнозы радиационной опасности благодаря использованию более адекватных физических моделей радиационных эффектов и данных мониторинга радиации на месте в реальном времени, а разработчикам оборудования и пользователям даст возможность лично принять участие в тестах или даже провести их самостоятельно. Внедрение предложенной системы позволит существенно расширить перечень электронных компонентов, разрешенных для использования в космической технике.

**Ключевые слова:** радиационная стойкость, спектральная плотность энерговыделения, ионизирующее излучение, радиационная опасность

Анализ отказов бортовой аппаратуры показывает [1], что частота одиночных событий нештатной работы микроэлектронных элементов во время эксплуатации на космических аппаратах (КА) существенно меньше, чем её оценка при наземной отработке на существующих моделирующих стендах. Как следствие, применяемые методы испытаний и оценок стойкости электроники в полях ионизирующих излучений в настоящее время приводят зачастую к ложноотрицательным заключениям о применимости электронных комплектующих в космических приборах. Основная причина ошибочной оценки радиационной стойкости по ныне действующим методикам заключается в процедуре использования макродозиметрического критериального параметра «полная доза».

Воздействие ионизирующего излучения на вещество традиционно описывают поглощенной дозой — количеством поглощенной некоторым объемом среды энергии излучения, отнесенными к массе вещества в этом объеме. Описание это является макроскопическим, пока геометрические размеры рассматриваемого объема существенно превосходят размеры треков частиц, оставивших в нем энергию [2].

Макроскопический дозовый подход сложился десятилетия назад, когда сомнений в его применимости к аппаратуре не возникало в силу характерных для того времени размеров функциональных элементов электронных приборов. Современный уровень интеграции полупроводниковых приборов даёт все основания для таких сомнений. Кроме того, ЛПЭ (линейная передача энергии), как средняя характеристика, не содержит информации о флюктуациях, а именно большие флюктуации плотности энерговыделений представляют опасность для электронных приборов с высокой степенью интеграции (т. е. с малыми размерами функциональных элементов). Это означает, что даже после прохождения одной заряженной частицы малый функциональный элемент прибора, размером порядка десятков нанометров, может получить большую поглощённую дозу, способную повлиять на его работу. Таким образом, макроскопическое рассмотрение, то есть рассмотрение с масштабом усреднения, значительно превышающим характерный размер функционального элемента прибора, может привести к неправильному заключению относительно радиационной безопасности прибора [3]. Если ориентироваться на макроскопическую дозу и даже на ЛПЭ, размеры флюктуаций не видны, что неминуемо приводит к недооценке опасности [4]. Попытка скомпенсировать незнание флюктуаций (высоких локальных мгновенных доз) введением некоторого постоянного коэффициента, имеющего смысл запаса прочности, может привести к переоценке радиационной опасности, поскольку такой коэффициент должен зависеть от

расположения рассматриваемого прибора в КА, от характеристик источника ионизирующего излучения, от режима работы прибора и т. п.

С 2017 г. ведется подготовка к проведению на РС МКС целевых работ «ПИЧ» (поле ионизирующих частиц), которые позволят существенно улучшить прогноз радиационной опасности за счет использования более адекватных физических моделей радиационных эффектов и данных оперативного радиационного мониторинга *in situ*. Новая методология оценки влияния ионизирующего излучения на электронику и материалы даст возможность разработчикам и пользователям аппаратуры участвовать в испытаниях или даже проводить их самостоятельно. Переход на предлагаемую систему позволит существенно расширить перечень электронной компонентной базы, разрешенной для применения в космической технике.

## Литература

- [1] Анохин М.В., Галкин В.И., Добриян М.Б., Дубов А.К., Малков А.К. Особенности ядерно-физического эксперимента на космических аппаратах с длительным сроком активного функционирования // Известия РАН. Сер. физическая. 2008. Т. 72, № 7. С. 1036–1039.
- [2] Анохин М.В., Галкин В.И., Дитлов В.А., Дубов А.Е., Калегаев В.В., Королёв А.Г., Кузнецов Н.В., Маркарячев С.В., Панасюк М.И., Попов В.Д., Чабанов В.М., Шило А.Г. К вопросу о роли пика Брэгга при оценке воздействия поля ионизирующих частиц на микроэлектронику космических аппаратов // Стойкость — 2015: сб. тр. конф. Лыткарино, 2015. С. 27–29.
- [3] Анохин М.В., Галкин В.И., Морозов О.В., Сазонов В.В. Особенности оценки радиационной стойкости космической микро- и наноэлектроники // Космическая техника и технологии. 2017. Т. 3, № 18. С. 24–33.
- [4] Анохин М.В., Галкин М.В., Дитлов В.А., Дубов А.Е., Королёв А.Г., Чабанов В.М. Разработка микромонитора для испытаний микроэлектроники на стойкость при воздействии ТЗЧ // Вопросы атомной науки и техники. Сер. Физика радиационного воздействия на радиоэлектронную аппаратуру. 2013. Т. 2. С. 87–92.

## Energy Density Spectrum — a New Approach to Assessing the Radiation Resistance of Space Micro- and Nanoelectronics

**Egorov Matvey Vladimirovich**

iltarron@yandex.ru

*Lomonosov Moscow State University*

**Morozov Oleg Vyacheslavovich**

oleg@coronas.ru

*Lomonosov Moscow State University*

**Galkin Vladimir Igorevich**

v\_i\_galkin@mail.ru

*Lomonosov Moscow State University*

**Sazonov Vasiliy Victorovich**

sazonov@cosmos.msu.ru

*Lomonosov Moscow State University*

**Anokhin Mikhail Vsevolodovich**

anokhinmikhail@yandex.ru

*Lomonosov Moscow State University*

*An alternative to the traditional approach to assessing the radiation resistance of electronic equipment of spacecraft based on dosage using energy release density spectra as a criterion parameter is shown. Physical substantiations of the possibility of radiation testing of electronic equipment using compact isotope sources are presented. In addition to testing electronic equipment for radiation resistance, this approach also makes it possible to create an integrated sys-*

*tem for monitoring radiation hazards, studying the radiation resistance of electronic components and optimizing the geometry of new electronic equipment. The new system provides laboratory and field experiments and detailed Monte Carlo simulation. This will significantly improve the forecasts of radiation hazards through the use of more adequate physical models of radiation effects and real-time radiation monitoring data on site, and will give equipment developers and users the opportunity to personally take part in tests or even conduct them themselves. The introduction of the proposed system will significantly expand the list of electronic components allowed for use in space technology.*

**Keywords:** radiation hardness, energy release spectrum density, ionizing radiation, radiation hazard

## References

- [1] Anokhin M.V., Galkin V.I., Dobriyan M.B., Dubov A.K., Malkov A.K. Osobennosti yaderno-fizicheskogo eksperimenta na kosmicheskikh apparatakh s dlitel'nym srokom aktivnogo funktsionirovaniya [Features of nuclear physics experiment on spacecraft with a long period of active operation]. Izvestiya RAN. Ser. fizicheskaya [Izvestia RAS. Ser. physical], 2008, vol. 72, no. 7, pp. 1036–1039. (In Russ.).
- [2] Anokhin M.V., Galkin V.I., Ditlov V.A., Dubov A.E., Kaledaev V.V., Korolev A.G., Kuznetsov N.V., Makarychev S.V., Panasyuk M.I., Popov V.D., Chabanov V.M., Shilo A.G. K voprosu o roli pika Bragga pri otsenke vozdeistviya polya ioniziruyushchikh chastits na mikroelektroniku kosmicheskikh apparatov [On the question of the role of the Bragg peak in assessing the impact of the ionizing particle field on spacecraft microelectronics]. Stoikost' – 2015 [Persistence – 2015]: proceedings of the conference. Lytkarino, 2015, pp. 27–29. (In Russ.).
- [3] Anokhin M.V., Galkin V.I., Morozov O.V., Sazonov V.V. Osobennosti otsenki radiatsionnoi stoikosti kosmicheskoi mikro- i nanoelektroniki [Features of evaluation of radiation resistance of space micro- and nanoelectronics]. Kosmicheskaya tekhnika i tekhnologii [Space technology and technologies], 2017, vol. 3, no. 18, pp. 24–33. (In Russ.).
- [4] Anokhin M.V., Galkin M.V., Ditlov V.A., Dubov A.E., Korolev A.G., Chabanov V.M. Razrabotka mikromonitora dlya ispytanii mikroelektroniki na stoikost' pri vozdeistvii TZCh [Development of a micromonitor for testing microelectronics for resistance to TCH]. Voprosy atomnoi nauki i tekhniki. Ser. Fizika radiatsionnogo vozdeistviya na radioelektronnyu apparatu [Issues of atomic science and technology. Ser. Physics of radiation effects on electronic equipment], 2013, vol. 2, pp. 87–92. (In Russ.).

УДК 539.3:519

## Численное моделирование задач термоупругости на графических процессорах с использованием технологии CUDA

**Ефремов Алексей Владимирович**

efremov1703@mail.ru

БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

**Смирнов Петр Геннадьевич**

petr.s.8314@mail.ru

БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

*Моделирование нестационарных задач термоупругости требует использование значительных вычислительных ресурсов, наиболее доступным и эффективным средством являются вычисления на графических ускорителях. Рассмотрена реализация неявного метода дискретизации по времени на графическом ускорителе. Показано, что особенностью неявного метода является устойчивость, но он требует решения систем алгебраических уравнений. В ходе работы решены уравнения для термоупругого состояния и получен метод решения линейных уравнений общего вида на графическом ускорителе.*

**Ключевые слова:** термоупругость, метод верхней релаксации, неявный метод, CUDA

Во многих технологических процессах, например, при воздействии кратковременного лазерного излучения на поверхность материала, значительной становится роль термоупругих напряжений и особенности распространения термоупругого состояния материала. Резкие нестационарные воздействия вызывают возбуждение термоупругой волны, распространяющейся в материале, что может приводить к трещинообразованию и разрушению материала. Моделирование нестационарных задач термоупругости требует значительных вычислительных ресурсов. Наиболее доступным и эффективным средством являются вычисления на графических ускорителях.

При численном решении задач газовой динамики и теплообмена неявными методами разностная дискретизация дифференциальных уравнений приводит к необходимости решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Методы решения СЛАУ делятся на две группы — прямые или точные (метод Гаусса, полное LU разложение) и итерационные. В свою очередь итерационные методы — это очень обширная группа методов [1, 2].

Прямые методы решения СЛАУ требуют значительных вычислительных затрат и не имеют алгоритмов эффективного параллельного решения для систем общего вида. Итерационные методы сводятся к большому количеству операций типа матрично-векторного умножения, которые поддаются распараллеливанию. Рассматриваемый метод верхней релаксации относится к классическим итерационным методам решения СЛАУ и является модификацией метода Гаусса — Зайделя, скорость сходимости которого определяется параметром релаксации [3].

Для реализации алгоритма решения СЛАУ на GPU используется NVIDIA CUDA SDK [4]. Алгоритм решения реализован следующим образом. На центральном процессоре производится вычисление размера матрицы коэффициентов ( $n$ ) и количество ненулевых элементов ( $nnz$ ) в зависимости от типа решаемой системы уравнений. Затем выделяется память на CPU под вектор неизвестных, вектор правой части уравнения и под матрицу коэффициентов системы уравнений. На CPU матрица коэффициентов системы хранится в разреженном формате «COO» (координатный формат хранения). На GPU выделяется глобальная память под матрицу коэффициентов, матрицы расщепления, вектор неизвестных и вектор правых частей. Матрица коэффициентов и вектор правых частей копируются с CPU на GPU, инициализируется вектор неизвестных начальным приближением. Добавление элементов матрицы коэффициентов системы уравнений может производиться в произвольном порядке, поэтому перед дальнейшим использованием необходимо произвести ее сортировку сначала по столбцам, затем по строкам. Для сортировки используется библиотека из состава CUDA SDK — thrust. После сортировки производится преобразование матрицы коэффициентов из формата «COO» в формат «CSR», с которым работает библиотека cuSRAPSE. Затем вычисляются матрицы расщепления матрицы коэффициентов системы. После формирования матриц запускается основной цикл решателя, после которого вектор неизвестных содержит следующее приближение решения системы уравнений. Критерием остановки и выхода из цикла является условие минимума невязки решения.

Рассмотрим связанную динамическую одномерную задачу термоупругости, которая включает в себя уравнение движения и уравнение теплопроводности, которые определяют деформации тела, возникающие от теплового воздействия, а также обратный эффект [5]:

$$v_e^2 \frac{\partial^2 \sigma_x}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 \sigma_x}{\partial t^2} = \beta \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2};$$

$$\lambda \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} = \left( \rho c + \frac{\beta^2 T_0}{\rho v_e^2} \right) \frac{\partial \theta}{\partial x} + \left( \frac{\beta T_0}{\rho v_e^2} \right) \frac{\partial \sigma_x}{\partial t}.$$

Здесь уравнения записаны в терминах тензора напряжений и разности температуры тела текущей и начального распределения. Особенность решения системы в том, что в отдельном цикле решаются уравнения приведенной системы, и новое решение для поля температуры используется для уточнения деформаций тела. Критерием останова цикла является условие минимизации невязки поля температуры. Поэтому решение системы реализовано на GPU с использованием решателя, описанного в данной работе.

*Исследование поддержано грантом Российской научного фонда № 21-19-00657.*

### Литература

- [1] Куксенко С.П., Газизов Т.Р. Итерационные методы решения системе линейных алгебраических уравнений с плотной матрицей. Томск: Томский гос. ун-т, 2007. 208 с.
- [2] Голуб Дж., Ван Лоун Ч. Матричные вычисления. М.: Мир, 1999. 548 с.
- [3] Смирнов П.Г., Третьяк П.С., Джамадзе Г.Т. Параллельная реализация неявного метода и метода расщепления для численного решения уравнения теплопроводности на графическом ускорителе // Молодежь, техника космос. XII Общероссийская научно-техническая конференция. (Санкт-Петербург, 23–25 апреля 2020 г.).
- [4] CUDA Toolkit documentation. NVIDIA. Available at: <https://docs.nvidia.com/cuda/> (accessed November 15, 2021).
- [5] Коваленко А.Д. Термоупругость. Киев: Вища школа, 1975. 216 с.

## Numerical Simulation of Thermal Elasticity Problems on Graphic Processors Using CUDA Technology

**Efremov Aleksey Vladimirovich**

efremov1703@mail.ru

BSTU "VOENMEH" named after D.F. Ustinov

**Smirnov Petr Gennad'yevich**

petr.s.8314@mail.ru

BSTU "VOENMEH" named after D.F. Ustinov

*In many technological processes, for example, when a short-term laser radiation (thermal shock) is applied to the surface of a material, the role of thermoelastic stresses becomes significant. Impacts of this kind can lead to cracking and destruction of the material. Modeling non-stationary problems of thermoelasticity requires significant computational resources. The most accessible and effective means are computations on graphics accelerators. The paper considers the implementation of an implicit time sampling method on a graphics accelerator. The peculiarity of the implicit method is that it is stable, but requires the solution of systems of algebraic equations. In the course of the work, the equations for the thermoelastic state were solved and a method for solving linear equations of a general form on a graphics accelerator was obtained.*

**Keywords:** thermoelasticity, upper relaxation method, implicit method, CUDA

*The study was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation No. 21-19-00657.*

## References

- [1] Kuksenko S.P., Gazizov T.R. Iteratsionnyye metody resheniya sisteme lineynykh algebraicheskikh uravneniy s plotnoy matritsey [Iterative methods for solving systems of linear algebraic equations with a dense matrix]. Tomsk, Tomskiy gos. un-t Publ., 2007, 208 p. (In Russ.).
- [2] Golub Dzh., Van Loun Ch. Matrichnyye vychisleniya [Matrix calculations]. Moscow, Mir Publ., 1999, 548 p. (In Russ.).
- [3] Smirnov P.G., Tret'yak P.S., Dzhgammadze G.T. Parallel'naya realizatsiya neyavnogo metoda i metoda rasshchepleniya dlya chislennogo resheniya uravneniya teploprovodnosti na graficheskom uskoritele [Parallel implementation of the implicit method and the splitting method for the numerical solution of the heat equation on a graphics accelerator]. Molodezh', tekhnika kosmos. XII Obshcherossiyskaya nauchno-tehnicheskaya konferentsiya [Youth, cosmos technique. XII All-Russian Scientific and Technical Conference]. (St Petersburg, April 23–25, 2020 g.). (In Russ.).
- [4] CUDA Toolkit documentation. NVIDIA. Available at: <https://docs.nvidia.com/cuda/> (accessed November 15, 2021).
- [5] Kovalenko A.D. Termouprugost' [Thermoelasticity]. Kiyev, Vishcha shkola Publ., 1975, 216 p. (In Russ.).

УДК 67.02

## Возможности технологий крупногабаритной печати при производстве элементов ракетно-космической техники

Кирьянова Александра Николаевна

[kiryanova\\_an93@mail.ru](mailto:kiryanova_an93@mail.ru)

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Представлен обзор и тенденции развития доступных на сегодняшний день технологий крупногабаритной печати и их возможностей с привязкой к перспективным материалам для ракетно-космической техники, проведен анализ открытых источников результатов в сфере производства крупногабаритных элементов ракетно-космической техники, в том числе возможных дефектов при освоении 3D-печати с применением конструкционных материалов, используемых в ракетно-космической технике, и проведен обзор нормативной базы в части применения аддитивных технологий.

**Ключевые слова:** аддитивные технологии, крупногабаритная печать, наплавка, конструкционные сплавы, дефекты, стандартизация

На сегодняшний день в России реализуется несколько крупных проектов по созданию ракет-носителей (РН) нового класса, к которым можно отнести РН Союз-5, РН Ангара-А5М, РН Ангара-А5П с ПТК «Орел», РН Ангара А5В и перспективные РН на сжиженном природном газе. Для всех перечисленных разработок основополагающим является массогабаритный фактор на этапе проектирования элементов конструкций. Оптимизация массы изделия напрямую зависит от свойств применяемых материалов и возможностей современных технологий производства деталей и сборочных единиц (ДСЕ).

На этом фоне на ведущих предприятиях-проектировщиках космических средств выведения, таких как РКЦ «Прогресс», ГННПЦ им. М.В. Хруничева, актуально применение новых сплавов на основе алюминия с целью облегчения конструкций РН и повышения температуры эксплуатации, в том числе за счет экономнолегированных скандийсодержащий алюминиевых сплавов. В связи с этим магистральным направлением является получение изделий ракетно-космической техники (РКТ) из легких

высокопрочных сплавов с использованием современных подходов проектирования и производства [1]. Аналогичный вектор развития наблюдается у производителей двигательных установок. (АО «НПО «Энергомаш», АО «КБХА») для различных ступеней РН, в частности замена стальных сопел на облегченные алюминиевые.

Развитие современного производства обуславливает все возрастающее внедрение научноемких технологий [2]. Возможность реализации в производственном цикле современных аддитивных технологий (АТ) позволит обеспечить более эффективные технико-экономические показатели изготовления ДСЕ РКТ, в том числе из новых материалов, а также снизить массу изделий за счет оптимизации конструкции и получения сложной геометрии изделия. При этом, учитывая габариты элементов РКТ, чрезвычайно актуальным является освоение крупногабаритной печати (от 600 мм до 6000 мм) с применением технологий наплавки [3].

При переходе от исследовательских и экспериментальных работ к внедрению 3D-печати в производственный цикл встает ряд задач, без решения которых затруднительно использовать инновационные технологии в серийном изготовлении ДСЕ РКТ. К ним относятся выбор вида АТ и исходных материалов, их доступность, определение номенклатуры изделий для крупногабаритной печати, наличие нормативной базы, материаловедческие вопросы допустимости дефектов, свойственных 3D-печати.

В настоящий момент на отечественном рынке крупногабаритной печати одной из наиболее перспективных технологий высокоскоростного изготовления крупногабаритных изделий из порошковых материалов является прямое лазерное выращивание (ПЛВ) [4]. Метод предполагает формирование изделия из порошка, подаваемого сжатой газопорошковой струей непосредственно в зону лазерного излучения. Использование проволоки в качестве сырьевого материала позволяет значительно повысить производительность процесса и коэффициент использования материала по сравнению с порошковой наплавкой. При этом проволочные технологии отличает быстрота печати, но более низкая точность построения и высокая шероховатость получаемых поверхностей. Зачастую в цикле изготовления они требуют дополнительной постобработки для достижения точности геометрических размеров и шероховатости согласно требованиям чертежа. По типу источника энергии можно выделить технологии электронно-лучевой, лазерной, электродуговой и плазменной наплавки проволокой.

Актуальной проблемой является формирование нормативной базы, а именно разработка и утверждение стандартов качества для развития документооборота и последующего внедрения АТ. Отмечается недостаточность национальных стандартов технологических требований к проведению процессов 3D-печати и оборудованию для их реализации, а также средств метрологического обеспечения и контроля качества уже готовых изделий ввиду слабой вовлеченности в развитие нормативной базы предприятий отрасли РКТ.

В настоящее время ключевое применение АТ для промышленного производства элементов РН на базе РКЦ «Прогресс» осуществляется в части получения крупногабаритных алюминиевых цилиндрических и конических обечаек баков ступеней РН, изготовления торо-сферических днищ алюминиевых топливных баков, погружных титановых шар-баллонов и межбаковых отсеков из конструкционных материалов. Разработки, реализованные АО «НПО Энергомаш» и АО «КБХА» включают в себя изготовление методом крупногабаритной 3D-печати крепежных элементов конструкций, ДСЕ и корпусных элементов ТНА, сопловых неохлаждаемых насадок и элементов ПГС систем ЖРД большой тяги, в частности, фланцев, трубопроводов. В случае работы со сплавами на основе алюминия необходимо исключить наличие свойствен-

ных им наплавочных дефектов, таких как трещины, газовые пористости, оксидные плены и инородные включения. Таким образом, разработка методик, позволяющих оценивать склонность сплавов к образованию дефектов в условиях аддитивного производства является важной материаловедческой задачей.

## Литература

- [1] Щицyn Ю.Д., Кривоносова Е.А., Неулыбин С.Д., Ольшанская Т.В., Никулин Р.Г., Федосеева Е.М., Терентьева С.А. Использование плазменной наплавки для аддитивного формирования заготовок из алюминиевых сплавов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. 2019. Т. 21, № 2. С. 63–72. DOI: 10.15593/2224-9877/2019.2.08
- [2] Григорьянц А.Г., Шиганов И.Н., Мисюров А.И. Технологические процессы лазерной обработки. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. С. 13.
- [3] Зленко М.А., Попович А.А., Мутылина И.Н. Аддитивные технологии в машиностроении. СПб.: Изд-во СПБГУ, 2013. С. 221.
- [4] Турчин Г.А., Климова О.Г., Земляков Е.В., Бабкин К.Д., Сомонов В.В. Технологические основы высокоскоростного прямого лазерного выращивания изделий методом гетерофазной порошковой металлургии // Фотоника. 2015. № 4 (52). С. 69.

## Opportunities of Large-Sized 3D Printing Technologies for Production of Rocket-Space Parts

**Kirianova Aleksandra Nikolaevna**  
BMSTU

kiryanova\_an93@mail.ru

*This work studies promising large-sized 3D printing technologies to manufacture for rocket technology components and presents opportunities and prospects for promising structural materials. The results of the development of 3D printing for production of large-sized prototypes of rocket-space technology based on open sources are reviewed. Possible defects and conditions of the regulatory framework in terms of the use additive technologies were analyzed.*

**Keywords:** additive manufacturing, 3D printing large objects, Directed Energy Deposition, constructional alloys, defects, standardization

## References

- [1] Shchitsyn Yu.D., Krivonosova E.A., Neulybin S.D., Ol'shanskaya T.V., Nikulin R.G., Fedoseeva E.M., Terent'eva S.A. Ispol'zovanie plazmennoi naplavki dlya additivnogo formirovaniya zagotovok iz aluminievykh splavov [Use of plasma surface for additive formation of aluminum alloys blade]. Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Mashinostroenie, materialovedenie [Bulletin PNRPU. Mechanical engineering, materials science], 2019, vol. 21, no. 2, pp. 63–72. DOI: 10.15593/2224-9877/2019.2.08 (In Russ.)
- [2] Grigor'yants A.G., Shiganov I.N., Misurov A.I. Tekhnologicheskie protsessy lazernoi obrabotki [Technological processes of laser processing]. Moscow, BMSTU Press, 2006, p. 13. (In Russ.).
- [3] Zlenko M.A., Popovich A.A., Mutyilina I.N. Additivnye tekhnologii v mashinostroenii [Additive technologies in mechanical engineering]. St. Petersburg, Publishing House of St. Petersburg State University, 2013, p. 221. (In Russ.).
- [4] Turichin G.A., Klimova O.G., Zemlyakov E.V., Babkin K.D., Somonov V.V. Tekhnologicheskie osnovy vysokoskorostnogo pryamogo lazernogo vyreshchivaniya izdelii metodom geterofaznoi poroshkovoi metallurgii [Technological bases of high-speed direct laser growing of products by the method of heterophase powder metallurgy]. Fotonika [Photonics], 2015, no. 4 (52), p. 69. (In Russ.).

УДК 678.5.046

## Исследование технологического процесса изготовления препрегов для полимерных композитов авиационного назначения

**Костромина Наталья Васильевна** kostroma2008loko@rambler.ru

*Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева*

**Олихова Юлия Викторовна** olikhova.i.v@muctr.ru

*Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева*

**Горбунова Ирина Юрьевна** kostromina.n.v@muctr.ru

*Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева*

**Малаховский Семён Сергеевич** malakhovskii.ss@mail.ru

*Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева*

**Сария Динара Олеговна** sariyadinara2@mail.ru

*Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева*

Исследована липкость препрегов на основе углеродного волокна и модифицированных эпоксидных связующих методом зондирования (probe tack). Установлено, что липкость препрега зависит от нагрузки при уплотнении и от времени уплотнения. Показано, что оптимизация температурного режима в процессе укладки является наиболее приемлемым методом регулирования липкости препрегов. Применение результатов исследования позволит повысить эффективность производства высококачественных композиционных материалов с помощью автоматизированных процессов укладки, таких как автоматическая укладка волокна или автоматическая укладка ленты.

**Ключевые слова:** композиционные материалы, липкость препрегов, метод зондирования липкости, модификация связующих, активные разбавители

## Исследование технологического процесса изготовления препрегов для полимерных композитов авиационного назначения

Липкость является адгезионной характеристикой, которую необходимо учитывать при послойной укладке препрегов. К липкости препрегов предъявляются противоречивые требования: с одной стороны, необходимо обеспечить прилипание препрега к выложенным слоям или к формообразующей оснастке, с другой — необходимо обеспечить отсутствие прилипания связующего к разделительной пленке при её удалении.

Липкость препрегов во многом определяет эффективность производства высококачественных композиционных материалов с помощью автоматизированных процессов укладки, таких как автоматическая укладка волокна или автоматическая укладка ленты [1]. Липкость препрегов регулируется адгезионными и когезионными процессами, которые зависят от параметров оборудования, используемого в производственном процессе, а также от свойств связующего и армирующего наполнителя, от типа и содержания смолы, количества инертных летучих, степени отверждения, температуры и влажности и других факторов [2, 3].

Учитывая огромные затраты на оборудование и материалы, необходим контроль липкости препрегов, так как отсутствие контроля липкости может привести к дефектам ламината или поломки оборудования. Отсутствие стандартизированной методики измерения привело к использованию различных методов количественной оценки липкости предварительно пропитанного волокнистого материала термореактивной матрицей [4–7].

Методом зондирования липкости (probe tack) на разрывной машине Instron 5543 были изучена микромеханика отрыва металлического цилиндрического штока от поверхности адгезива. Используемая методика позволяет оценить нагрузку при равномерном отрыве образцов препрода от разделительной пленки при температурах 20...50 °С, скорость отрыва — 5 мм/мин, прижимное усилие 30...50 Н, время контакта 60...90 с. Для формирования матрицы использовалась эпоксидианования смолы марки ЭД-20 с массовой долей эпоксидных групп 21,3 % производства завода имени Я.М. Свердлова, г. Дзержинск (ГОСТ 10587–84). В качестве армирующего наполнителя — углеродное волокно марки ЭЛУР. В качестве отвердителя — промышленный аминный отвердитель марки Арамин (ТУ 2415-164-05786904-02) на основе ароматических аминов, производства НПО «Стеклопластик». Для снижения вязкости в полимерную матрицу вводили активные разбавители: диглицидиловый эфир диэтиленгликоля, диглицидиловый эфир неопентилгликоля, олигоэфирциклокарбонаты

Установлено, что липкость препрода зависит от нагрузки при уплотнении и от времени уплотнения. При прижимном усилии 50 Н в течение 60 с значение липкости препрода составляет 150 кН/м<sup>2</sup>, при прижимном усилии 30 Н в течение 30 с — 115 кН/м<sup>2</sup>. Если воздействие на препрет нагрузки 30 Н увеличить до 90 с, происходит повышение липкости препрода до 145 кН/м<sup>2</sup>. Наблюдается резкое снижение липкости при уменьшении нагрузки, которое может быть компенсировано увеличением времени выдержки под нагрузкой. В связи с тем, что этот способ регулирования липкости препрода снижает производительность процесса, оптимизация температурного режима в процессе укладки термореактивного материала представляется наиболее эффективным методом регулирования липкости препрода.

Было обнаружено, что липкость препрода очень чувствительна к колебаниям температуры: во всех исследованиях липкость возрастает до максимума и падает практически до нуля при повышении температуры до 60 °С. Установлено, что при низких температурах (20..25 °С) значения липкости обусловлены недостаточным смачиванием поверхности раздела, что приводит к нарушению адгезии между препретом и подложкой. При более высоких температурах смачивание улучшается, а эпоксидная матрица не может обеспечить высокое сопротивление сдвигу во время отслоения из-за снижения вязкости.

Вязкость связующего оказывает определяющее влияние на липкость препрода. Требования к вязкости связующего противоречивы: для обеспечения смачивания подложки (а также пропитки армирующего наполнителя) предпочтение отдается низковязким связующим, и в то же время, высокая вязкость связующего необходима для сопротивления сдвигу. Поэтому особый интерес представляет влияние активных разбавителей на липкость препрого.

Исследования зависимости липкости препрого от содержания активных разбавителей показали, что липкость препрого монотонно возрастает с увеличением содержания диглицидилового эфира диэтиленгликоля, диглицидилового эфира неопентилгликоля. При повышении температуры до 60 °С также наблюдалось увеличение липкости препрого на основе модифицированных связующих. По-видимому, при температуре 20 °С в отрыв металлического цилиндрического штока от поверхности препрого вносит вклад активный разбавитель, а при температуре выше 40 °С — менее подвижные компоненты полимерного связующего. Результаты исследования влияния температуры (кратковременное воздействие), нагрузки при уплотнении, времени уплотнения, состава связующего на липкость препрого могут быть объяснены балансом адгезии и когезии, а также процессами, определяющими прилипание, вязкоупругую деформацию и образование адгезионного соединения. Установлено,

ЧТО ОПТИМАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ЛИПКОСТИ ДОСТИГАЮТСЯ В ПЕРЕХОДНОЙ ОБЛАСТИ ОТ АДГЕЗИОННОГО К КОГЕЗИОННОМУ ОТРЫВУ.

### **Литература**

- [1] Тимошков П.Н., Усачева М.Н., Хрульков А.В. Липкость и возможность использования препрегов для автоматизированных технологий (обзор) // Труды ВИАМ. 2018. № 8 (68). С. 38–46.
- [2] Budelmann D., Schmidt C., Meiners D. Prepreg tack: A review of mechanisms, measurement, and manufacturing implication // Polymer Composites. 2020. Vol. 41 (9). Pp. 3440–3458.
- [3] Гусев Ю.А., Борщев А.В., Хрульков А.В. Особенности препрегов для автоматизированной выкладки методами ATL и AFP // Труды ВИАМ. 2015. № 3. С. 38–43.
- [4] Постнов В.И., Бурхан О.Л., Мантусова О.Ю. Методика замера липкости препрегов // Клей. Герметики. Технологии. 2014. № 10. С. 33–38.
- [5] Постнов В.И., Никитин К.Е., Петухов В.И., Бурхан О.Л., Орзаев В.Г. Метод и устройство для определения липкости препрегов // Авиационные материалы и технологии. 2009. № 3. С. 29–33.
- [6] Бовалъдинова К.А., Шерстнева Н.Е., Фельдштейн М.М., Москалец А.П., Хохлов А.Р. Чувствительные к давлению адгезивы с регулируемой липкостью // Высокомолекулярные соединения. Серия Б. 2019. Т. 61, № 4. С. 289–302.
- [7] Dubois O., Le Cam J.B., Beakou A. Experimental Analysis of Prepreg Tack // Experimental Mechanics. 2010. Vol. 50. Pp. 599–606.

## **Investigation of the Technological Process of Manufacturing Prepregs for Polymer Composites for Aviation Purposes**

*Kostromina Natalia Vasilievna*

*kostroma2008loko@rambler.ru*

*Mendeleev University of Chemical Technology of Russia*

*Olikhova Yulia Viktorovna*

*olikhova.i.v@muctr.ru*

*Mendeleev University of Chemical Technology of Russia*

*Gorbunova Irina Yurievna*

*kostromina.n.v@muctr.ru*

*Mendeleev University of Chemical Technology of Russia*

*Malakhovskii Semen Sergeevich*

*malakhovskii.ss@mail.ru*

*Mendeleev University of Chemical Technology of Russia*

*Saria Dinara Olegovna*

*sariyadinara2@mail.ru*

*Mendeleev University of Chemical Technology of Russia*

*The paper investigates the prepreg tack based on carbon fiber and modified epoxy binders by the probe tack method. It has been found that the prepreg tack depends on the compaction load and on the compaction time. It is shown that optimization of the temperature regime during the laying process is the most acceptable method for regulating the prepreg tack. The application of the research results will increase the efficiency of the production of high-quality composite materials using automated stacking processes, such as automatic fiber placement or automatic tape stacking.*

**Keywords:** composite materials, prepreg tack, tack sensing method, modification of binders, active diluents

### **References**

- [1] Timoshkov P.N., Usacheva M.N., Khrul'kov A.V. Lipkost' i vozmozhnost' ispol'zovaniya prepregov dlya avtomatizirovannykh tekhnologii (obzor) [Stickiness and the possibility of using preps

- for automated technologies (review)]. Trudy VIAM [Proceedings of VIAM], 2018, iss. 8 (68), pp. 38–46. (In Russ.).
- [2] Budelmann D., Schmidt C., Meiners D. Prepreg tack: A review of mechanisms, measurement, and manufacturing implication. *Polymer Composites*, 2020, vol. 41 (9). pp. 3440–3458.
- [3] Gusev Yu.A., Borshchev A.V., Khrul'kov A.V. Osobennosti prepregov dlya avtomatizirovannoi vyklyadki metodami ATL i AFP [Features of prepgres for automated calculation by ATL and AFP methods]. *Trudy VIAM* [Proceedings of VIAM], 2015, iss. 3, pp. 38–43. (In Russ.).
- [4] Postnov V.I., Burkhan O.L., Mantusova O.Yu. Metodika zamera lipkosti prepregov [Method of measuring the stickiness of prepgres]. *Klei. Germetiki. Tekhnologii* [Glues. Sealants. Technologies], 2014, iss. 10, pp. 33–38. (In Russ.).
- [5] Postnov V.I., Nikitin K.E., Petukhov V.I., Burkhan O.L., Orzaev V.G. Metod i ustroistvo dlya opredeleniya lipkosti prepregov [Method and device for determining the stickiness of prepgres]. *Avtatsionnye materialy i tekhnologii* [Aviation materials and technologies], 2009, iss. 3, pp. 29–33. (In Russ.).
- [6] Boval'dinova K.A., Sherstneva N.E., Fel'dshtein M.M., Moskalets A.P., Khokhlov A.R. Chuvstvitel'nye k davleniyu adgezivnye s reguliruemoi lipkost'yu [Pressure-sensitive adhesives with adjustable stickiness]. *Vysokomolekulyarnye soedineniya. Seriya B* [High-molecular compounds. Series B], 2019, vol. 61, no. 4, pp. 289–302. (In Russ.).
- [7] Dubois O., Le Cam J.B., Beakou A. Experimental Analysis of Prepreg Tack. *Experimental Mechanics*, 2010, vol. 50, pp. 599–606.

УДК 004.428.2

## **Разработка библиотеки для статистического анализа процесса отделения космических конструкций, импортируемой в проблемно-ориентированный пакет программ MSC Adams**

**Лагутин Иван Александрович**

wrg@bk.ru

ПАО «РКК «Энергия»

**Щиблев Юрий Николаевич**

yurishchblev@gmail.com

ПАО «РКК «Энергия»

**Борзых Сергей Васильевич**

borprofessor@gmail.com

ПАО «РКК «Энергия»

*Разработана библиотека для статистического анализа процесса отделения элементов ракетно-космических систем для импортирования в проблемно-ориентированный пакет программ MSC Adams. Показана сложность выбора самого неблагоприятного сочетания кинематических условий, характеристик элементов системы и силовых факторов. Сделан вывод, что необходимо использовать статистические подходы для моделирования данных задач.*

**Ключевые слова:** ракетно-космическая система, процесс отделения, статистические методы, Python

При моделировании динамических процессов отделения возникает ряд проблем, из которых ключевой является возможность соударения разделившихся составных частей ракетно-космической системы. Для анализа этой проблемы на ранних стадиях создания изделий используются проблемно-ориентированные пакеты программ, та-

кие, например, как MSC Adams [1], позволяющие получить полную картину относительного движения разделившихся конструкций, определить силовые и моментные факторы в узлах соединения, моделировать условия протекания процесса и т. д.

Однако, даже при использовании такого рода высокопроизводительных вычислительных систем, в максимально возможной степени воспроизводящих условия процесса (начальную ориентацию системы перед разделением, скорости центра масс тел и угловую скорость связки, аэродинамические силы и моменты и т. д.), невозможно сделать обоснованный прогноз успешности процесса отделения. Это связано с тем обстоятельством, что все вышеперечисленные факторы (кинематические начальные условия, внешние силы) задаются в определенных диапазонах. Так, разбросы линейных и угловых скоростей, углов ориентации определяются погрешностями системы управления. Кроме того, собственные характеристики аппарата — масса, моменты инерции, положение центров масс — также меняются в определенных пределах даже для аппаратов одной серии. Рациональным было бы смоделировать наиболее неблагоприятное сочетание начальных условий и внешних воздействий и др. Проблема состоит в сложности определения такого, наиболее неблагоприятного, сочетания. Опыт показывает, что соображения «здравого смысла» в этом данном случае неэффективны, и самым неблагоприятным может оказаться непрогнозируемое сочетание параметров, подчас с не максимальным отклонением от номинальных или средних значений.

Поэтому представляется обоснованным анализировать возможность успешного разделения расчетным путем, с использованием математических моделей, их программных реализаций и с привлечением статистических подходов [2, 3].

В процессе создания этой задачи с помощью MSC Adams основная часть работы происходит во внутреннем модуле Adams.Insight, осуществляющем планирование эксперимента и обработку результатов расчета и экспериментальных данных.

Решение статистической задачи начинается с выбора варьируемых параметров, привязанных к динамической модели и создания на их основе проектной модели. Следующий этап разработки включает в себя редакцию внутренних скриптов для модулей Adams.View (препроцессор) и Adams.Solver (решатель), чтобы сформировать начальные условия для симуляции и описать вызов внешнего скрипта для решателя, во внутреннем скрипте которого также необходимо указать общее время расчета и шаг вывода итоговых данных, так как именно он является запускающим статистический расчет. Далее, с помощью Adams.Insight производится ввод непосредственно статистических параметров, таких как диапазоны значений исходных данных и метода распределения, в результате чего сформировывается XML-файл, содержащий все статистические параметры. Так как данный модуль включает в себя не все существующие функции распределения, есть возможность редактирования полученного XML-файла с помощью подключаемых подпрограмм, написанных на языке python [4]. Первая из них экспортит данные с полученного выходного файла в редактируемый словарь, который в дальнейшем, с помощью второй программы, снова переписывается в XML-формат (зачастую приходится разбивать полученный файл на несколько частей с целью ускорения за счет многопоточных вычислений) для внедрения созданной библиотеки в препроцессор и проведения статистического расчета.

## Литература

- [1] Программное обеспечение MSC Adams. HEXAGON. URL: <http://www.mscsoftware.ru/products/adams> (дата обращения 15.11.2021).

- [2] Клейнен Дж. Статистические методы в имитационном моделировании. М.: Статистика, 1978. Вып. 1 – 221 с. Вып. 2 – 335 с.
- [3] Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Соловьев А.Д. Математические методы в теории надежности. М.: Наука, 1965. 524 с.
- [4] Лутц М. Программирование на Python. СПб.: Символ-Плюс, 2011. Т. II. 992 с.

## **Development of a Library for Statistical Analysis of the Process of Separation of Space Structures, Imported into the Problem-Oriented Software Package MSC Adams**

**Lagutin Ivan Alexandrovich** wrg@bk.ru

S.P. Korolev Rocket and Space Public Corporation Energia

**Chiblev Yuriy Nikolaevich** yurishchblev@gmail.com

S.P. Korolev Rocket and Space Public Corporation Energia

**Borzykh Sergey Vasilyevich** borprofessor@gmail.com

S.P. Korolev Rocket and Space Public Corporation Energia

*A library has been developed for statistical analysis of the process of separating elements of rocket and space systems for importing into the problem-oriented MSC Adams software package. The complexity of choosing the most unfavorable combination of kinematic conditions, characteristics of system elements and force factors is shown. The necessity of using statistical approaches for modeling these tasks has been substantiated.*

**Keywords:** rocket-space system, separation process, statistical methods, Python

### **References**

- [1] Programmnoe obespechenie MSC Adams. HEXAGON. Available at: <http://www.mscsoftware.ru/products/adams> (accessed November 15, 2021). (In Russ.).
- [2] Kleynen Dzh. Statisticheskie metody v imitatsionnom modelirovani [Statistical methods in simulation modeling]. Moscow, Statistika Publ., 1978, iss. 1 – 221 p., iss. 2 – 335 p. (In Russ.).
- [3] Gnedenko B.V., Belyaev Yu.K., Solov'ev A.D. Matematicheskie metody v teorii nadezhnosti [Mathematical methods in reliability theory]. Moscow, Nauka Publ., 1965. 524 p. (In Russ.).
- [4] Lutts M. Programmirovaniye na Python [Python Programming]. St. Petersburg, Simvol-Plyus Publ., 2011. Vol. II. 992 p. (In Russ.).

УДК 621.9.047

## **Высокоэффективные технологии получения тангенциальных отверстий в деталях жидкостных ракетных двигателей**

**Ломакин Игорь Вячеславович** igorломакин.rabota@gmail.com

АО «Конструкторское бюро химавтоматики»

**Юхневич Сергей Степанович** serge1975@yandex.ru

Воронежский государственный технический университет

*Рассмотрены конструкция и назначение центробежной форсунки, используемой в камере жидкостного ракетного двигателя. Представлены перспективные технологии получения тангенциальных отверстий в форсунках комбинированным методом электроэрози-*

*онной и электрохимической обработки деталей. Разработанные технологии позволили увеличить производительность, точность изготовления отверстий, снизить материальные и трудовые затраты на изготовление данных деталей.*

**Ключевые слова:** центробежная форсунка, технология, электроэррозионная обработка, электрохимическая обработка, тангенциальные отверстия, обработка

Для образования реактивной тяги жидкостному ракетному двигателю требуется создание и доставка в камеру определённой смеси двух компонентов: окислителя и горючего. Данную работу выполняют форсунки жидкостного ракетного двигателя. В центробежной тангенциальной форсунке искусственно создается закрутка компонентов, подаваемых через нее в виде жидкости или газа. После выхода жидкости из сопла под действием центробежных сил создается тонкая конусообразная пелена компонента. Конструкция форсунки предусматривает несколько входных отверстий, оси которых расположены перпендикулярно к оси форсунки. Качество и точность выполнения данных отверстий играет большую роль в работе центробежной форсунки [1, 2].

В настоящее время в машиностроении существует задача по повышению точности и качества при изготовлении тангенциальных отверстий малого диаметра в элементах камеры сгорания. Сложность выполнения данных отверстий обусловлена трудностью позиционирования детали и использованием дорогостоящего иностранного оборудования. Для более эффективной и правильной работы камеры сгорания жидкостного ракетного двигателя, требуется особо точное выполнение данных отверстий.

Для изготовления форсунок применяются различные технологии, как механическая обработка, так и комбинированные способы с применением электроэррозионной обработки путем прожига отверстий. Суть способа заключается в последовательном прожиге отверстий на универсально-прошивочном станке СТС S26 российского производства. Для повышения качества поверхности отверстий и достижения требуемой шероховатости после прожига тангенциальных отверстий в форсунке проводят электрохимическую обработку.

Выполнение тангенциальных отверстий малого диаметра с высокими требованиями к точности расположения и к их геометрическим параметрам невозможно без использования средств технологического оснащения. Закрепление детали и ее позиционирование с последующей обработкой выполняется в специальном приспособлении для электроэррозионной обработки. Приспособление представляет собой кондуктор с делителем, который позволяет установить деталь в требуемое положение. В приспособлении предусмотрен набор втулок, через которые проходит инструмент для выполнения прожига, так как прожиг отверстий малого диаметра является трудноуправляемым процессом. После предварительной обработки выполняется замер фактического диаметра каждого отверстия [3].

Для промежуточного контроля полученных отверстий используется комплект мерителей в виде валиков с интервалом 5 мкм. Замеры проводят при постоянной температуре 20 °C, чтобы максимально снизить погрешность измерений. Определив фактический диаметр отверстия, осуществляют промежуточный пролив форсунок. На основании замера диаметра отверстий и результатов промежуточного пролива выполняют подбор необходимого инструмента и втулки для окончательного прожига отверстий малого диаметра.

Для повышения качества поверхности отверстий и достижения требуемой шероховатости, спроектирован переналаживаемый комплекс средств технологического оснащения для электрохимической обработки центробежных тангенциальных фор-

сунок. Данный комплекс позволяет проводить обработку внутреннего канала, наружных поверхностей и тангенциальных отверстий, что, в свою очередь, позволяет минимизировать погрешности обработки, связанные со сменой баз.

Электрохимическая обработка форсунок производится на станке CW 420HC. На первоначальном этапе обрабатывается наружная поверхность со снятием острых кромок и прочих дефектов [4]. Следующий этап — это обработка внутренних поверхностей центрального канала и тангенциальных отверстий малого диаметра. Конечной операцией является проверка шероховатости и контрольный пролив центробежных тангенциальных форсунок.

Таким образом представленные технологии позволили выполнить обработку тангенциальных отверстий в форсунке жидкостного ракетного двигателя. С минимальным количеством вспомогательных операций, выполнив все требования нормативной документации. Данные технологии были внедрены в АО «КБХА» и позволили сократить трудовые и материальные затраты на 30 % в сравнении с механическими методами обработки.

## Литература

- [1] Ryazantsev A.Yu., Yuhnevich S.S. Use of combined methods of treatment to obtain artificial roughness on the parts surfaces // MATEC Web of Conferences: International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment (ICMTMTE 2018). 2018. Vol. 224. Art. no. 01058. DOI: 10.1051/matecconf/201822401058
- [2] Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования / под ред. Д.А. Ягодникова. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. 488 с.
- [3] Кириллов О.Н., Рязанцев А.Ю. Расширение области использования комбинированных процессов обработки непрофилированным электродом-щеткой // Вестник Рыбинского авиацион. технич. ун-та. 2017. № 2 (41). С. 15–20.
- [4] Широкожухова А.А. Наукометрические технологии изготовления металлических фильтров // IX Междунар. науч.-практ. конф. «Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы» (МНТК «ИНТОМ – 2018»): сб. матер. Ч. 1. Казань: Фолиант, 2018.

## Highly Effective Technologies of Obtaining Tangential Holes in the Parts of Liquid Rocket Engines

*Lomakin Igor Viacheslavovich*

*igorlomakin.rabota@gmail.com*

*JSC "Design Bureau of Chemical Automation"*

*Yukhnevich Sergey Stepanovich*

*serge1975@yandex.ru*

*Voronezh State Technical University*

*The paper discusses the design and purpose of the centrifugal nozzle used in the liquid rocket engine chamber. Promising technologies for obtaining tangential holes in nozzles by combined method of electroerosion and electrochemical machining of parts are presented. The developed technologies allowed to increase productivity, accuracy of orifices manufacturing, to reduce material and labor costs for manufacturing of these parts.*

**Keywords:** centrifugal nozzle, technology, electrical discharge machining, electrochemical machining, tangential holes, machining

## References

- [1] Ryazantsev A.Yu., Yukhnevich S.S. Use of combined methods of treatment to obtain artificial roughness on the parts surfaces. MATEC Web of Conferences: International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment (ICMTMTE 2018), 2018, vol. 224, art. no. 01058. DOI: 10.1051/matecconf/201822401058
- [2] Zhidkostnye raketnye dvigateli. Osnovy proektirovaniya [Liquid rocket engines. Fundamentals of design] / pod red. D.A. Yagodnikova. Moscow, BMSTU Publ., 2005, 488 p. (In Russ.).
- [3] Kirillov O.N., Ryazantsev A.Yu. Rasshirenie oblasti ispol'zovaniya kombinirovannykh protsessov obrabotki neprofilirovannym elektrodom-shchektoi [Expansion of the field of use of combined processing processes with an unprofiled electrode-brush]. Vestnik Rybinskogo aviat. tekhnich. un-ta [Bulletin of the Rybinsk Aviation. technical. un-ta], 2017, vol. 2 (41), pp. 15–20. (In Russ.).
- [4] Shirokozhukhova A.A. Naukoemkie tekhnologii izgotovleniya metallicheskikh fil'trov [High-tech technologies for manufacturing metal filters]. IX Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. "Innovatsionnye mashinostroitel'nye tekhnologii, oborudovanie i materialy" (MNTK "INTOM — 2018") [IX International Scientific and Practical Conference "Innovative machine-building technologies, equipment and materials" (ISTC "INTOM — 2018")]: collection of materials. Part 1. Kazan', Foliant Publ., 2018. (In Russ.).

УДК 621.1

## Особенности нанесения керамических покрытий из диоксида циркония методом лазерной наплавки

**Мельников Дмитрий Михайлович**

melnikovd@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана

**Бражникова Татьяна Евгеньевна**

brazhnikovate@student.bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана

**Губарева Полина Владимировна**

gpv17t183@student.bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана

**Мельникова Мария Александровна**

mari.a.bogdanova@yandex.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана

В настоящее время для повышения ресурса и надежности теплонагруженных конструкционных элементов широкое распространение получили различные жаростойкие и коррозионностойкие покрытия. Для получения теплозащитных покрытий используют в основном оксид циркония, стабилизированный оксидом иттрия. Однако проблемой остается разработка надежной и актуальной технологии нанесения таких покрытий на металлические и особенно алюминиевые подложки ввиду слабой адгезии и склонности к трещинообразованию. В данной работе исследованы свойства керамического порошка из диоксида циркония, проанализированы тепловые условия процесса наплавки его на алюминиевую подложку и предложен способ повысить адгезию наплавляемого покрытия. Для этого уравниваются теплофизические свойства порошка и подложки за счет переходного композиционного слоя.

**Ключевые слова:** лазер, лазерная наплавка, диоксид циркония, термостойкое покрытие

В настоящее время для повышения ресурса и надежности теплонагруженных конструкционных элементов широкое распространение получили различные жаростойкие и коррозионностойкие покрытия [1]. Для получения теплозащитных покрытий используют в основном оксид циркония, стабилизированный оксидом иттрия (6...9 %). Материалы, используемые для создания керамического слоя, обладают высокой температурой плавления и низким коэффициентом теплопроводности. Помимо этого, они не разрушаются под воздействием смазочных материалов, топлива и химикатов, защищают от износа и коррозии, выдерживают воздействие высоких и очень высоких нагрузок.

Среди методов нанесения термостойких покрытий особый интерес представляет лазерная наплавка благодаря легкости автоматизации, производительности, возможностью одновременного создания промежуточных переходных слоев, а также управления термическими циклами [2]. Однако нанесение прочного покрытия с минимальным количеством пор и трещин на сегодняшний день еще не является решенным вопросом. Если наплавлять покрытие из диоксида циркония на алюминиевый сплав, то из-за разнородности покрытий могут образоваться трещины. Для снижения внутренних напряжений и, соответственно, трещинообразования был предложен способ, который заключается в предварительном создании переходного (композитного) слоя и только после этого наплавки самого керамического покрытия. Композитный слой создается путем подплавления поверхностного слоя алюминиевой подложки и «вдувания» в него некоторого количества порошка диоксида циркония. Таким образом удается приблизить коэффициенты линейного расширения переходного слоя и керамического покрытия, что влечет за собой меньшее образование трещин, а также лучшую адгезию покрытия.

Данная работа посвящена разработке актуальной технологии создания термостойких керамических покрытий на алюминиевой подложке. В ходе работы над исследованием порошка диоксида циркония был проведен его анализ на электронном микроскопе. С помощью встроенной программы в микроскопе были вычислены и приведены некоторые характеристики формы частиц и проведен анализ распределения частиц по размерам исходя из выбранного участка исследуемого порошка. Всего проанализировано 188 частиц. Был проведен эксперимент по пропусканию лазерного излучения порошком диоксида циркония. Для этого использовался твердотельный лазер с диодной накачкой, генерирующий узконаправленный пучок зеленого света мощностью 100 мВт и длиной волны 532 нм.

Литературное исследование показало, что керамические покрытия из диоксида циркония, наплавленные на алюминиевый сплав, на виде сверху характеризуются сплошной сеткой трещин [3, 4]. При низкой скорости перемещения и высокой скорости подачи порошка приводит к увеличению толщины покрытия, что влечет за собой сильное горизонтальное растрескивание и отслаивание покрытий.

В дополнение к грубым первичным вертикальным трещинам в слоях оболочки наблюдаются мелкие вторичные вертикальные трещины и горизонтальные трещины, которые, вероятно, приводят к частичному отслаиванию покрытия. Растрескивание, несомненно, происходит из-за термических напряжений, возникающих при быстром затвердевании, хотя некоторые трещины могут возникнуть во время резки или полировки. Для решения этой проблемы было предложено предварительное создание переходного композиционного слоя, содержащего нерасплавленные частицы диоксида циркония в алюминиевой подложке. Для этого был проведен оценочных расчет режима наплавки такого слоя и подготовлены валики на типовых режимах.

В итоге работы получен ряд результатов, позволяющий перейти к полноценному планированию и проведению исследований по разработке актуальной технологии создания термостойких керамических покрытий на подложке из алюминиевых сплавов.

### **Литература**

- [1] Балкевич В.Л. Техническая керамика. М.: Стройиздат, 1984. 256 с.
- [2] Скрипченко А.И., Попов В.О., Кондратьев С. Ю. Возможности лазерного поверхностного модифицирования деталей машиностроения // РИТМ. 2010. № 6. С. 23–29.
- [3] Ouyang J.H., Nowotny S., Richter A., Beyer E. Laser cladding of yttria partially stabilized ZrO<sub>2</sub> (YPSZ) ceramic coatings on aluminum alloys // Ceramics International. 2001. № 27 (1). Pp. 15–24. DOI: 10.1108/RPJ-11-2015-0178
- [4] Sing S.L., Yeong W.Y., Wiria F.E. et al. Direct selective laser sintering and melting of ceramics: A review // Rapid Prototyping Journal. 2017. Vol. 23, no. 3. Pp. 611–623. DOI: 10.1108/RPJ-11-2015-0178

## **Features of the Deposition of Ceramic Coatings from Zirconium Dioxide by Laser Cladding**

**Melnikov Dmitry Mikhailovich**

[melnikovd@bmstu.ru](mailto:melnikovd@bmstu.ru)

**BMSTU**

**Brazhnikova Tatiana Evgenievna**

[brazhnikovate@student.bmstu.ru](mailto:brazhnikovate@student.bmstu.ru)

**BMSTU**

**Gubareva Polina Vladimirovna**

[gpv17t183@student.bmstu.ru](mailto:gpv17t183@student.bmstu.ru)

**BMSTU**

**Melnikova Maria Aleksandrovna**

[maria.a.bogdanova@yandex.ru](mailto:maria.a.bogdanova@yandex.ru)

**BMSTU**

*At present, various heat-resistant and corrosion-resistant coatings are widely used to increase the resource and reliability of heat-loaded structural elements. To obtain heat-protective coatings, mainly zirconium oxide stabilized with yttrium oxide is used. However, the problem remains the development of a reliable and relevant technology for applying such coatings to metal and, especially, aluminum substrates, due to poor adhesion and tendency to crack formation. In this work, the properties of a ceramic powder made of zirconium dioxide are investigated, the thermal conditions of the process of its deposition on an aluminum substrate are analyzed, and a method is proposed to increase the adhesion of the deposited coating. For this, the thermophysical properties of the powder and the substrate are equalized due to the transitional composite layer.*

**Keywords:** laser, nanoparticles, laser ablation in liquids, zirconium dioxide, laser cladding, heat resistant coating

### **References**

- [1] Balkevich V.L. Tekhnicheskaya keramika [Technical ceramics]. Moscow, Stroiizdat Publ., 1984, 256 p. (In Russ.).
- [2] Skripchenko A.I., Popov V.O., Kondrat'ev S. Yu. Vozmozhnosti lazernogo poverkhnostnogo modifitsirovaniya detalei mashinostroeniya [Possibilities of laser surface modification of machine-building parts]. RITM, 2010, no. 6, pp. 23–29. (In Russ.).

- [3] Ouyang J.H., Nowotny S., Richter A., Beyer E. Laser cladding of yttria partially stabilized ZrO<sub>2</sub> (YPSZ) ceramic coatings on aluminum alloys. *Ceramics International*, 2001, no. 27 (1), pp. 15–24. DOI: 10.1016/S0272-8842(00)00036-5
- [4] Sing S.L., Yeong W.Y., Wiria F.E. et al. Direct selective laser sintering and melting of ceramics: A review. *Rapid Prototyping Journal*, 2017, vol. 23, no. 3, pp. 611–623. DOI: 10.1108/RPJ-11-2015-0178

**УДК 621.1**

## **Влияние технологических параметров процесса лазерной абляции в жидкости на стабильность генерации золотых наночастиц**

**Мельников Дмитрий Михайлович**

melnikovd@bmstu.ru

*МГТУ им. Н.Э. Баумана*

**Губарева Полина Владимировна**

gpv17t183@student.bmstu.ru

*МГТУ им. Н.Э. Баумана*

**Лютикова Ольга Алексеевна**

lutikovaolga@mail.ru

*МГТУ им. Н.Э. Баумана*

**Мельникова Мария Александровна**

maria.a.bogdanova@yandex.ru

*МГТУ им. Н.Э. Баумана*

**Бражникова Татьяна Евгеньевна**

brazhnikovate@student.bmstu.ru

*МГТУ им. Н.Э. Баумана*

Одним из наиболее перспективных и быстроразвивающихся методов получения наночастиц для применения в микроэлектронике, изготовления специальных покрытий и др. является метод лазерной абляции в жидкости. Данный метод зарекомендовал себя как простой, экологичный способ синтеза наночастиц с управляемыми свойствами. Он позволяет получать наночастицы из большого количества различных материалов и соединений различной формы. Одной из проблем метода является повторяемость и стабильность раствора во времени. Данная работа посвящена исследованию технологических параметров процесса на характеристики получаемых коллоидных растворов. Подготовлены рекомендации по проектированию камеры непрерывного синтеза наночастиц и подготовке поверхности облучаемой мишени. Проведены исследования полученных растворов и наночастиц.

**Ключевые слова:** лазер, наночастицы, лазерная абляция в жидкости, золотые наночастицы

## **Влияние технологических параметров процесса лазерной абляции в жидкости на стабильность генерации золотых наночастиц**

Интерес к нанодисперсным материалам связан с тем, что они находят все более широкое применение в качестве исходного сырья при производстве керамических и композиционных материалов, сверхпроводников, солнечных батарей, фильтров, присадок [1], а также в аддитивных технологиях [2], сенсибилизаторов, компонентов низкотемпературных высокопрочных припоев и др [1]. По мере выполнения фундаментальных и прикладных исследований этот перечень быстро расширяется.

Наночастицы обладают особыми физическими, химическими и термодинамическими свойствами по сравнению с макроразмерными объектами. Уникальные свой-

ства наноматериалов определяются, прежде всего, их структурой на атомарном уровне. Роль, которых играет размер и структура наночастиц, в некоторых случаях сравнимы с ролью химического состава [1].

Среди множества методов получения наночастиц [3] в последние годы интенсивно развивается метод лазерной абляции в жидкости. Лазерная абляция позволяет получать наночастицы различного типа, включая металлические, полупроводниковые и полимерные частицы, а также частицы сложных многоэлементных металлических и полупроводниковых сплавов [1, 4]. В этом методе не требуется длительное время для проведения химических реакций, а также высокие температуры и давления или многоступенчатые процессы, характерные для химического синтеза; нет необходимости использовать токсичные или взрывоопасные химические исходные вещества [1].

К основным причинам, сдерживающим применение метода лазерной абляции в жидкости для генерации наночастиц, можно отнести: низкие производительность и повторяемость, а также склонность полученных наночастиц к агломерации. Хотя множество работ на сегодняшний день посвящено получению различных наночастиц с помощью разных лазерных источников, технологические аспекты процесса освещены слабо.

В данной работе оценено, как технологические параметры процесса влияют на получаемые наночастицы. Рассмотрено влияние объёма жидкости, в которой происходит синтез, исследована скорость роста экстинкции получаемого коллоидного раствора. На основании этого исследования выработаны требования и предложена схема процесса непрерывного синтеза. Также исследовалось состояние поверхности на получаемые результаты, на основании чего подготовлены рекомендации по периодическому обновлению (очистке) поверхности для поддержания стабильности синтеза наночастиц.

Методами сканирующей микроскопии исследованы размеры получаемых наночастиц. Влияние параметров процесса оценивалось по результатам оптического спектрального анализа. Разработаны подходы, позволяющие выбирать параметры процесса лазерной абляции в жидкости для получения требуемых наночастиц и предотвращения их слипания.

Результаты, полученные в данной работе, могут быть в дальнейшем использованы разработки актуальной технологии получения наночастиц благородных металлов для легирования солнечных элементов и других применений в области фотоники.

## Литература

- [1] Amendola V., Meneghetti M. What controls the composition and the structure of nanomaterials generated by laser ablation in liquid solution? // Phys Chem Chem Phys. 2013. No. 15. Pp. 3027–3046.
- [2] Мельникова М.А., Колчанов Д.С., Мельников Д.М. Селективное лазерное плавление: применение и особенности формирования трехмерных конструктивных технологических элементов // Фотоника. 2017. № 2 (62). С. 42–49.
- [3] Макаров Г.Н. Применение лазеров в нанотехнологии: получение наночастиц иnanoструктур методами лазерной абляции и лазерной нанолитографии // Успехи физических наук. 2013. № 7. С. 673–718.
- [4] Тюльпанова Е.М., Мельников Д.М., Кавешникова Н.А., Голубенко Ю.В., Калёнова Е.А. Влияние условий облучения на параметры наночастиц, получаемых методом лазерной абляции в жидкости // Наукоемкие технологии в машиностроении. 2018. № 6 (84). С. 3–6.

## **Effect of Technological Parameters of the Laser Ablation Process in Liquids on the Stability of the Generation of Gold Nanoparticles**

**Melnikov Dmitry Mikhailovich**

[melnikovd@bmstu.ru](mailto:melnikovd@bmstu.ru)

**BMSTU**

**Gubareva Polina Vladimirovna**

[gpv17t183@student.bmstu.ru](mailto:gpv17t183@student.bmstu.ru)

**BMSTU**

**Lutikova Olga Alekseevna**

[lutikovaolga@mail.ru](mailto:lutikovaolga@mail.ru)

**BMSTU**

**Melnikova Maria Aleksandrovna**

[maria.a.bogdanova@yandex.ru](mailto:maria.a.bogdanova@yandex.ru)

**BMSTU**

**Brazhnikova Tatiana Evgenievna**

[brazhnikovate@student.bmstu.ru](mailto:brazhnikovate@student.bmstu.ru)

**BMSTU**

*One of the most promising and rapidly developing methods of obtaining nanoparticles for use in microelectronics, the manufacture of special coatings, etc. is the method of laser ablation in a liquid. This method has established itself as a simple, environmentally friendly method for the synthesis of nanoparticles with controlled properties. It allows you to obtain nanoparticles from a large number of different materials and compounds of various shapes. One of the problems of the method is the repeatability and stability of the solution over time. This work is devoted to the study of the technological parameters of the process for the characteristics of the obtained colloidal solutions. Recommendations have been prepared for designing a chamber for continuous synthesis of nanoparticles and preparing the surface of an irradiated target. Studies of the obtained solutions and nanoparticles have been carried out.*

**Keywords:** laser, nanoparticles, laser ablation in liquids, gold nanoparticles

### **References**

- [1] Amendola V., Meneghetti M. What controls the composition and the structure of nanomaterials generated by laser ablation in liquid solution? *Phys Chem Chem Phys*, 2013, no. 15, pp. 3027–3046. (In Russ.).
- [2] Mel'nikova M.A., Kolchanov D.S., Mel'nikov D.M. Selektivnoe lazernoe plavlenie: primenie i osobennosti formirovaniya trekhmernykh konstruktivnykh tekhnologicheskikh elementov [Selective laser melting: application and features of the formation of three-dimensional structural technological elements]. *Fotonika [Photonics]*, 2017, no. 2 (62), pp. 42–49. (In Russ.).
- [3] Makarov G.N. Primenenie lazerov v nanotekhnologii: poluchenie nanostrukturnykh metodami lazernoi ablyatsii i lazernoi nanolitografii [Application of lasers in nanotechnology: obtaining nanoparticles and nanostructures by laser ablation and laser nanolithography]. *Uspekhi fizicheskikh nauk [Successes of physical sciences]*, 2013, no. 7, pp. 673–718. (In Russ.).
- [4] Tyul'panova E.M., Mel'nikov D.M., Kaveshnikova N.A., Golubenko Yu.V., Kalenova E.A. Vliyanie uslovii obлучeniya na parametry nanostrukturnykh metodov lazernoi ablyatsii v zhidkosti [Influence of irradiation conditions on the parameters of nanoparticles obtained by laser ablation in liquid]. *Naukoemkie tekhnologii v mashinostroenii [High-Tech Technologies in Mechanical Engineering]*, 2018, no. 6 (84), pp. 3–6. (In Russ.).

УДК 539.1.043

## К вопросу увеличения срока активного функционирования космических приборов

**Морозов Олег Вячеславович**

oleg@coronas.ru

*МГУ имени М.В. Ломоносова*

**Анохин Михаил Всеволодович**

anokhinmikhail@yandex.ru

*Институт тонких экологических технологий*

**Галкин Владимир Игоревич**

v\_i\_galkin@mail.ru

*МГУ имени М.В. Ломоносова*

**Дубов Андрей Евгеньевич**

dubov@cosmos.ru

*ФГБУН «Институт космических исследований РАН»*

**Савкин Леонид Васильевич**

solaris.rafo@gmail.com

*СКБ космического приборостроения, ФГБУН «Институт космических исследований РАН»*

**Сазонов Василий Викторович**

sazonov@cosmos.msu.ru

*МГУ имени М.В. Ломоносова*

Проведено экспериментальное исследование удельной энергии поля ионизирующих частиц с применением техники полупроводниковой ионизационной камеры, обеспечивающей пространственное разрешение менее 10–6 мм<sup>3</sup>. Измерения проводились на космических аппаратах SOHO, STEREO, ЯМАЛ 100 и в поле ионизирующих частиц, образуемом изотопным источником Ru239, спектр удельной энергии которого схож с соответствующим спектром на космическом аппарате. Примененная техника пригодна для проведения прямых измерений коэффициента качества поля ионизирующих частиц в штатных условиях эксплуатации на космических аппаратах.

**Ключевые слова:** частотный и дозовый спектр линейной энергии, тяжелые космические аппараты, срок активного функционирования, оптимальная защита

Космические эксперименты по определению реального срока активного функционирования микроэлектроники, проведённые в недавнее время в различных космических агентствах показали очень существенное отличие предсказанного срока активного функционирования (САФ) нано- и микроэлектроники от реально измеренного в штатных условиях эксплуатации [1].

Значимой мотивацией данной работы послужило исследование, проведённое на многих космических аппаратах (КА) и более всего продемонстрированное во время фундаментального технического исследования на КА SERVIS 1 и SERVIS 2 [2]. На орбите 1000 км экспериментально было показано, что реальный срок активного функционирования часто значительно отличается от предсказанного применяемыми моделями и данными испытаний на протонном и ионном пучках. В ряде случаев отличие составляет более чем в тысячу раз. Это обстоятельство прямо указывает на то, что действующие методики оценки САФ не учитывают существенные в данном случае физические процессы.

Наряду с проблемой применяемых методик оценки стойкости ЭРИ так же актуальна проблема создания радиационных полей для испытания полупроводниковой электроники в условиях, близким к радиационным условиям на борту КА. В ГОСТ 25645.218-90, РД 50-25645.217-90 и их приложениях, помимо линейной энергии  $y$ ,

частотного  $f(y)$  и дозового  $d(y)$  спектров линейной энергии рассматриваются и удобные для практического использования критериальные параметры — частотную  $f(z)$  и дозовую  $d(z)$  плотности распределения удельной энергии [3]. При анализе эффектов, вызываемых одиночными ионизирующими частицами в микроэлектронике космического применения, эти параметры прямо соотносятся с плотностью мощности в чувствительном объёме, и, следовательно, с величиной образуемого электрического заряда в этом объёме.

В связи с этим, в настоящей работе проведено непосредственное измерение спектра удельной энергии в КА ЯМАЛ 100 (ГСО), SOHO (точка L1), STEREO A (орбита Земли). С применением алгоритма распознавания образов был проведён анализ растровых кадров, полученных с помощью ПЗС матриц, получены частотные спектры удельной энергии транзиентных событий выделения энергии с пространственным разрешением  $10^{-6} \text{ мм}^3$ .

Результат оказался довольно неожиданным. На всех трёх тяжёлых космических аппаратах, находящихся на различных орбитах, спектры удельной энергии поля ионизирующих частиц, оказались однотипными.

Также был проведен анализ эволюции спектра удельной энергии во время случайной Солнечной вспышки и при спокойном Солнце.

При проведении стендовых испытаний микроэлектроники было произведено измерение спектра удельной энергии при помощи отечественной ПЗС матрицы «Лев» в поле ионизирующих частиц, образованном протонами энергией 100 МэВ. Был получен спектр удельной энергии и дозовый спектр. Расчеты спектров удельной энергии на космических аппаратах оказались схожими со спектром, образованным изотопом Pu239 при лабораторных испытаниях.

Было установлено, что во всех случаях события, относящиеся к правому пику в значительной части соотносятся с пиками Брэгга протонов. В работе они были идентифицированы с помощью алгоритма распознавания образов и численного моделирования с применением программного кода GEANT4 [4].

В условиях требований перехода отрасли на отечественные ЭРИ, использование принятых в настоящее время методик отбраковки выпускаемых в РФ микроэлектронных элементов, приводит к неоднозначным заключениям о применимости на космических аппаратах. Это, в свою очередь ведет к значительным логистическим и экономическим проблемам.

Дополнительно надо отметить, что решение вопросов подбора оптимальной защиты требует отдельного анализа и усовершенствования существующих методик.

## Литература

- [1] Анохин М.В., Галкин В.И., Добриян М.Б., Дубов А.К., Малков А.К. Особенности ядерно-физического эксперимента на космических аппаратах с длительным сроком активного функционирования // Известия РАН. Сер. Физическая. 2008. Т. 72, № 7. С. 1036–1039.
- [2] Space Environment Reliability Verification Integrated System Servis-1, 2. Available at: <https://www.jspaceystems.or.jp/en/project/observation/servis-2/> (accessed November 29, 11.2021).
- [3] РД 50-25645.217-90. Безопасность радиационная экипажа космического аппарата в космическом полете. Методики расчета микродозиметрических характеристик космических излучений. Введ. 1991-07-01. М.: Изд-во стандартов, 1990. 26 с.
- [4] Geant 4 User's Guide for Application Developers. Version geant 4 10.7. Available at: [https://geant4.web.cern.ch/support/user\\_documentation](https://geant4.web.cern.ch/support/user_documentation) (accessed November 30, 2021).

## On the Problem of Increasing Space Devices Time of Active Functioning

**Morozov Oleg Vyacheslavovich** oleg@coronas.ru

*Lomonosov Moscow State University*

**Anokhin Mikhail Vsevolodovich** anokhinmikhail@yandex.ru

*Institute of Fine Environmental Technologies*

**Galkin Vladimir Igorevich** v\_i\_galkin@mail.ru

*Lomonosov Moscow State University*

**Dubov Andrei Evgenievich** dubov@cosmos.ru

*Space Research Institute of the Russian Academy of Sciences*

**Savkin Leonid Vasilyevich** solaris.rafo@gmail.com

*Special Design Bureau of Space Instrumentation of the Institute of Space Research of the Russian Academy of Sciences*

**Sazonov Vasiliy Victorovich** sazonov@cosmos.msu.ru

*Lomonosov Moscow State University*

*An experimental study of the field of ionizing particles specific energy using the technique of a semiconductor ionization chamber which provides a spatial resolution of less than 10–6 mm<sup>3</sup>, was carried out. The measurements were carried out on the SOHO, STEREO, YAMAL 100 spacecraft and in the field of ionizing particles formed by the Pu239 isotope source and the specific energy spectrum of which is similar to the corresponding spectrum on the spacecraft. The applied technique is suitable for direct measurements of the quality factor of the ionizing particles field under normal operating conditions on spacecraft.*

**Keywords:** frequency and dose spectrum of linear energy, heavy spacecraft, period of active functioning, optimal protection

### References

- [1] Anokhin M.V., Galkin V.I., Dobriyan M.B., Dubov A.K., Malkov A.K. Osobennosti yaderno-fizicheskogo eksperimenta na kosmicheskikh apparatakh s dlitel'nym srokom aktivnogo funktsionirovaniya [Features of nuclear physics experiment on spacecraft with a long period of active functioning]. Izvestiya RAN. Ser. Fizicheskaya [Izvestia RAS. Ser. Physical], 2008, vol. 72, no. 7, pp. 1036–1039. (In Russ.).
- [2] Space Environment Reliability Verification Integrated System Servis-1, 2. Available at: <https://www.jspaceystems.or.jp/en/project/observation/servis-2/> (accessed November 29, 2021).
- [3] RD 50-25645.217-90. Bezopasnost' radiatsionnaya ekipazha kosmicheskogo appara v kosmicheskikh polete. Metodiki rascheta mikrodozimetriceskikh kharakteristik kosmicheskikh izluchenii [Radiation safety of the spacecraft crew in space flight. Methods for calculating microdosimetric characteristics of cosmic radiation]. Represent 1991-07-01. M.: Izd-vo standartov Publ., 1990, 26 p. (In Russ.).
- [4] Geant4 User's Guide for Application Developers. Version geant4 10.7. Available at: [https://geant4.web.cern.ch/support/user\\_documentation](https://geant4.web.cern.ch/support/user_documentation) (accessed November 30, 2021).

УДК 621.833

## Высокоточные нереверсивные линейные приводы на базе планетарных роликовинтовых механизмов для космической техники

**Носова Офелия Али кызы** ofelia\_06@mail.ru

АО «Государственный космический научно-производственный центр  
имени М.В. Хруничева»

**Блинov Дмитрий Сергеевич** dmitriyblinov@mail.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана

**Носов Александр Сергеевич** alekstambov@mail.ru

АО «Государственный космический научно-производственный центр  
имени М.В. Хруничева»

**Денискин Денис Геннадьевич** deniskin\_denis@bk.ru

АО «Государственный космический научно-производственный центр  
имени М.В. Хруничева»

*Линейные приводы широко распространены в космической технике. Наиболее перспективным силовым механизмом этих приводов являются планетарные роликовинтовые механизмы (ПРВМ). Для высокоточных линейных приводов применяют беззазорные ПРВМ, которые по нагрузочной способности уступают ПРВМ с осевым люфтом в два раза, а по ресурсу — в 8–10 раз. Предложена новая патентно-чистая конструкция беззазорного ПРВМ, которая уступает по нагрузочной способности ПРВМ с осевым люфтом в 1,5 раза. Ее можно использовать только для нереверсивных приводов, которые также широко применяются в космической технике.*

**Ключевые слова:** новый механизм, планетарный, роликовинтовой, беззазорный, высокоточный, точность информации, надежность материалов

Линейные механические приводы широко применяются в изделиях космической техники и в технологическом оборудовании, обслуживающем эти изделия. Свое название линейные приводы получили по той причине, что их силовой механизм преобразует вращательное движение в поступательное. Силовой механизм имеет входное звено, соединенное с вращающимся валом двигателя, и выходное звено, соединенное с узлом поступательного (линейного) перемещения исполнительного механизма.

Как правило, в качестве силового механизма линейного привода используются винтовые механизмы [1]. В настоящее время наиболее перспективными винтовыми механизмами являются планетарные роликовинтовые механизмы (ПРВМ), которые выбраны объектами настоящего исследования. Входным звеном ПРВМ служит многозаходный винт, а выходным звеном — корпус с закрепленной в нем многозаходной гайкой и установленным с возможностью поворота относительно оси винта узлом, состоящим из резьбовых роликов, торцовые шейки которых входят с возможностью поворота в отверстиях двух сепараторов [2]. Резьбовые ролики для синхронизации движения дополнительно связаны с корпусом (гайкой) двумя зубчатыми зацеплениями. Каждый резьбовой ролик, обкатываясь по гайке, участвует в переносном и относительном движении, в результате чего происходит преобразование вращательного движения в поступательное.

Планетарные роликовинтовые механизмы имеют различные конструкции [2], выбор которых зависит от исходных данных. Часто к ПРВМ линейных приводов

предъявляют требования по обеспечению высокой точности позиционирования выходного звена. Тогда применяют беззазорные ПРВМ, которые собирают с зазорами между сопрягаемыми резьбовыми деталями, а затем эти зазоры компенсируют различными способами [3]. Чаще всего гайку беззазорного ПРВМ выполняют сборной. Она состоит из двух полугаек и компенсатора между ними, а корпус беззазорного ПРВМ включает две детали, которые стягивают болтами с гайками. При этом корпусные детали сжимают сборную гайку. Она, взаимодействуя с резьбовыми роликами, перемещает их до контакта с винтом и выбирает зазоры. В итоге одна полугайка может воспринимать осевую силу одного направления, а другая полугайка — противоположного направления. Это приводит к основному недостатку беззазорных ПРВМ — нагрузочная способность беззазорного механизма примерно в 2 раза меньше нагрузочной способности ПРВМ с зазорами (с осевым люфтом). Еще одним недостатком этих механизмов является необходимость их регулировки, при которой не только выбираются зазоры, но и создается сила предварительного нагружения сопрягаемых витков резьбовых деталей ПРВМ. Контроль регулировки осуществляют по моменту холостого хода винта относительно корпуса или наоборот. Экспериментально установлены рекомендуемые значения момента холостого хода для различных типоразмеров ПРВМ.

Таким образом, ставится задача по повышению нагрузочной способности иресурса беззазорных ПРВМ.

На основании выполненного обзора конструкций беззазорных ПРВМ установлено [3], что для решения этой задачи можно использовать механизмы с цельной тонкостенной гайкой. Благодаря деформированию гайки компенсируются зазоры между резьбовыми деталями ПРВМ. Однако эти механизмы имеют сложную конструкцию с дополнительными деталями, их сборка и регулировка представляет определенные сложности. Тонкостенная гайка предварительно деформируется в радиальном направлении, а при эксплуатации привода к ней прикладывается рабочая нагрузка. В результате этого гайка имеет меньшие значения геометрических характеристик, влияющих на прочность, и более нагружена, а значит, уступает по простоте конструкции и сборки, и самое главное — по надежности традиционной конструкции беззазорного ПРВМ со сборной гайкой (состоит из двух полугаек и компенсатора).

В связи с этим решено было модернизировать традиционную конструкцию с целью повышения ее нагрузочной способности. Для первого этапа исследования была разработана конструкция беззазорного ПРВМ со сборной гайкой для нереверсивных линейных приводов, которые применяются в космической технике. Особенно часто они используются в технологическом оборудовании, обслуживающем изделия космической техники (домкраты, кантователи, грузоподъемные устройства, пресса и т. д.).

Разработанная конструкция нереверсивного беззазорного ПРВМ защищена патентом РФ [4]. Поскольку ранее таких механизмов не было, пришлось использовать традиционные беззазорные ПРВМ со сборной гайкой с невысокой нагрузочной способностью, проигрывая в габаритах, массе, ресурсе и т. п.

В традиционном беззазорном ПРВМ со сборной гайкой полугайки имеют одинаковую длину, которая определяет одинаковую нагрузочную способность в обе стороны. Однако выше перечислено множество устройств, для работы которых нужна осевая сила, направленная только в одну сторону. Это значит, что для таких устройств традиционный беззазорный ПРВМ эксплуатируется неэффективно — одна полугайка вырабатывает свой ресурс, а другая остается практически не изношенной.

В разработанном механизме одна полугайка, которая воспринимает осевую нагрузку, имеет длину в 3 и более раз большую, чем другая полугайка. Таким образом, номинально ее нагрузочная способность на 50 % больше, чем нагрузочная способность традиционного беззазорного ПРВМ.

Для проверки работоспособности новой запатентованной конструкции нереверсивного беззазорного ПРВМ подготовлены рабочие чертежи для изготовления опытного образца, разработана методика сравнительных испытаний новой конструкции и традиционной. Выполняется комплексное теоретическое исследование по силовому анализу разработанной конструкции при сборке и регулировке, а затем при нагружении механизма рабочей осевой силой. Проводятся поисковые исследования с целью разработки и патентования новых конструкций беззазорных ПРВМ со сборной гайкой для повышения нагрузочной способности этих механизмов при реверсивном нагружении.

### **Литература**

- [1] Детали машин / под ред. О.А. Ряховского. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. 472 с.
- [2] Блинов Д.С. Планетарные роликовинтовые механизмы. Конструкции, методы расчетов / под ред. О.А. Ряховского. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. 222 с.
- [3] Блинов Д.С., Егоров О.В., Носов А.С. Обзор известных конструкций беззазорных планетарных роликовинтовых механизмов и разработка новых конструкций с цельной тонкостенной гайкой // Справочник. Инженерный журнал. 2018. № 12. С. 17–26.
- [4] Беззазорный планетарный роликовинтовой механизм: патент № 205598 РФ/ Носова О.А., Носов А.С. и др. Заявл. 17.03.2021; опубл. 22.07.2021. Бюл. № 21.

## **High-Precision Non-Reversible Linear Drives Based on Planetary Roller Screw Mechanisms for Space Technology**

**Nosova Ofelya Ali kyzы**                                  ofelia\_06@mail.ru  
*JSC Khrunichev Space Center*

**Blinov Dmitriy Sergeevic**                                  dmitriyblinov@mail.ru  
*BMSTU*

**Nosov Aleksandr Sergeevich**                                  alekstambov@mail.ru  
*JSC Khrunichev Space Center*

**Deniskin Denis Gennadjevich**                                  deniskin\_denis@bk.ru  
*JSC Khrunichev Space Center*

*Linear drives are widely used in space technology, the most promising power mechanism of these drives are planetary roller screw mechanisms (PRSM). For high-precision linear drives, non-lock RVMS are used, which in terms of load capacity are inferior to PRSM with axial play by two times, and in terms of resource – by 8–10 time. A new patent-pure design of a clearance-free PRSM is proposed, which is 1.5 times inferior in load capacity to PRSM with axial play, but it can only be used for non-reversible drives, which are also widely used in space technology.*

**Keywords:** new mechanism, planetary, roller-screw, non-lock, high-precision, accuracy, reliability

## References

- [1] Detali mashin [Machine parts]. Edited by O.A. Ryakhovsky. Moscow, BMSTU Publ., 2014, 472 p. (In Russ.).
- [2] Blinov D.S. Planetarnye rolikovintovye mehanizmy. Konstrukcii, metody raschetov [Planetary roller screw mechanisms. Constructs, calculation methods]. Edited by O.A. Rjahovsky. Moscow, BMSTU Publ., 2006, 222 p. (In Russ.).
- [3] Blinov D.S., Egorov O.V., Nosov A.S. Obzor izvestnykh konstruktsii bezzazornykh planetarnykh rolikovintovykh mekhanizmov i razrabotka novykh konstruktsii s tsel'noi tonkostennoi gaikoi [Review of known designs of clearance-free planetary roller screws and development of new designs with one-piece thin-walled nut]. Spravochnik. Inzhenernyi zhurnal [Directory. Engineering journal], 2018, no. 12. pp. 17–26. (In Russ.).
- [4] Bezzazornyj planetarnyj rolikovintovoj mehanizm [Clearance-free planetary roller screw mechanism]: patent no. 205598 RF / Nosova O.A., Nosov A.S. et al. ZajavL 17.03.2021; opubl. 22.07.2021. Bjul. No. 21. (In Russ.).

УДК 629.78

## Применение метода конечных элементов для оценки герметичности клапанной пары при попадании металлической частицы загрязнения

Поддерёгин Антон Владимирович

ahtohab@mail.ru

КБ «Арматура» — филиал АО «Государственный космический научно-производственный центр имени М.В. Хруничева»

Рассмотрен метод, позволяющий анализировать обеспечение герметичности клапанного уплотнения при попадании в него твердой частицы загрязнения. Метод основан на использовании современных программных комплексов инженерного анализа. Также в докладе описан способ относительно быстрого получения значений пластических свойств материала седла, необходимых для расчета в применяемом программном комплексе ANSYS.

**Ключевые слова:** клапанное уплотнение, герметичность, частица загрязнения, высокие требования по чистоте

В докладе рассматривается метод, позволяющий анализировать обеспечение герметичности клапанного уплотнения при попадании в него твердой частицы загрязнения. Метод основан на использовании современных программных комплексов инженерного анализа.

Для обеспечения надежного функционирования пневмоарматуры космической техники к рабочим средам — сжатым газам, предъявляются высокие требования по чистоте. Как правило, это обеспечивается установкой в систему фильтров тонкой очистки. Но несмотря на это на практике случаются ситуации, когда по тем или иным причинам происходит проникновение твердых частиц загрязнения, в частности, металлической пыли, стружки или осколков, оставшихся на поверхностях деталей после механической обработки, в проточные каналы пневмоарматуры. Попадание частиц в затворы регулирующей и запорной пневмоарматуры при их закрытии может привести к нарушению их герметичности. В связи с этим возникает необходимость в проведении анализа влияния на герметичность клапанного уплотнения частиц, по-

павших под клапан [1, 2]. Решение такой задачи аналитическим методом достаточно сложно, особенно, если в клапанном уплотнении применяются полимерные упругопластические материалы. Поэтому, как правило, единственной возможностью остается компьютерное моделирование с применением современных программных комплексов, основанных на методе конечных элементов.

В докладе на примере анализа конкретного клапанного уплотнения в программном комплексе ANSYS [3, 4] показан метод, позволяющий определить, сохранит ли клапан герметичность во всем диапазоне рабочего давления при попадании твердой частицы заданного размера, а также решить обратную задачу — определить диапазон давлений, при котором клапан не теряет герметичность.

Указанный метод предполагает определение напряженно-деформированного состояния седла из полимерного материала с расчетом в три этапа:

- вдавливание клапана (от силы рабочего давления при его максимальном значении) с металлической частицей под ним в полимерное седло для создания начального отпечатка;
- снятие нагрузки с клапана для получения остаточного отпечатка на седле вокруг вдавленной частицы;
- повторное нагружение клапана меньшей рабочей нагрузкой (начиная с минимального рабочего давления) для определения диапазона давлений, при котором клапан не теряет герметичность.

Следует также отметить, что для корректного проведения расчета необходимы данные по упругопластическим свойствам материала седла и клапана. Однако, как правило, такой информации из открытых источников получить невозможно. В связи с этим возникает необходимость в проведении собственных экспериментов для получения необходимых упругопластических свойств уплотнительных материалов. Поэтому в докладе также описан относительно простой способ получения значений пластических свойств материала седла, необходимых для расчета в применяемом программном комплексе.

## Литература

- [1] Кармугин Б.В., Стратиневский Г.Г., Мендельсон Д.А. Клапанные уплотнения пневмоагрегатов. М.: Машиностроение, 1983. 152 с.
- [2] Кондаков Л.А., Голубев А.И., Овандер В.Б. и др. Уплотнения и уплотнительная техника: справочник / под общ. ред. А.И. Голубева, Л.А. Кондакова. М.: Машиностроение, 1986. 464 с.
- [3] Каплун А.Б., Морозов Е.М., Олферьева М.А. ANSYS в руках инженера: практическое руководство. М.: Эдиториал УРСС, 2003. 272 с.
- [4] Бруяка В.А., Фокин В.Г., Солдусова Е.А., Глазунова Н.А., Адеянов И.Е. Инженерный анализ в ANSYS Workbench. Самара: Самар. гор. техн. ун-т, 2010. 271 с.

## Application of the Finite Element Method to Assess the Tightness of the Valve Pair in Case of Ingress of Metallic Contaminants

*Podderegin Anton Vladimirovich*

*ahtohab@mail.ru*

*DB "Armatura" — branch of JSC Khrunichev Space Center*

*A method is considered which makes possible the analyzing of valve seal tightness when a solid contaminant enters it. The method is based on the use of modern software systems of engineer-*

*ing analysis. In the report, using the example of an analysis of a specific valve seal in the ANSYS software package, a method is shown that allows you to determine whether the valve will maintain tightness over the entire operating pressure range at ingress of a solid particle of a specified size, and also solve the inverse problem — to determine the pressure range at which the valve remains leaktight.*

**Keywords:** valve seal, tightness, contaminant particle, high purity requirements

## References

- [1] Karmugin B.V., Stratinevskii G.G., Mendel'son D.A. *Klapannye uplotneniya pnevmoaggregatov [Valve seals of pneumatic units]*. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1983, 152 p. (In Russ.).
- [2] Kondakov L.A., Golubev A.I., Ovander V.B. et al. *Uplotneniya i uplotnitel'naya tekhnika: spravochnik [Seals and sealing equipment: handbook]*. Under the general editorship of A.I. Golubev, L.A. Kondakov. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1986, 464 p.
- [3] Kaplun A.B., Morozov E.M., Olfer'eva M.A. *ANSYS v rukakh inzhenera: prakticheskoe rukovodstvo [ANSYS in the hands of an engineer: a practical guide]*. Moscow, Editorial URSS Publ., 2003, 272 p. (In Russ.).
- [4] Bruyaka V.A., Fokin V.G., Soldusova E.A., Glazunova N.A., Adeyanov I.E. *Inzhenernyi analiz v ANSYS Workbench [Engineering analysis in ANSYS Workbench]*. Samara, Samar. gor. tekhn. un-t Publ., 2010, 271 p. (In Russ.).

УДК 528.85

## Вопросы создания аппаратно-программного комплекса повышения качества космической информации, получаемой с использованием космических аппаратов дистанционного зондирования Земли

**Пшеняник Владимир Георгиевич**

pshenyanik934@yandex.ru

НИИ космических систем им. А.А. Максимова — филиал АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева»

**Клинков Никита Сергеевич**

kw.nikita@bk.ru

НИИ космических систем им. А.А. Максимова — филиал АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева»

**Поспелов Владимир Геннадьевич**

pospelovvladimir94@gmail.com

НИИ космических систем им. А.А. Максимова — филиал АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева»

Рассмотрены вопросы создания аппаратно-программного комплекса повышения качества космической информации, получаемой с использованием космических аппаратов дистанционного зондирования Земли, построенного на основе современных методов и алгоритмов цифровой обработки космических снимков. Разрабатываемый специализированный программный и аппаратно-программный инструментарий предназначен для автоматизированного решения задачи повышения качества данных дистанционного зондирования Земли.

**Ключевые слова:** дистанционное зондирование Земли, космические аппараты, аппаратно-программный комплекс повышения качества космической информации, цифровая обработка космических снимков

Изображения, получаемые от оптико-электронной аппаратуры, установленной на космических аппаратах (КА) дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), использу-

зуются широким кругом потребителей для решения прикладных и исследовательских задач. Однако качество таких изображений и их пространственное разрешение не всегда является достаточными для удовлетворения требований потребителей в полном объеме.

В настоящее время значительная часть данных ДЗЗ получается в цифровом виде. Поэтому применяются цифровые методы обработки информации [1]. Эффективность же использования данных ДЗЗ зависит не только от особенностей исходных снимков, но и от методов их обработки. Общего подхода к улучшению изображений не существует. Тем не менее, можно выделить несколько основных видов методов улучшения качества изображений. К ним относятся:

- методы геометрической коррекции, направленные на устранение искажений, связанных с влиянием кривизны Земли, рельефа местности, движения в момент съемки съемочной аппаратуры относительно поверхности Земли, характеристикой этой аппаратуры;
- методы радиометрических преобразований, направленные на исправление искажений, обусловленных характеристиками съемочной аппаратуры и влиянием среды прохождения излучения (атмосферы);
- методы яркостных преобразований, направленных на улучшение визуального восприятия экранного изображения (яркости, контраста);
- методы повышения пространственного разрешения, построенные на основе слияния панхроматического канала, имеющего, как правило, более высокое пространственное разрешение и мультиспектральных каналов, имеющих более низкое разрешение, что позволяет получить цветное изображение с высоким пространственным разрешением.

Анализ отечественного и зарубежного опыта повышения качества цифровой обработки космической информации, получаемой с использованием космических аппаратов ДЗЗ [2, 3], показал, что в настоящее время существует большое количество методов, алгоритмов и программных комплексов для решения этой задачи.

Из перечня зарубежного программного обеспечения по обработке данных дистанционного зондирования следует выделить ERDAS Imagine, ENVI, ER Mapper, IDRISI и др. Из отечественных программных продуктов отметим программные продукты СканЭкс и Sputnik. Большинство существующих программных комплексов ориентировано, в основном, на интерактивную обработку. В то же время, сейчас особенно актуальна задача создания автоматизированных систем обработки спутниковых данных, и для ее решения требуется специализированный программный и аппаратно-программный инструментарий.

Создание экспериментального образца аппаратно-программного комплекса повышения качества космической информации (ЭО АПК ПККИ) на основе совместной разработки НИИ КС имени А.А. Максимова — филиала АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева» и ООО «Центр инновационных технологий», проводится в этом направлении.

- ЭО АПК ПККИ предназначен для решения следующих задач:
- геометрической коррекции космических изображений;
  - проведение синтеза спектральных каналов и панхроматического для получения изображения в естественных цветах с разрешением панхроматического;
  - повышение радиометрического качества панхроматического и спектральных каналов;
  - отработки технологии повышения пространственного разрешения на местности панхроматического и спектральных каналов;

- уточнения взаимного положения спектральных каналов для получения синтезированного изображения;
- подготовки отчета по результатам оценивания параметров качества изображения, включающего исходные параметры оценки, экспорт его в один из форматов документов для печати (.doc, .pdf, .txt);
- иллюстрации результатов обработки космических изображений и анализа параметров оценивания в табличном и графическом видах;
- автоматического извлечения метаданные из материалов съемки (дата съемки, пространственное и спектральное разрешение, уровень обработки, пространственная привязка и пр.) и формирования семантического массива данных;
- автоматической обработки данных ДЗЗ в формате .TIFF и файлы метаданных в формате .XML (подбирать необходимые драйверы, идентифицировать данные во входящем каталоге, заносить информацию из файлов во входящем каталоге в пространственную базу данных в соответствующий файловый каталог (вид космического аппарата/тип съемочной аппаратуры/каталог с датой съемки);
- обеспечения защиты от несанкционированного доступа к материалам космической съемки.

В соответствии с целевой направленностью ЭО АПК ПККИ, в состав его программного комплекса (ПК) входят следующие программные модули:

- геометрической коррекции космических снимков;
- синтеза спектральных каналов и панхроматического для получения изображения в естественных цветах с разрешением панхроматического;
- повышения радиометрического качества панхроматического и спектральных каналов, учитывающие различный динамический диапазон;
- повышения пространственного разрешения на местности на основе синтеза панхроматического и спектральных каналов с учетом особенностей съемочной аппаратуры и уточнения взаимного положения спектральных каналов для получения синтезированного изображения.

Результаты обработки космических снимков в каждом из этих модулей передаются в модуль автоматической оценки качества.

В модуле автоматической оценки качества рассчитываются параметры качества обработанных изображений ДЗЗ [4]: пространственно-частотные характеристики, спектрорадиометрические характеристики, координатно-метрические характеристики.

Разработка программного комплекса повышения качества космической информации (ПК ПККИ) в составе ЭО АПК ПККИ, осуществляется с использованием созданного в ООО «Центр инновационных технологий» программного комплекса «Image Media Center» (ПК IMC), который обладает широкими возможностями по автоматизированной обработке данных ДЗЗ.

Для повышения надежности работы ЭО АПК ПККИ в его состав будет входить разработанный программный комплекс хранения данных ДЗЗ и автоматизированного мониторинга состояния экспериментального образца аппаратно-программного комплекса повышения качества космической информации, целевыми функциями которого являются: хранение данных ДЗЗ, мониторинг работы ЭО АПК ПККИ, передача данных о состоянии АПК потребителю.

Данные обработанной космической информации ДЗЗ с рассчитанными параметрами качества поступают в модуль базы данных. Эти данные могут быть далее использованы для решения ряда прикладных задач, в качестве которых могут быть: задачи контроля функционирования системы наблюдения ДЗЗ на этапах летно-конструкторских испытаний.

ний и штатной эксплуатации, задачи практического использования получаемых изображений в строительстве, сельском хозяйстве, геологоразведке, экологии и др.

## Литература

- [1] Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2006. 1072 с.
- [2] Кохуб Е.В. Анализ методов обработки материалов дистанционного зондирования Земли // Вестник Полоцкого государственного университета. Сер. F. Строительство. Прикладные науки. 2012. № 16. С. 132–140.
- [3] Бондур В.Г. Современные подходы к обработке больших потоков гиперспектральной и многоспектральной аэрокосмической информации // Исследование Земли из космоса. 2014. № 1. С. 3–17.
- [4] Земсков В.Ф., Заичко В.А., Зайченко Ю.В. Оценка геометрической точности космических снимков, получаемых системами ДЗЗ в различных диапазонах электромагнитного спектра // Известия вузов. Сер. Приборостроение. 2018. Т. 61, № 7. С. 576–583.

## **Issues of Creation of a Hardware And Software Complex for Increasing the Quality of Space Information Obtained with the Use of Remote Sensing Space Vehicles**

**Pshenyannik Vladimir Georgievich** pshenyannik934@yandex.ru

A.A. Maksimov Space Systems Research Institute,  
a branch of Khrunichev State Research and Production Space Center

**Klinkov Nikita Sergeevich** kw.nikita@bk.ru

A.A. Maksimov Space Systems Research Institute,  
a branch of Khrunichev State Research and Production Space Center

**Pospelov Vladimir Gennadievich** pospelovvladimir94@gmail.com

A.A. Maksimov Space Systems Research Institute,  
a branch of Khrunichev State Research and Production Space Center

*The issues of creating a hardware-software complex for improving the quality of space information obtained using spacecraft for remote sensing of the Earth, built on the basis of modern methods and algorithms for digital processing of space images. The developed specialized software and hardware-software tools are designed for automated solution of the problem of improving the quality of Earth remote sensing data.*

**Keywords:** remote sensing of the Earth, spacecraft, hardware and software complex for improving the quality of space information, digital processing of satellite images

## References

- [1] Gonsales R., Vuds R. Tsifrovaya obrabotka izobrazhenii [Digital Image Processing]. Moscow, Tekhnosfera Publ., 2006, 1072 p. (In Russ.).
- [2] Kochub E.V. Analiz metodov obrabotki materialov distantsionnogo zondirovaniya Zemli [Analysis of methods of processing materials of remote sensing of the Earth]. Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. F. Stroitel'stvo. Prikladnye nauki [Bulletin of Polotsk State University. Ser. F. Construction. Applied sciences], 2012, iss. 16, pp. 132–140. (In Russ.).
- [3] Bondur V.G. Sovremennye podkhody k obrabotke bol'shih potokov giperspektral'noi i mnogospektral'noi aerokosmicheskoi informatsii [Modern Approaches to Processing Large Flows of Hyperspectral and Multispectral Aerospace Information]. Issledovanie Zemli iz kosmosa [Earth Exploration from Space], 2014, iss. 1, pp. 3–17. (In Russ.).

- 
- [4] Zemskov V.F., Zaichko V.A., Zaichenko Yu.V. Otsenka geometricheskoi tochnosti kosmicheskikh snimkov, poluchаемых sistemami DZZ v razlichnykh diapazonakh elektromagnitnogo spektra [Evaluation of the geometric accuracy of satellite images obtained by remote sensing systems in various ranges of the electromagnetic spectrum]. Izvestiya vuzov. Ser. Priborostroenie [Izvestiya vuzov. Ser. Instrumentation], 2018, vol. 61, no. 7, pp. 576–583. (In Russ.).

УДК 004.056.5

## **Обеспечение информационной безопасности при работе с данными дистанционного зондирования Земли с использованием «облачной» технологии**

**Разумова Наталья Викторовна**

razumova-nv@yandex.ru

АО «Российские космические системы»

**Черняков Вадим Георгиевич**

strelets.66@mail.ru

НИИ космических систем имени А.А. Максимова —  
филиал АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева»

**Колчин Александр Иванович**

kolchin@niiks.com

НИИ космических систем имени А.А. Максимова —  
филиал АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева»

**Линьков Алексей Дмитриевич**

linkov\_aleks@mail.ru

АО «Российские космические системы»

**Лепешкин Дмитрий Сергеевич**

Lepeshkin\_ds@spacecorp.ru

АО «Российские космические системы»

Рассмотрены проблемы обеспечения безопасности при работе с данными дистанционного зондирования Земли с использованием «облачной» технологии. Представлены результаты анализа тенденций развития «облачной» технологии применительно к работе с информацией дистанционного зондирования Земли. Предложена структура обеспечения информационной безопасности при работе с «облачной» технологией. Показана целесообразность использования «облачной» услуги по модели IaaS, имеющей фундаментальные преимущества по сравнению со статичной серверной архитектурой. Сделаны выводы о необходимости использования при работе с информацией дистанционного зондирования Земли для обеспечения информационной безопасности специализированных центров обработки данных.

**Ключевые слова:** информационная безопасность, «облачная» технология, данные ДЗЗ, центр обработки данных

В современных условиях, когда обработка получаемой космической информации ведется с использованием различных автоматизированных информационно-аналитических систем, имеющих ряд проблем по их эксплуатации, применение «облачных» технологий становится актуальной задачей [1].

Наряду с преимуществами «облачных» технологий, таких как уменьшение затрат и повышение эффективности ИТ-инфраструктуры, существенным их недостатком является сложность обеспечения информационной безопасности. Опасность использования «облачных» технологий обуславливается возможностями утечки, уничтожения, утраты, модификации информации, а также блокирования доступа к ней [2].

Анализ тенденций развития «облачных» технологий и моделей их реализации применительно к работе с данными дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) показал, что при создании информационной системы работы с данными ДЗЗ с использованием «облачной» технологии целесообразно применять модель облачных услуг IaaS (Infrastructure as a Service — инфраструктура как услуга).

Данная модель имеет фундаментальные преимущества по сравнению со статичной серверной архитектурой, так как серверное оборудование не требует приобретения, администрирования, эксплуатации и есть возможность временно (постоянно) масштабировать вычислительные ресурсы в зависимости от выполняемых задач [3]. Физической основой IaaS являются аппаратные серверы и системы хранения данных, установленные в data-центрах оператора — центрах обработки данных (ЦОД). К основным преимуществам ЦОД можно отнести использование инфраструктуры последнего поколения, так как необходимо постоянно модернизировать оборудование для обеспечения более высокого уровня защищенности, безопасность и изолированность вычислительных платформ, возможность управлять пиковыми нагрузками [4]. В зависимости от обрабатываемой информации физические и виртуализованные инфраструктуры data-центра должны удовлетворять разным требованиям по безопасности, сформулированным в законах и отраслевых стандартах.

Таким образом, разработана структурная схема безопасности информационной системы при работе с данными ДЗЗ с использованием «облачной» технологии по модели IaaS, на которой отражены средства защиты информации, реализующие подсистемы обеспечения информационной безопасности (криптографическую подсистему, подсистему обнаружения вторжений, подсистему идентификации и аутентификации и др.) и сертифицированные по требованиям безопасности информации Российской Федерации. Все данные, поступающие от региональных операторов ДЗЗ находятся у провайдера, предоставляющего услугу хранения и обеспечения информационной безопасности. Таким провайдером для предприятий и организаций космической отрасли может стать ЦОД холдинга «Российские космические системы» (РКС). В холдинге создана «облачная» инфраструктура, которая в течение нескольких последних лет была масштабирована для работы в рамках всей Госкорпорации «Роскосмос». ЦОД РКС сегодня насчитывает более 300 стоек оборудования, которые используются для формирования единого «облака», к которому подключены все предприятия «Роскосмоса». Он позволяет безопасно хранить данные, производить вычислительные операции, а также обеспечивать коммуникацию и совместную работу отдельных специалистов и целых предприятий отрасли.

*Работа выполнена в рамках СЧ НИР «Интеграция-СГ-3.3.3.1»  
по Программе Союзного государства «Разработка, модернизация  
и гармонизация нормативного, организационно-методического  
и аппаратно-программного обеспечения целевого применения  
космических систем дистанционного зондирования Земли России и Беларусь».*

## Литература

- [1] NIST Cloud Computing Standards Roadmap. Available at: [http://www.nist.gov/customcf/get\\_pdf.cfm?pub\\_id=909024](http://www.nist.gov/customcf/get_pdf.cfm?pub_id=909024) (accessed November, 25, 2021).
- [2] Довгаль В.А. Облачные вычисления и анализ вопросов информационной безопасности в облаке // Вестник АГУ. 2015. Вып. 2 (161) С. 159–166.

- [3] Журавлев Е.Е., Иванов С.В., Каменщикова А.А., Олейников А.Я., Разинкин Е.И., Рубан К.А. Интероперабельность в облачных вычислениях // Журнал радиоэлектроники. 2013. № 9. URL: <http://jre.cplire.ru/alt/sept13/4/text.html> (дата обращения 25.11.2021).
- [4] Облачные технологии и веб-сервисы. Что такое облачные технологии? Развитие облачных технологий. URL: <https://pens5.ru/oblachnye-tehnologii-i-web-servisy-chto-takoe-oblachnye/> (дата обращения 25.11.2021).

## **Security of the Earth Remote Sensing Data Processed Using Cloud Technologies**

**Razumova Natalia Viktorovna**

razumova-nv@yandex.ru

JSC "Russian Space Systems"

**Chernyakov Vadim Georgievich**

strelets.66@mail.ru

Space Systems Research and Development Institute –  
affiliated branch of the Khrunichev Space Center

**Kolchin Aleksandr Ivanovich**

kolchin@niiks.com

Space Systems Research and Development Institute –  
affiliated branch of the Khrunichev Space Center

**Linkov Alexey Dmitrievich**

linkov\_aleks@mail.ru

JSC "Russian Space Systems"

**Lepeshkin Dmitry Sergeevich**

Lepeshkin\_ds@spacecorp.ru

JSC "Russian Space Systems"

*The article investigates data security that should be maintained while processing Earth remote sensing (ERS) information. It outlines the trends in cloud technology development in the context of ERS data processing. The authors propose a data security scheme for using cloud technologies and explain why it seems reasonable to use an IaaS cloud service that has substantial advantages over a static server architecture. The article highlights that specialized data processing centers should be involved in processing ERS information to ensure a high data security.*

**Keywords:** data security, cloud technology, remote sensing data, data processing center

### Information about the grant

*This work is completed as part of the Integration-SG-3.3.3.1 Research and Development Project under the Union State Program titled Development, Upgrading and Harmonization of Standards, Methods, Hardware and Software for the Russian and Belarusian Earth Remote Sensing Systems.*

### References

- [1] NIST Cloud Computing Standards Roadmap. Available at: [http://www.nist.gov/customcf/get\\_pdf.cfm?pub\\_id=909024](http://www.nist.gov/customcf/get_pdf.cfm?pub_id=909024) (accessed November, 25, 2021).
- [2] Dovgal' V.A. Oblachnye vychisleniya i analiz voprosov informatsionnoi bezopasnosti v oblasti [Cloud computing and analysis of information security issues in the cloud]. Vestnik AGU [Bulletin of ASU], 2015, vol. 2 (161), pp. 159–166. (In Russ.).
- [3] Zhuravlev E.E., Ivanov S.V., Kamenshchikov A.A., Oleinikov A.Ya., Razinkin E.I., Ruban K.A. Interoperabil'nost' v oblachnykh vychisleniyakh [Interoperability in cloud computing]. Zhurnal radioelektroniki [Journal of Radio Electronics], 2013, iss. 9. Available at: <http://jre.cplire.ru/alt/sept13/4/text.html> (accessed November 25, 2021). (In Russ.).

- [4] Oblachnye tekhnologii i veb-servisy. Chto takoe oblachnye tekhnologii? Razvitiye oblachnykh tekhnologii [Cloud technologies and web services. What is cloud technology? Development of cloud technologies]. Available at: <https://pens5.ru/oblachnye-tehnologii-i-veb-servisy-chto-takoe-oblachnye/> (accessed November 25, 2021).

УДК 62

## **Применение квантовой криптографии и стеганографии для управления космическими транспортными системами экологического назначения с функцией орбитального геотехнического мониторинга для минимизации рисков развития техногенных и природных катастроф**

**Раткин Леонид Сергеевич**

Rathkeen@bk.ru

Совет ветеранов РАН

*Рассмотрено применение квантовой криптографии и стеганографии для управления космическим транспортным системам экологического назначения. Особое внимание уделено функциям орбитального геотехнического мониторинга, позволяющего минимизировать риски развития техногенных и природных катастроф. Исследовано построение космических транспортных систем экологического назначения с функцией орбитального геотехнического мониторинга для минимизации рисков развития техногенных и природных катастроф с применением квантовой криптографии и стеганографии.*

**Ключевые слова:** криптография, стеганография, космос, экология, геотехника

Одним из перспективных направлений развития космических комплексов является разработка космоэкологических транспортных систем для обеспечения орбитального геотехнического мониторинга, позволяющих учитывать влияние антропогенного фактора на изменение климата Земли. Глобальные климатические изменения, вызванные накоплением парниковых газов антропогенного происхождения в атмосфере, являются одной и наиболее актуальных научных проблем первой половины XXI в.: согласно оценкам экспертов, объем ежегодных антропогенных выбросов уже превышает 50 млрд т CO<sub>2</sub>!

Согласно данным о влиянии повышения глобальной температуры на окружающую среду и жизнедеятельность человека [1], полученным Межправительственной группой экспертов по изменению климата (World Resource Institute, adapted from the IPCC and others), повышение температуры всего на 1,5 °C приведет к снижению средней урожайности, разрушению кораллов рифов на 70..90 %, дефициту воды у 270 миллионов человек, потерям от наводнения при повышении уровня моря на 10,2 трлн долл. США! При повышении всего на 2 °C потери поголовья скота по всему миру составят от 7 до 10 %, частота экстремальных осадков увеличится на 36 %, а ежегодные потери от наводнения при повышении уровня моря превысят 11,7 трлн долл. США. Численность насекомых в этом случае сократится на 18 %, животных — на 8 %, растений — на 16 %! При увеличении температуры уже на 3 °C более 400 млн человек подвергнутся риску потери урожая, в мире начнется необратимая массовая гибель тропических лесов, средняя продолжительности засухи составит 10 месяцев в году, и будет нанесен непоправимый урон мировой транспортной системе (в т.ч., транспортной инфраструк-

туре, промышленным транспортным предприятиям и производителям компонентов для транспортных систем), ТЭК и ЖКХ, что приведет к прогрессирующему увеличению ущерба! Наконец, при увеличении на  $3,5^{\circ}\text{C}$  начнутся постоянные проблемы [2] с глобальным распределением продовольствия, деградацией вечной мерзлоты, а смертельной жаре более 20 дней в году будут подвергаться 74 % населения! Кроме того, к 2080 г. в прибрежных городах вследствие таяния ледников уровень мирового океана повысится на 20 м, что приведет к разрушению речной и морской портовой инфраструктуры и необходимости создания транспортных систем нового поколения амфибийного типа для речных и морских экосистем [3].

В период с 2000 по 2019 гг. Бюро ООН зарегистрировало во всем мире 7348 крупных природных катастроф — почти вдвое больше, чем за предыдущее двадцатилетие с 1980 по 1999 гг. Количество природных катастроф на территории России за 40 лет (с 1980 по 2020 гг.) выросло почти в 4 раза. По данным Росгидромета, среднегодовая температура на территории РФ растет более, чем в 2,5 раза быстрее глобальной, со средней скоростью  $0,45^{\circ}\text{C}$  за 10 лет, и особенно быстро рост наблюдается в полярных областях, где скорость роста достигает  $0,8^{\circ}\text{C}$  за 10 лет (например, Таймыр). Также на территории России наблюдается ежегодный прирост объемов осадков: средняя скорость в среднем составляет порядка 2,1 % за 10 лет!

Среди множества угроз устойчивого социально-экономического развития страны следует особо отметить антропогенные, техногенные и природные угрозы [4]. Глобальное изменение климата уже является не только исключительно научной проблемой, но и задачей, требующей решения с участием отечественных и зарубежных предприятий и организаций, международных финансово-экономических институтов и транснациональных корпораций, в частности, в транспортной сфере [5].

Среди основных направлений развития научных исследований в сфере создания перспективных космоэкологических транспортных систем для обеспечения орбитального геотехнического мониторинга с защитой каналов управления методами квантовой криптографии и компьютерной стеганографии [6], прежде всего, следует отметить анализ нормативно-правовой базы, например, по ужесточению установленных нормативов выбросов, росту производства альтернативного топлива, прекращению субсидирования ископаемого топлива и создания систем орбитального космоэкологического геотехнического мониторинга с применением инновационных технологий. После разработки первой редакции Климатической политики в 1990 г. и Киотского протокола (11.12.1997) были разработаны не только план субсидирования производства экологически чистого транспорта (в т. ч., авиационного, сухопутного, наводного и подводного), но и программа комплексного развития зарядной инфраструктуры для воздушного, сухопутного, наводного и подводного транспорта. При активном участии российских и зарубежных ученых были подготовлены Стратегия снижения выбросов метана и Климатический пакт Глазго. Для достижения полной (100 %) климатической нейтральности во всех странах ЕС предлагается введение запрета на регистрацию новых автомобилей с двигателями внутреннего сгорания (ДВС), повышение уровня экологичности при производстве топлив, а также «углеродную нейтральность» переработки нефти в ЕС.

Среди основных итогов проведенной 13 ноября 2021 г. в Глазго (Великобритания) XXVI Конференции ООН по климату следует особо отметить в качестве одной из основных целей сдерживание роста глобальной температуры на уровне  $1,5^{\circ}\text{C}$  по сравнению с доиндустриальным уровнем. Приоритетными задачами провозглашены: к 2030 году — остановить исчезновение лесов и сократить выбросы метана на 30 %,

к 2040 г. — существенно снизить применением угля в энергетике, производство автотранспортных средств только с «нулевым уровнем» выбросов, и полное прекращение продаж всех видов грузового транспорта, работающего на ископаемых видах топлива. Решения XXVI Конференции ООН, в частности, означают, что производства с 2040 г. автомобилей «с ненулевым выбросом» будут приостановлены, проекты по их разработке станут невыгодными (а в ряде регионов — убыточными) и инвестиции в разработку новых транспортных средств и систем будут направлены, прежде всего, на приоритетные капиталоемкие и законодательно стимулируемые отраслевые инвестпроекты. Таким образом, к 2050 г. планируется достижение углеродной нейтральности и сохранения достигнутого экобаланса (например, в транспорте) с помощью системы экономических, технологических, промышленных и иных методов.

При исследовании проблематики российскими и зарубежными учеными был разработан ряд экономических механизмов по снижению выбросов парниковых газов в атмосферу. Например, Система торговли квотами на выбросы парниковых газов (Emission Trading System, ETS) действует по принципу «ограничения и торговля» (cap & trade): Правительство ограничивает общий объем выбросов CO<sub>2</sub>, а предприятиям и организациям необходимо получить разрешения на выбросы каждой тонны CO<sub>2</sub>, получаемой в результате их хозяйственной деятельности. Возможны различные варианты, например, получение разрешения на выбросы бесплатно или покупка их у государства и торговля (в т.ч., перепродажа) ими с другими субъектами хозяйственной деятельности. Стоимость разрешений и определяется как цена углерода. Налоговая ставка для компаний, на которых распространяется налог («налог на углерод»), обязаны платить за каждую тонну применяемого углеводородного топлива. Механизм трансграничного углеродного регулирования (Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM) предполагает, что уже через год(!), с 2023 г. импортеры товаров в ЕС должны покупать сертификат, который соответствует цене за выбросы парниковых газов, как если бы товары производились в соответствии с законодательным регулированием Евросоюза о плате за выбросы парниковых газов в атмосферу. Поскольку общий оборот мирового рынка регулирования углерода составляет 47,8 млрд долл. США, согласно экспертным оценкам, российским экспортерам применение CBAM к 2030 г. будет стоить до 22 млрд долл. США налогов! В мире уже ввели «карбоновое регулирование» 64 страны и 35 субнациональных юрисдикций, производящие 50 % мирового ВВП! Данная ситуация окажет влияние, в частности, на мировой рынок транспортных средств!

Целевые задачи в РФ по сокращению и предотвращению выбросов парниковых газов сформулированы в Указе Президента Российской Федерации от 4 ноября 2020 г. № 666 «О сокращении выбросов парниковых газов», Указе Президента Российской Федерации от 2 июля 2021 г. № 400 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации» и Распоряжении Правительства Российской Федерации от 29 октября 2021 г. № 3052р об утверждении Стратегии социально-экономического развития РФ с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г. В соответствии с перечисленными нормативно-правовыми документами (НПД), планируется не только развитие Системы государственного экологического мониторинга и контроля за соблюдением экологических нормативов и природоохраных требований хозяйствующими субъектами с повышением эффективности прогнозирования опасных природных явлений и процессов и последствий влияния изменений климата на условия хозяйствования и жизнедеятельности человека, но и обеспечение к 2030 г. сокращения выбросов парниковых газов до 70 % относительно уровня 1990 г. с учетом максимально возможной поглощающей способности лесов и иных экосистем. В НПД

еще предусмотрено формирование системы государственного регулирования выбросов парниковых газов с обеспечением реализации комплекса инновационных и инвестиционных проектов по сокращению выбросов парниковых газов и увеличению их поглощения, и создание условий для реализации мер по сокращению и предотвращению выбросов парниковых газов, а также по увеличению поглощения таких газов, включая предприятия транспортной отрасли.

В докладе рассматривается построение космических транспортных систем экологического назначения с функцией орбитального геотехнического мониторинга для минимизации рисков развития техногенных и природных катастроф с применением квантовой криптографии и стеганографии [6].

### **Литература**

- [1] Mutalimov V., Volkovitckaia G., Buymov A., Syzdykov S., Stepanova D. Entrepreneurship education: Start-up as a tool for actualizing student's professional competencies // Journal of Entrepreneurship Education. 2020. Vol. 23. Iss. I. URL: <https://www.abacademies.org/articles/entrepreneurship-education-startup-as-a-tool-for-actualizing-students-professional-competencies-8956.html> (дата обращения 12.12.2021).
- [2] Stepanova D.I., Garnov A.P., Brykin A.V., Jancikova E. Irrational behavior of youth when taking financial decisions // International Journal of Economics and Business Administration. 2019. Vol. 7. Pp. 378–387.
- [3] Yegina N.A., Zemskova E.S., Gorin V.A., Stepanova D.I. Applying consumer behavior theory integrated with supply chain strategy in the context of the digital transformation of the economy // International Journal of Supply Chain Management. 2019. Vol. 8. Iss. 3. Pp. 341–347.
- [4] Andreev O., Grebenkina S., Lipatov A., Aleksandrova A., Stepanova D. Modern information technology development trends in the global economy and the economies of developing countries // Espacios. 2019. Vol. 40. No. 42. Pp. 8–16.
- [5] Dudin M.N., Shakhov O.F., Vysotskaya N.V., Stepanova D.I. Public and private partnership: Innovation-driven growth of agriculture at the regional level // Journal of Environmental Management and Tourism. 2019. Vol. 10 (7). Pp. 1435–1444.
- [6] Раткин Л.С. Способ сокрытия компьютерной информации путем многократного вложения сообщения в частные стеганографические контейнеры. Патент № 2322693 Российской Федерации, 2008, бюл. 11. 5 с.

## **Application of Quantum Cryptography and Steganography for Management of Space Transportation Systems of Environmental Purpose with the Function of Orbital Geotechnical Monitoring for Minimization of Risks of Technogenical and Natural Hazards**

**Ratkin Leonid Sergeevich**  
Council of Veterans of RAS

Rathkeen@bk.ru

*The application of quantum cryptography and steganography for the control of space transport systems for ecological purposes is considered. Particular attention is paid to the functions of orbital geotechnical monitoring, which makes it possible to minimize the risks of developing man-made and natural disasters. The report examines the construction of space transport systems for ecological purposes with the function of orbital geotechnical monitoring to minimize the risks of developing man-made and natural disasters using quantum cryptography and steganography.*

**Keywords:** cryptography, steganography, space, ecology, geotechnical, monitoring

## References

- [1] Mutalimov V., Volkovitckaia G., Buymov A., Syzdykov S., Stepanova D. Entrepreneurship education: Start-up as a tool for actualizing student's professional competencies. Journal of Entrepreneurship Education, 2020, vol. 23, iss. I. Available at: <https://www.abacademies.org/articles/entrepreneurship-education-startup-as-a-tool-for-actualizing-students-professional-competencies-8956.html> (accessed December 12, 2021).
- [2] Stepanova D.I., Garnov A.P., Brykin A.V., Jancikova E. Irrational behavior of youth when taking financial decisions. International Journal of Economics and Business Administration, 2019, vol. 7, pp. 378–387.
- [3] Yegina N.A., Zemskova E.S., Gorin V.A., Stepanova D.I. Applying consumer behavior theory integrated with supply chain strategy in the context of the digital transformation of the economy. International Journal of Supply Chain Management, 2019, vol. 8, iss. 3, pp. 341–347.
- [4] Andreev O., Grebenkina S., Lipatov A., Aleksandrova A., Stepanova D. Modern information technology development trends in the global economy and the economies of developing countries. Espacios, 2019, vol. 40, no. 42, pp. 8–16.
- [5] Dudin M.N., Shakhov O.F., Vysotskaya N.V., Stepanova D.I. Public and private partnership: Innovation-driven growth of agriculture at the regional level. Journal of Environmental Management and Tourism, 2019, vol. 10 (7), pp. 1435–1444.
- [6] Ratkin L.S. Sposob sokrytiya komp'yuternoy informatsii putem mnogokratnogo vlozheniya soobshcheniya v chastnye steganograficheskie konteynery [Method for Concealing Computer Information by Repeatedly Including a Message in Private Steganographic Containers]. Patent RF no. 2322693, 2008, byul. 11, 5 p. (in Russ.).

УДК 62

## Современные квантовометические разработки для защиты данных о продукции предприятий космической отрасли и повышения стойкости каналов связи с применением квантовых технологий и квантовых коммуникаций на примере квантовой стеганографии

Раткин Леонид Сергеевич

Rathkeen@bk.ru

Совет ветеранов РАН

Рассмотрены современные квантовометические разработки в сфере информационной безопасности предприятий космической отрасли, применяемые для повышения стойкости каналов связи. Особое внимание уделено использованию квантовых технологий и квантовых коммуникаций на примере квантовой стеганографии. Представлены современные квантовометические разработки для защиты данных о продукции предприятий космической отрасли и повышения стойкости каналов связи с применением квантовых технологий и квантовых коммуникаций на примере квантовой стеганографии.

**Ключевые слова:** космос, квантовые технологии, квантовые коммуникации, стеганография

Современные квантовые информационные технологии относятся к междисциплинарной области, ориентированной на обработку и передачу информации с использованием принципов квантовой механики, сочетающей изучение информационных и коммуникационных технологий (ИКТ) с квантовыми эффектами в физике, что предполагает исследование теоретических основ вычислительных моделей и эксперимен-

тальных схем в квантовой физике, в том числе принципов построения и функционирования приборов и оборудования с помощью квантовой информации [1].

Если современные вычислительные технологии имеют ограничения из-за использования битов «0» и «1», где вычисления должны выполняться с битами в процессе хранения или обработки данных, то квантовая информационная технология — новая парадигма, в которой современные вычисления заменены квантовой теорией. В квантовых технологиях и квантовых коммуникациях квант означает минимальное количество информации для физической величины с применением уникальных квантовых характеристик, таких как суперпозиция, запутанность, сжатие, когерентность и т. д. Данные характеристики быстрее накапливаются и требуют иных, более производительных технологий вычислений, чем даже суперкомпьютерные. Возникает необходимость в создании репозиториев для распределенного хранения информационных объемов и построении высокоскоростных сетей и систем связи для их передачи. Квантовые технологии и квантовые коммуникации предполагают обработку не только цифровых массивов данных, состоящих из «0» и «1». В квантовой информации единица обработки данных выражается в кубитах, соответственно, набор технологий для обработки больших объемов информации также претерпевает изменения. Например, стандартная информационная технология (СИТ) поддержки жизненного цикла продукции (Continuous Acquisition and Lifecycle Support — CALS) при квантовых технологиях трансформируется в квантовую технологию QT-CALS (Quantum Technology — CALS), в которой вероятностные вычисления преобладают, репозитории обладают значительно большим информационным объемом, адресация для хранения блоков данных построена с учетом вероятности извлечения данных: например, чаще извлекаемые для пересчета данные хранятся ближе, размещаются на «коротких» (быстрее передаваемых по сетям связи) адресах. Аналогично, СИТ компьютерной поддержки программного инжиниринга (Computer Aided Software Engineering — CASE) преобразуется в квантовую технологию QT-CASE, в которой, в частности, вероятность генерации оптимального кода тем выше, чем чаще при расчетах востребован необходимый набор операций. Соответственно, изменится и СИТ объектно-ориентированного программирования, став при работе с вероятностными вычислениями гораздо более гибкой и диверсифицированной: например, СИТ онлайн-аналитики (OLAP — On-Line Analytical Processing) трансформируется в QT-OLAP, в которой будет оцениваться вероятность построения ряда многомерных QT-OLAP-кубов, а СИТ онлайн-транзакций (OLTP — On-Line Transaction Processing) получит ряд дополнительных механизмов [2], например, по оценке вероятности совершения транзакции, что приведет к появлению гибрида QT-OLTP.

Автор в течение многих лет был системным администратором на ряде оборонных предприятий космической отрасли и был участником трансформации не только отношения к новым квантовым технологиям, но и создания ряда систем, в которых отдельные блоки для вероятностных вычислений были интегрированы в подсистемы для формирования сетей и контуров управления в критических условиях. При проведении НИОКР кубит (квантовый бит) рассматривался в качестве основной единицы квантовой информации в квантовых вычислениях — квантовая версия классического двоичного бита, физически реализованная с помощью устройства с двумя состояниями. Напомним, в классической системе бит должен быть в том или ином состоянии, но квантовая механика позволяет кубиту находиться в когерентной суперпозиции обоих состояний одновременно, что является фундаментальным для квантовой механики и квантовых вычислений, предоставляя дополнительные возможности [3].

Если квантовая технология применяется к ИКТ, это обеспечит быструю вычислительную обработку; и их можно рассматривать как ИКТ нового поколения, ориентированные на преодоление ограничений существующих компьютеров, включая суперкомпьютерные системы. На смену СИТ приходят квантовые информационные технологии (КИТ), и рынок объемов производства стремительно растет: ожидается, что к 2030 году глобальный рынок квантовой передачи информации [4] достигнет примерно 65 миллиардов долларов по сравнению с 570 миллионами долларов в 2019 году, предполагая ежегодные темпы роста в 50,6 %. Обратим внимание, что озвученные Генеральной ассамблей ООН в 2015 г. Цели устойчивого развития (ЦУР) зафиксированы в резолюции «Повестка дня на период до 2030 года». Неоднократное упоминание 2030 г. не случайно — квантовые технологии QT и квантовые коммуникации (Quantum Communications — QC) рассматриваются в качестве приоритетных и ключевых компонентов развития экономики, которая при интенсивном применении QT и QC уже становится квантовой экономикой, называемой также квантомоникой!

Поскольку рынок квантовой информации и квантовых вычислений является быстрорастущим, со временем заменяя традиционный рынок вычислений суперкомпьютерных вычислений, необходимо обратить особое внимание на исследования в сфере квантовых коммуникаций и квантовых технологий, квантовых вычислениях, квантовом зондировании. Квантовые коммуникации — это набор технологий, которые поддерживают связь путем создания более безопасных сетей, чем существующие, с использованием методов анализа квантовых состояний. Текущие методы, основанные на шифровании, лежащие в основе сети, пока изучаются и дорабатываются с учетом угроз при применении противником квантовых ключей и квантовых систем шифрования. Один из подходов к решению проблемы заключается в анализе квантового распределения ключей (Quantum Key Distribution — QKD) с применением репозиторных систем, так как текущая цель — построить инфраструктуру квантовой сети связи [5].

Квантовые датчики и механизмы визуализации информации — сфера исследований, в которой квантовые явления интенсивно применяются для измерения физических величин. Технология для новых сверхточных квантовых датчиков повышает точность существующих датчиков и систем анализа изображений: например, в банковской сфере их применение упростит и ускорит проведение транзакций через банк при оплате проезда на основании анализа качества изображения плательщика (face-pay), разрабатываемой в ряде ведущих российских банков. В последнее время была проведена серия экспериментов и получены данные, позволяющие доработать систему даже для скоростной оплаты в потоке, в частности, в транспорте или в магазине при прохождении через терминал оплаты. Диапазон измерения обычного датчика оплаты ограничен, поскольку оперирует всего двумя значениями — «0» и «1». Чтобы решить эту проблему, можно проводить более подробные измерения с большей частотой и кратностью, предполагающей обучение системы распознавания лиц в разных климатических условиях с разной степенью освещенности.

Квантовые вычисления, как правило, направлены на преодоление ограничений обработки информации обычных компьютеров и суперкомпьютеров для повышения их производительности. Квантовые вычисления могут значительно сократить время, затрачиваемое на вычисления на современных суперкомпьютерных комплексах. В США квантовые ИКТ исследуют через Агентство перспективных оборонных исследовательских проектов (DARPA), Национальный научный фонд (NSF), Агентство перспективных исследовательских проектов в области разведки (IARPA) и Национальную академию наук (NAS). Для сравнения: Правительство Китая начало поддержку

исследований в области квантовой информации только в 2006 г., но всего через десятилетие, в 2017 г. в Научно-техническом университете Китая уже была построена и запущена в работу крупнейшая в мире лаборатория квантовой информации [6]!

В 2006 году в исследования в сфере QT и QC включилась Европа: был опубликован квантовый европейский проект (Quantum European Project) с перспективами развития в сфере квантовой передачи информации, устанавливающий среднесрочные и долгосрочные цели НИОКР для различных направлений QT и QC. На научной конференции ЕС по квантовым технологиям 2016 г. была объявлена совместная среднесрочная и долгосрочная стратегия в сфере исследований и разработок — Quantum Manifesto, согласно которому в ЕС будут установлены общие среднесрочные и долгосрочные цели НИОКР для квантовых технологий, разделив КИТ на четыре области: квантовые коммуникации, квантовое моделирование, квантовые датчики (и сенсоры) и квантовые вычисления.

В Великобритании в рамках проекта Национальной программы квантовых технологий по инженерным и физическим наукам (EPSRC) было инвестировано 180 миллионов долларов в строительство четырех центров квантовых технологий, соединяющих 17 крупнейших британских университетов и 132 ведущие отраслевые компании. Он направлен на разработку разнообразных QT квантовых датчиков и измерений, которые могут быть внедрены в промышленное производство ведущими английскими предприятиями, а также на поддержку расширения квантовой инфраструктуры и обучения высококвалифицированных профессионалов.

Япония начала разработку квантовых информационных коммуникационных технологий как Национальный институт информационных и коммуникационных технологий (NICT), который разработал план развития QT до 2040 г. В Канаде интенсивные исследования по QT и QC проводятся через исследовательские институты, такие как Совет по естественным наукам и инженерным исследованиям Канады (NSERC), Канадский фонд инноваций (CFI), Канадский институт перспективных исследований (CIFAR) и Канадский фонд передовых исследований (CFREF): уже инвестировано более 1 миллиарда долларов!

Крупные ИТ-компании — квантовые индустриальные гиганты создают КИТ посредством собственных исследований и разработок. Например, корпорация Intel представила Horse Ridge II, высокоинтегрированную систему на кристалле (SoC) для квантовых компьютеров, на конференции Intel Labs Day 2020. Их давний партнер IBM представила свою собственную систему квантовых вычислений и язык программирования под названием QSAM. Корпорация Microsoft давно работает с производителями квантового оборудования IonQ, Honeywell и QCI над разработкой квантовых вычислений. Даже Amazon инвестирует в компании-разработчики технологий квантовых вычислений D-Wave (вспомним про квантовый компьютер производства D-Wave Systems), IonQ и Rigetti для Amazon Web Service (AWS) в качестве своих облачных сервисов для промышленных вычислений.

Рассматривая современные квантовомеханические приложения, следует учитывать, что сфера квантовой коммуникации до сих пор сосредоточена на криптографической основе. Приоритеты сфокусированы на финансовом секторе, где стандарты шифрования обусловлены требованиями к защите данных. Квантовые коммуникации связи со временем станут новой инфраструктурой, заменяющей традиционные сети. На повестке дня — создание сетевого оборудования, поддерживающего квантовую связь. Но следует отметить, что за рубежом исследуются методы защиты данных, отличные от криптографических, например, основанные на стеганографии!

В гражданских и военных квантовомеханических приложениях квантовое зондирование исследуется для преодоления ограничений лазерных датчиков. Ожидается значительные подвижки в сфере создания нового поколения датчиков и сенсоров, что приведет к созданию новых военных и гражданских систем высокоточного измерения объектов: эту базовую технологию можно использовать в широком спектре областей, по сравнению с квантовой связью и квантовыми вычислениями. Квантовые датчики и сенсоры в банковской и энергетической сферах изменят финансовый рынок и системы жилищно-коммунального хозяйства, энергетику и транспортную отрасли.

Поскольку современные ИТ-компании стремятся изучать и развивать квантовые вычисления для преодоления ограничений скорости вычислительной обработки существующих суперкомпьютеров, QT и QC применимы при проектировании жизненного цикла гражданских и военных изделий (CALS), компьютерной поддержке программного инжиниринга (CASE), в аналитике больших данных (OLAP) и транзакциях с ними (OLTP), искусственном интеллекте. Квантовые компьютеры в будущем заменят суперкомпьютерные комплексы. Квантовых вычисления предполагает создание квантовых алгоритмов, которые со временем заменят существующие суперкомпьютерные алгоритмы или потребуют их существенной доработки, поскольку существующие алгоритмы на основе битов трудно использовать в квантовых вычислениях, в которых обрабатываются кубиты данных.

В докладе о современных КИТ рассматриваются три направления: квантовые коммуникации, квантовое зондирование и квантовые вычисления, в частности, представлено, как КИТ приводит к появлению новой парадигмы в ИКТ: в настоящее время КИТ в большинстве стран являются отраслью фундаментальных научных исследований, проводимых и финансируемых государством, и отраслью нового поколения с огромным потенциалом. Также в докладе представлены современные квантовомеханические разработки для защиты данных о продукции предприятий космической отрасли и повышения стойкости каналов связи с применением квантовых технологий и квантовых коммуникаций на примере квантовой стеганографии [7].

## Литература

- [1] Stepanova D.I., Nikolaeva T.P., Yagodkina I.A. Financing of research activities in Russia // 19th International Scientific Conference on International Relations 2018: Current issues of world economy and politics. (Smolenice, Slovakia, November 29–30 November 2018). Bratislava, Publishing Ekonom, 2018. Pp. 666–672.
- [2] Osokina I.V., Afanasiev I.V., Kurbanov S.A., Lustina T.N., Stepanova D.I. Tax regulation and attraction of investments in the waste management industry: innovations and technologies // Amazonia Investiga. 2019. Vol. 8. No. 23. Pp. 369–377.
- [3] Степанова Д.И. Смарт-контракт и технология блокчейн в развитии бизнеса и экономики // II Международная научно-практическая конференция «Проблемы и перспективы развития промышленности России», посвященная теме «Предприятия в условиях цифровой экономики: риски и перспективы»: сб. мат-лов. М.: РЭУ им. Г.В. Плеханова, 2018. С. 313–321.
- [4] Богдан Е.В., Степанова Д.И. Проблемы регулирования финансового рынка в условиях нестабильности // III Международная научно-практическая конференция «Проблемы и перспективы развития промышленности России», посвященная теме «Промышленная и экономическая безопасность: ориентиры развития»: сб. мат-лов. М.: РЭУ им. Г.В. Плеханова, 2018. С. 116–123.
- [5] Иволгина Н.В., Степанова Д.И. Финансовые санкции и рынок венчурных инвестиций // Материалы VIII Международная научно-практическая конференция «Россия в условиях экономических санкций». сб. мат-лов. М.: РЭУ им. Г.В. Плеханова, 2018. С. 178–185.

- 
- [6] Степанова Д.И., Люкшин А.М. Анализ системы финансового мониторинга на примере развитых стран // Финансовые исследования. 2018. № 4 (61). С. 144–153.
  - [7] Раткин Л.С. Способ сокрытия компьютерной информации путем многократного вложения сообщения в частные стеганографические контейнеры. Патент № 2322693 Российской Федерации, 2008, бул. 11. 5 с.

## **Modern Quantonomic Developments for Protecting Data on Products in the Space Industry and Increasing the Resistance of Communication Channels Using Quantum Technologies and Quantum Communications by the Example of Quantum Steganography**

**Ratkin Leonid Sergeevich**

Rathkeen@bk.ru

**Council of Veterans of RAS**

*The article considers modern quantum-economic developments in the field of information security of enterprises in the space industry, which are used to increase the stability of communication channels. Particular attention is paid to the use of quantum technologies and quantum communications on the example of quantum steganography. The report presents modern quantum-economic developments for protecting data on the products of enterprises in the space industry and increasing the resistance of communication channels using quantum technologies and quantum communications using the example of quantum steganography.*

**Keywords:** space, quantum technologies, quantum communications, steganography

### **References**

- [1] Stepanova D.I., Nikolaeva T.P., Yagodkina I.A. Financing of research activities in Russia. 19th International Scientific Conference on International Relations 2018: Current issues of world economy and politics. (Smolenice, Slovakia, November 29–30 November 2018). Bratislava, Publishing Ekonóm, 2018, pp. 666–672.
- [2] Osokina I.V., Afanasiev I.V., Kurbanov S.A., Lustina T.N., Stepanova D.I. Tax regulation and attraction of investments in the waste management industry: innovations and technologies. Amazonia Investigata, 2019, vol. 8, no. 23, pp. 369–377.
- [3] Stepanova D.I. Smart-kontrakt i tekhnologiya blokcheyn v razvitiu biznesa i ekonomiki [Smart contract and blockchain technology in the development of business and economy]. Proceedings of the II International Scientific-Practical Conference “Problems and Prospects of Industry Development in Russia”, dedicated to “Enterprises in the digital economy: risks and prospects”. Moscow, Plekhanov Russian University of Economics Press, 2018, pp. 313–321. (in Russ.).
- [4] Bogdan E.V., Stepanova D.I. Problemy regulirovaniya finansovogo rynka v usloviyakh nestabil'nosti [Problems of financial market regulation in conditions of instability]. Proceedings of the III International Scientific-Practical Conference “Problems and Prospects of Russia's Industry Development” devoted to “Industrial and Economic Security: Development Guidelines”. Moscow, Plekhanov Russian University of Economics Press, 2018, pp. 116–123. (in Russ.).
- [5] Ivolgina N.V., Stepanova D.I. Finansovye sanktsii i rynek venchurnykh investitsiy [Financial sanctions and the market of venture investments]. Proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference “Russia under economic sanctions”. Moscow, Plekhanov Russian Economic University Press, 2018, pp. 178–185. (in Russ.).
- [6] Stepanova D.I., Lyukshin A.M. Analiz sistemy finansovogo monitoringa na primere razvitykh stran [Analysis of the financial monitoring system on the example of developed countries]. Finansovye issledovaniya [Financial research], 2018, no. 4 (61), pp. 144–153. (in Russ.).

- [7] Ratkin L.S. Sposob sokrytiya komp'yuternoj informatsii putem mnogokratnogo vlozheniya soobshcheniya v chastnye steganograficheskie konteynery [Method for Concealing Computer Information by Repeatedly Including a Message in Private Steganographic Containers]. Patent RF no. 2322693, 2008, byul. 11, 5 p. (in Russ.).

УДК 658.5

## Подходы к формированию производственного заказа и запуску изделий в условиях многономенклатурного мелкосерийного производства

Руслева Татьяна Владимировна rulevatv@mail.ru

Филиал АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева» — КБ «Арматура»

Фаткин Анатолий Алексеевич fatkin.tolya@bk.ru

Филиал АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева» — КБ «Арматура»

Рассмотрены актуальные для машиностроительных предприятий с многономенклатурным мелкосерийным типом производства вопросы формирования и оперативного ведения электронного производственного состава заказа с возможностью последующего мониторинга выполнения работ по данному производственному заказу. Представленный подход к автоматизации процесса запуска заказа в производство реализован в филиале АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева» — КБ «Арматура» и позволяет не только ускорить работы на данном этапе, но и заложить базовую информацию в основание системы планирования и управления производством в полном объеме, требуемом для эффективного мониторинга и принятия управленийских решений в ходе производственного процесса.

**Ключевые слова:** производственный состав заказа, запуск заказа в производство, ведомость материалов заказа, управление производством, управление промышленным производством

В условиях многономенклатурного мелкосерийного производства задача запуска изделия в производство является особенно актуальной. Многолетний производственный опыт работы позволяет сформулировать следующие основные требования к данному процессу:

- оперативность выполнения работ на данном этапе;
- возможность формирования уточненной потребности в материальных ресурсах;
- запараллеливание работ по процессам подготовки производства и изготовления;
- создание базы для возможности последующего мониторинга производственного процесса;
- возможность в дальнейшем позаказного учета затрат;
- возможность изготовления одинаковых по обозначению или функционалу детали-сборочных единиц (ДСЕ) одной партией;
- возможность формирования оперативных планов для структурных подразделений, участвующих в изготовлении заказа, в том числе плана по изготовлению тары и конструкторско-технологической документации.

На данном этапе закладываются основные механизмы эффективной организации производственных процессов. В связи с этим хотелось бы поделиться опытом внедрения автоматизированного процесса запуска заказа в производство на нашем пред-

приятии. Рассматриваемое предприятие представляет собой конструкторское бюро с опытным заводом. Имеющееся оборудование обеспечивает все основные этапы изготовления продукции от заготовительного до испытательного. Продукция изготавливается как по конструкторской документации собственной разработки, так и сторонних организаций. Характер учета позаказный. Производство имеет единичный и мелкосерийный характер. Объем отдельных заказов может быть сопоставим с годовой мощностью предприятия.

Процесс запуска заказа в производство на предприятии можно представить в виде следующих укрупненных этапов.

1. Формирование конструкторско-технологического состава заказа. На данном этапе формируется основообразующая информация: вводится конструкторский состав запускаемого в производство изделия и заводится технологическая информация, такая как материал и материальные нормативы, дополнительные технологические требования и образцы-валидаторы, маршрут изготовления. Для повышения оперативности ввода данных используются актуальные справочники материалов и ДСЕ.

2. Определение размера партии запуска товарных изделий и изделий для проведения испытаний в составе запускаемого в производство заказа. Для сокращения затрат на данном этапе проводится анализ задела товарных партий аналогичных изделий для других заказчиков, запущенных в производство в предыдущих периодах и принимается решение о целесообразности объединения запускаемой партии изделий с каким-либо из предыдущих заказов, формируя тем самым новую товарную партию. Что касается партии изготовления каждой ДСЕ в составе изделия, то на данном этапе анализируются требования к изготовлению ДСЕ одной партией, как на этапе производства заготовок, так и на последующих этапах производственного процесса.

3. Формирование производственного состава заказа с учетом установленной партии, формирование документа (одного или нескольких) на запуск. В соответствии с установленной партией ДСЕ определяется количество и размеры групповых заготовок, количество материалов, количество и размеры дополнительных образцов-валидаторов. В качестве идентификатора производственного заказа на предприятии используется номер ведомости материалов заказа (ВМЗ) [1, 2]. На каждый производственный заказ выпускается одна или несколько ВМЗ. Количество ВМЗ определяется многими факторами, среди них: необходимость локальной загрузки производственных участков, сложность конструкции, необходимость закупки крепежа, строгого планирования изготовления отдельных корпусных деталей в заказе, объединения партий, прогноза по потребности в материалах для закупки. Во всех случаях формируется группа связанных между собой ВМЗ, среди которых выделены ВМЗ с номенклатурой ДСЕ, требующих отдельного мониторинга.

4. Заведение информации о партии поставки изделий заказчикам в соответствии с договорами, запущенных в производство одной партией. Для реализации позаказного учета затрат все затраты, производимые на этапе выписки материалов со склада, а также в процессе изготовления делятся в соответствии с установленными пропорциями и разносятся на указанные в ВМЗ счета-заказы.

5. Привязка к производственному составу заказа информации по требуемой транспортировочной таре и конструкторско-технологической документации. Наряду с материальными нормативами на этапе запуска заказа в производство при формировании производственного состава заказа закладывается потребность в таре, конструкторско-технологической документации и средствах технологического оснащения в привязке к номенклатурным позициям ВМЗ. Потребность в вышеуказанных ресурсах на партию

запускаемых в производство заказов является основанием для формирования номенклатурных планов подразделениям, участвующим в процессе обеспечения данными ресурсами производственного процесса. Срок запуска номенклатурной позиции состава заказа определяет плановый срок требуемых ресурсов.

6/ Формирование и пересылка в отдел снабжения позиционной потребности в материальных ресурсах. Детально процесс обеспечения материальными ресурсами запущенных в производство заказов рассмотрен в [3, 4].

Представленный подход к автоматизации процесса запуска заказа в производство реализован в филиале АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева» — КБ «Арматура» и позволяет не только ускорить работы на данном этапе, но и заложить базовую информацию в основание системы планирования и управления производством в полном объеме, требуемом для эффективного мониторинга и принятия управлений решений в ходе производственного процесса.

## **Литература**

- [1] Милаев В.А., Фаткин А.А., Рулева Т.В. Автоматизация управления в условиях многономенклатурного мелкосерийного производства // Автоматизация и современные технологии. 2002. № 9. С. 36–40.
- [2] Фаткин А.А. Совершенствование системы оперативно-производственного планирования в условиях многономенклатурного единичного и мелкосерийного производства: дисс. ... канд. техн. наук. Владимир, 2004. 184 с.
- [3] Балясов Ю.А. Организация работ по обеспечению механосборочного цеха материальными ресурсами при позаказной системе планирования // XL Академические чтения по космонавтике, посвященные памяти академика С.П. Королёва и других выдающихся отечественных ученых — пионеров освоения космического пространства: сб. тезисов. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. С. 209–210.
- [4] Балясов Ю.А. Оперативно-производственное управление в условиях многономенклатурного единичного и мелкосерийного производства // Вестник МАИ. 2017. Т. 24. №. 3. С. 222–227.

## **Approaches to the Formation of a Production Order and the Launch of Products in the Conditions of Diverse Small-Scale Production**

**Ruleva Tatyana Vladimirovna**

rulevatv@mail.ru

*Branch of the Khrunichev Space Center (part of the ROSCOSMOS State Corporation) — Armatura Design Bureau*

**Fatkin Anatoliy Alekseevich**

fatkin.tolya@bk.ru

*Branch of the Khrunichev Space Center (part of the ROSCOSMOS State Corporation) — Armatura Design Bureau*

*The report discusses the issues relevant for engineering plants with a diverse small-scale type of production, concerning the formation and efficient management of the electronic production composition of the order with the possibility of subsequent monitoring of the performance of work on this production order. The presented approach to automating the process of launching an order into production is implemented in the Branch of the Khrunichev Space Center (part of the ROSCOSMOS State Corporation) — Armatura Design Bureau, and allows not only to speed up work at this stage, but also to lay the basic information in the basis of the production planning and management system in the full volume required for effective monitoring and making managerial decisions during the production process.*

**Keywords:** production management, production composition of the order, launch of the order into production, list of materials of the order

## References

- [1] Milaev V.A., Fatkin A.A., Ruleva T.V. Avtomatizatsiya upravleniya v usloviyakh mnogonomenklaturnogo melkoserijnogo proizvodstva [Automation of control in the conditions of multi-product small-scale production]. Avtomatizatsiya i sovremennoye tekhnologii [Automation and modern technologies], 2002, no. 9, pp. 36–40. (in Russ.).
- [2] Fatkin A.A. Sovershenstvovanie sistemy operativno-proizvodstvennogo planirovaniya v usloviyakh mnogonomenklaturnogo edinichnogo i melkoserijnogo proizvodstva: diss. ... kand. tekhn. nauk. [Improvement of the system of operational and production planning in the conditions of multi-item single and small-scale production: diss. ... Cand. tech. sciences]. Vladimir, 2004, 184 p. (in Russ.).
- [3] Balyasov Yu.A. Organizatsiya rabot po obespecheniyu mekhansborochchnogo tsekha material'nyimi resursami pri pozakaznoy sisteme planirovaniya [Organization of work for providing the mechanical assembly shop with material resources under the order-based planning system conditions]. Proceedings of the XL Academic readings on cosmonautics dedicated to the memory of Academician S.P. Korolev and other outstanding domestic scientists — pioneers of space exploration. Moscow, BMSTU Publ., 2016, pp. 209–210. (in Russ.).
- [4] Balyasov Yu.A. Operativno-proizvodstvennoe upravlenie v usloviyah mnogonomenklaturnogo edinichnogo i melkoserijnogo proizvodstva [Operational production management in the conditions of multi-item single and small-scale production]. Vestnik MAI, 2017, vol. 24, No. 3, pp. 222–227. (in Russ.).

УДК 621.9.047

## Использование механических методов обработки для получения турбулизаторов в камерах сгорания

**Рязанцев Александр Юрьевич**

ryazantsev86@rambler.ru

АО «Конструкторское бюро химавтоматики»,

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»

**Евченко Ирина Владимировна**

irinaevchenko@icloud.com

АО «Конструкторское бюро химавтоматики»,

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»

Представлены возможности применения механической обработки при изготовлении деталей жидкостных ракетных двигателей. Показаны перспективные способы получения искусственной шероховатости на поверхностях жидкостных ракетных двигателей. Рассмотрены преимущества и недостатки существующих технологий применяемых в машиностроении для обработки поверхностей изделий, входящих в состав камеры сгорания жидкостных ракетных двигателей.

**Ключевые слова:** искусственная шероховатость двигатель, двигатель, технология, машиностроение

В современном машиностроении требования к качеству изготовления деталей и сборочных единиц постоянно ужесточаются. Одной из главных задач в развитии технологий является поиск эффективных методов обработки, обеспечивающих высокую

точность и качество продукции. Актуальной из проблем при изготовлении жидкостных ракетных двигателей является получение искусственной шероховатости на оболочках камер сгорания жидкостных ракетных двигателей в соответствии с требованиями нормативной документации. Искусственная шероховатость приводит к турбулизации всего потока охладителя или значительной его части, что может существенно интенсифицировать теплообмен. В случае неоднородности искусственной шероховатости (выступы будут иметь различные формы, размеры и расположение) невозможно обеспечить равномерное охлаждение камеры сгорания. Поэтому представляет интерес разработка производительных способов обработки теплонагруженных поверхностей оболочки камеры сгорания. При этом должно обеспечиваться требуемое качество поверхности оболочки, для работоспособности изделия в условиях высоких тепловых потоков [1].

В машиностроении известен способ получения искусственной шероховатости с использованием импульсного волоконного лазера. Обработку выполняют в два этапа. Первоначально на прецизионном лазерном комплексе формируют шероховатость на поверхности детали, затем на чистовом режиме выполняют окончательную обработку электрохимическим способом [2].

Известным способом для формирования регулируемых шероховатых поверхностей является способ с использованием электроэрозионной обработки и применением в качестве инструмента электрода [3]. На первом этапе, на грубом режиме электроимпульсным методом на рабочей части электрода-инструмента наносят неровности в виде соприкасающихся углублений, после чего на чистовом режиме электроискровой обработкой электродом-инструментом формируют шероховатость на обрабатываемом участке. Недостатками способа являются относительно большой износ электрода-инструмента (например, величина износа латунных электродов составляет 25...30 % объема металла, снятого с детали), что значительно удорожает этот вид обработки и затрудняет получение необходимой точности, требует больших энергетических затрат, при этом производительность способа сравнительно низка.

В АО КБХА разработан, запатентован и внедрен в производство способ, который используют при нанесении искусственной шероховатости на поверхности деталей [4], например, на прямых участках оболочки камеры сгорания. Техническим результатом, на достижение которого направлено изобретение, является получение искусственной шероховатости производительным способом на металлообрабатывающем оборудовании с использованием в качестве инструмента ролика, без снижения качества поверхностного слоя изделия, с необходимыми технологическими параметрами.

С целью подтверждения работоспособности технологии в каналах охлаждения оболочки камеры сгорания из сплава БрХЦрТВ выполнялись локальные участки в донной части канала для дополнительного охлаждения. По требованиям технической документации высота выступов  $0,5 \pm 0,1$  мм, ширина  $0,9 \pm 0,1$  мм. Для этих целей ранее применялись электроэрозионный, электрохимический, комбинированный методы обработки. Использование указанных методов весьма трудоемко и требует существенных затрат на приобретение специализированного оборудования и технологическую подготовку перед началом выполнения работ.

Экспериментальные работы показали, что на пятикоординатном фрезерном станке с числовым программным управлением типа ГФ 2171, на рабочей части детали в канале охлаждения формируются участки с высотой неровностей 0,47 мм и шириной 0,91 мм в течение 10 минут. В качестве инструмента использовался ролик, закреп-

ленный в специальной оправке. Для крепления заготовки использовались специальные средства технологического оснащения. Измерение профиля участков показало соответствие требованиям технической документации.

Таким образом, представленное изобретение позволило получить искусственную шероховатость производительным способом на металлообрабатывающем оборудовании с использованием в качестве инструмента ролика, без снижения качества поверхностного слоя изделия, с необходимыми технологическими параметрами [4].

## Литература

- [1] Ryazantsev A.Yu., Yukhnevich S.S. Use of combined methods of treatment to obtain artificial roughness on the parts surfaces // MATEC Web of Conferences: International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment (ICMTMTE 2018), Vol. 224, 01058 (2018), DOI: 10.1051/matecconf/201822401058
- [2] Авторское свидетельство № 2464137. Российская Федерация, МПКВ23Н. Способ получения локального участка охлаждения теплонагруженной детали / В.П. Смоленцев и др. Опубл. 20.10.2012, бюл. № 29.
- [3] Ryazantsev A.Yu., Yukhnevich S.S., Shirokozhukhova A.A. Innovative Methods For Obtaining Artificial Roughness On The Surfaces Of Heat-Loaded Parts Of The Liquid Rocket Engines Combustion Chamber // AIP Conference Proceedings 2318. 2021. Art. no. 030004. DOI: 10.1063/5.0035987
- [4] Патент 2749414 Российская Федерация, МПК B23C 1/00. Способ получения искусственной шероховатости на поверхности детали механическим методом обработки / А.Ю. Рязанцев, С.С. Юхневич, Н.Н. Короткова, М.А. Гусева. № 2020136276. Заявл. 03.11.2020, опубл. 09.06.2021, бюл. № 16.

## Use of Mechanical Processing Methods for Obtaining Turbulators in Combustion Chambers

Ryazantsev Aleksandr Yurievich

ryazantsev86@rambler.ru

JSC "Design Bureau of Khimavtomatiki", Voronezh State Technical University

Evchenko Irina Vladimirovna

irinaevchenko@icloud.com

JSC "Design Bureau of Khimavtomatiki", Voronezh State Technical University

*The article presents the possibilities of using mechanical processing in the manufacture of parts for liquid-propellant rocket engines. Shown are promising methods for obtaining artificial roughness on the surfaces of liquid-propellant rocket engines. The advantages and disadvantages of existing technologies used in mechanical engineering for surface treatment of products included in the combustion chamber of liquid-propellant rocket engines are considered*

**Keywords:** artificial roughness, engine, technology, mechanical engineering

## References

- [1] Ryazantsev A.Yu., Yukhnevich S.S. Use of combined methods of treatment to obtain artificial roughness on the parts surfaces. MATEC Web of Conferences: International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment (ICMTMTE 2018), 2018, vol. 224, art. no. 01058. DOI: 10.1051/matecconf/201822401058
- [2] Avtorskoe svidetel'stvo no. 2464137. Rossijskaya Federaciya, MPKB23N Sposob polucheniya lokal'nogo uchastka okhlazhdenniya teplonagruzheannoj detali [A method for obtaining a local cooling area of a heat-loaded part]. V.P. Smolenczev i dr. Opublikovan 20.10.2012 byul. no. 29.

- [3] Ryazantsev A.Yu., Yukhnevich S.S., Shirokozhukhova A.A. Innovative Methods For Obtaining Artificial Roughness On The Surfaces Of Heat-Loaded Parts Of The Liquid Rocket Engines Combustion Chamber. AIP Conference Proceedings 2318, 2021, art. no. 030004. DOI: 10.1063/5.0035987
- [4] Patent 2749414, Russian Federation, MPK V23C 1/00. A method of obtaining artificial roughness on the surface of a part by mechanical processing [A method for obtaining artificial roughness on the surface of a part by mechanical processing]. A.Yu. Ryazantsev, S.S. Yukhnevich, N.N. Korotkova, M.A. Guseva, № 2020136276, announced 03.11.2020, published 09.06.2021, bulletin. 16.

УДК 538.9

## Экспериментальные исследования теплофизических свойств тугоплавких карбидов и углерода при высоких температурах в интересах ракетно-космических технологий

Савватимский Александр Иванович

savvatimskiy.alexander@gmail.com

ОИВТ РАН; ФИАН

Онуфриев Сергей Васильевич

s-onufriev@yandex.ru

ОИВТ РАН

Представлены результаты экспериментальных исследований физических свойств тугоплавких карбидов на основе металлов (цирконий, гафний, тантал), а также свойств углерода при температурах 2000...7000 К. Показано, что методика импульсного нагрева током имеет значительные преимущества в сравнении с другими методами исследования (стационарными или импульсными с лазерным нагревом). Проведены измерения введенной энергии (энталпия), теплоемкости, теплоты плавления, электросопротивления. Температуру измеряли быстродействующим яркостным пирометром с калибровкой по температурной лампе. При этом либо использовали литературные данные по излучательной способности плоской поверхности, либо измерения выполняли на клиновидной модели черного тела, изготовленной из самих образцов. Полученные результаты могут быть использованы при разработке тепловой защиты летательных аппаратов и ракет.

**Ключевые слова:** тугоплавкие карбиды, углерод, твердое и жидкое состояние, измерение температуры, импульсный нагрев, теплоемкость, энталпия, электросопротивление

### Введение

Известно, что свойства тугоплавких карбидов позволяют считать их перспективными материалами для разработки высокотемпературных устройств, включая ракетные двигатели, гиперзвуковые летательные аппараты, элементы теплозащиты, высокотемпературные ядерные реакторы. Однако стационарные исследования ограничены температурами порядка 3000...3500 К. Свойства жидкой фазы тугоплавких карбидов до последнего времени оставались неисследованными. Быстрый нагрев током позволяет значительно повысить температуру исследования и получить достоверные физические свойства при температурах 5000 К и выше. Это позволило исследовать твердую фазу, плавление, а также жидкую фазу карбидов в едином акте быстрого нагрева.

Рассмотрены результаты экспериментального исследования физических свойств: введенная энергия (энталпия), теплоемкость, теплота плавления, электросопротивление — в зависимости от измеряемой температуры для карбидов ( $ZrC+C$ ) [1],  $ZrC$  [2], ( $TaC+HfC$ ) [3],  $HfC$  [4] и углерода [5–7] при температурах 2000...7000 К.

## Методика эксперимента

Методика исследования представлена в [1–7]. Нагрев импульсом электрического тока длительностью 5...10 мкс соответствует скорости нагрева  $\sim 10^9$  К/с. Эти скорости нагрева выглядят экзотически большими. Однако известно, что время электрон-ионной релаксации в твердом теле составляет несколько пикосекунд ( $10^{-12}$  с). Таким образом, в ходе микросекундного ( $5 \times 10^{-6}$  с) нагрева электронная и ионная подсистемы находятся в равновесии друг с другом, что дает основания для применения к описанию состояния образца (тонкие пластины) понятия локального термодинамического равновесия. Введенная энергия (энтальпия) рассчитывалась по току через образец и напряжению на образце, измеренным с помощью цифровой осциллографии.

Малая продолжительность процесса нагрева позволяет сохранить стехиометрию состава карбида при нагреве и пренебречь взаимодействием образца с окружающей средой.

В то же время быстрый нагрев током имеет особенность — для всех исследованных веществ наблюдается резкое увеличение удельной теплоемкости твердой фазы перед самым моментом плавления. Такой же эффект наблюдался ранее при исследовании при быстром нагреве током свойств металлов и графита, т. е. этот эффект имеет общую природу при быстром нагреве веществ. Указанный эффект может быть связан с формированием парных дефектов Френкеля (междоузельный атом плюс вакансия) в условиях короткого времени нагрева. При быстром нагреве потеря дальнего порядка и плавление происходят в результате образования дефектов Френкеля.

Образцы карбидов представляли собой тонкие пластины (100...200 мкм), вырезанные из спеченных блоков, или тонкие слои (1...10 мкм), нанесенные на стеклянные подложки. В первом случае пластинка карбида помещалась между двумя стеклянными пластинами. Во втором случае — напыленный на стекло слой накрывался сверху второй стеклянной пластиной.

## Методика измерения температуры и тепловых свойств

Температуру измеряли оптическим методом с помощью высокоскоростного пиrometera на базе фотоприемников типа PDA-10A (Thorlabs) на длине волны 856 нм. На полученных термограммах фиксировались температуры солидуса и ликвидуса для карбидов. Использовались литературные данные по нормальной спектральной излучательной способности исследуемых веществ. Калибровка температурных измерений производилась по температурной лампе при  $T \sim 2500$  К. Далее температуру рассчитывали по формуле Планка с учетом величины излучательной способности  $e_n$  плоской поверхности на длине волны 856 нм.

При отсутствии таких данных создавалась клиновидная модель черного тела (МЧТ), состоящая из двух стеклянных пластин покрытых тонким слоем исследуемого карбида [1]. Эти пластины складывались под определенным углом, образуя клиновидную модель черного тела. Такая модель выдерживает быстрый нагрев и продолжает существовать, не меняя своей формы в жидкой фазе, в течение времени (нескольких мкс), достаточном для измерения температуры. Эффективная излучательная способность такой модели при зеркальном отражении ее стенок составляет 0,95...0,99. Клиновидная модель черного тела успешно использовалась для измерения истинной температуры в экспериментальных исследованиях металлов Zr, Hf и углерода.

При измерении температуры образцов прикрытых стеклом учитывалось поглощение верхнего покровного стекла. Для всех образцов (в том числе и для модели

черного тела) учитывали поглощение защитного стекла, расположенного перед объективом пиromетра.

Методика измерения теплоемкости при импульсном нагреве током подробно изложена в ссылках к работам [1–7].

Для всех исследованных карбидов получены энталпии начала и окончания плавления, их разность дает теплоту фазового перехода при плавлении. Измерены температуры солидуса и ликвидуса. Проведено сопоставление с расчетными фазовыми диаграммами. Согласование вполне приемлемое, однако замечено, что максимальные температуры фазовых диаграмм иногда несколько ниже измеренных (например, для карбида циркония на 150 К, что подтверждается не только нами, но и экспериментом при лазерном импульсном нагреве).

Температура плавления смешанного карбида на основе tantalа и гафния (4300 К) несколько выше, чем для карбида гафния (4200 К). Обращает на себя внимание высокая энталпия жидкой фазы карбида циркония с добавкой углерода -5,55 кДж/г при температуре ликвидуса 3640 К, а также высокая теплота плавления (3,2 кДж/г). В ссылках к [1] отмечено, что наличие свободного углерода в этой системе улучшает термостойкость и повышает эрозионную стойкость карбида циркония при его использовании в соплах твердотопливных ракет.

## Исследование углерода

Нами впервые было измерено относительное расширение графита исходной плотностью 2,1…2,2 г/см<sup>3</sup>, нагреваемого током в стеклянном капилляре за несколько мкс [7]. Момент заполнения капилляра углеродом регистрировался по четкому изменению электросопротивления с вводом энергии (крутая зависимость резко изменилась на более плавную). Эти результаты относятся к малым внешним давлениям (порядка 200 бар).

В 2003 г. [7] было рассчитано изменение объема графита при плавлении на основе экспериментальных данных и уравнения Клапейрона —Клаузиуса. Было получено отношение объемов жидкой и твердой фаз  $V_{\text{ж}}/V_{\text{тв}} \gg 1,7$ . Как оказалось, графит расширяется значительно, расширение составляет  $\sim 70\%$ , только за время плавления (при малых давлениях 200…500 бар).

Значительное расширение графита при малых внешних давлениях было подтверждено также в условиях лазерного нагрева (смотри описание и ссылки в [7, рис. 10, а].

Электросопротивление графита HAPG (Highly annealing pyrolytic graphite) плотностью 2,26 г/см<sup>3</sup>, отнесенное к исходным размерам, при плавлении ( $T = 4900$  К) изменяется от 450 до 630  $\mu\Omega\cdot\text{см}$ . Температура фиксировалась с чистой поверхности графита, через слой кварцевого стекла. Заметим, что в случае расплавления тонкого слоя пластины оптическое пропускание кварцевого стекла не изменяется (в этом его положительное отличие от сапфира  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Следует обратить внимание на четкую фиксацию окончания плавления графита при регистрации электросопротивления, даже более четкую, чем при регистрация оптическим пиromетром. С дальнейшим ростом температуры электросопротивление слабо растет, достигая 900  $\mu\Omega\cdot\text{см}$  при 8000 К. Поскольку вплоть до 8000 К, на кривой электросопротивления нет никаких особенностей, можно предположить, что точка кипения жидкого углерода находится выше 8000 К. Еще одна возможность объяснить отсутствие отметок кипения, это повышенное давление в ячейке, возникающее на поздних стадиях импульсного нагрева (давление в этих опытах не

измерялось). Но оно не было столь высоким, как при импульсном нагреве в толстостенных сапфировых капиллярах (измерение  $C_V$  для жидкого углерода).

Таким образом, при плавлении графита током наблюдается незначительное изменение электросопротивления. Во всяком случае жидкий углерод достаточно хорошо проводящий материал. Поэтому утверждение, приводимое в некоторых работах, о том, что при плавлении графита происходит переход металл — неметалл является недостаточно обоснованным.

Методики измерений при импульсном нагреве током, особенно с малыми длительностями импульсов порядка долей микросекунд требуют тщательного обоснования. В противном случае возможно получение ошибочных результатов, пример одного из которых рассмотрен в [7].

Для жидкого углерода при температурах 5000...7000 К дополнительно была измерена теплоемкость  $C_V$  ( $\sim 2 \text{ Дж}/(\text{г}\cdot\text{К})$ ), которая оказалась вдвое меньшей, чем  $C_p$  ( $\sim 4 \text{ Дж}/(\text{г}\cdot\text{К})$ ), измеренная ранее. Измерения  $C_V$  [7] удалось выполнить при быстром нагреве пластинки анизотропного графита, зажатой между двух толстостенных пластин стекла ТФ-5 (тяжелый флинт). Полученный экспериментальный результат полезен для тепловых расчетов в условиях повышенного давления.

Можем отметить, что использование слоев графита эффективно, поскольку обладая высокой энергией сублимации ( $\sim 60 \text{ кДж}/\text{моль}$ ), удаляемый при низких внешних давлениях углерод способствует охлаждению поверхности.

## Заключение

Установлено, что удельная теплоемкость карбидов в твердом состоянии (в широком диапазоне температур) может быть несколько выше данных, полученных в стационарных экспериментах. При быстром нагреве начальные дефекты решетки и примеси остаются в неотожженном образце до тех пор, пока не будет достигнуто жидкое состояние. Это приводит к несколько более высокой удельной теплоемкости твердого образца вдали от плавления. Дополнительная энергия, связанная с увеличением удельной теплоемкости непосредственно перед плавлением (в связи с появлением дефектов Френкеля), находится в пределах погрешности измерений энталпии: от 5 до 7 %.

Отметим, что быстрый токовый нагрев квазимонокристаллического анизотропного графита чистотой 99,99, т. е. с небольшим количеством примесей и дефектов, дает удельную теплоемкость твердой фазы, которая совпадает с удельной теплоемкостью при стационарном нагреве [7], кроме области крутого роста  $C_p$  перед самым плавлением.

Можно ожидать, что предварительный отжиг карбидных образцов перед экспериментами с быстрым нагревом приведет к уменьшению различия в значениях теплоемкости твердой фазы, полученных методами быстрого и стационарного нагревов. В то же время теплоемкость жидких металлов, карбидов и углерода в диапазоне 4000...8000 К может быть исследована только с применением быстрого нагрева импульсом электрического тока.

Сделаны выводы о том, что результаты по исследованным карбидам и графиту при температурах 2000...8000 К можно использовать для разработки тепловой защиты.

В 2021 г. были начаты исследования (совместно с МИСИС) физических свойств высокоэнтропийных смешанных карбидов и смешанных сплавов при высоких температурах. Такие сплавы, например, содержат значительное количество элементов (до 5 и более), как правило, в равныхолях и являются новым классом перспективных ма-

териалов для создания тепловой защиты. Как отмечено в публикациях, высокоэнтропийные сплавы обладают:

- высокой термодинамической стабильностью существования твердого раствора;
- высокой прочностью, жаропрочностью, жаростойкостью и коррозионной стойкостью.

*Российский научный фонд РНФ (грант № 19-79-30086),  
руководитель академик Г.А. Месяц*

## Литература

- [1] Kondratyev A., Muboyajan S., Onufriev S., Savvatimskiy A. The application of the fast pulse heating method for investigation of carbon-rich side of Zr–C phase diagram under high temperatures // Journal of Alloys and Compounds. 2015. Vol. 631. Pp. 52–59. DOI: 10.1016/j.jallcom.2014.11.216
- [2] Savvatimskiy A., Onufriev S., Muboyadzhyan S. Measurement of ZrC properties up to 5000 K by fast electrical pulse heating method // Journal of Materials Research. 2017. Vol. 32. No 7. Pp. 1287–1294. DOI: 10.1557/jmr.2017.61
- [3] Savvatimskiy A., Onufriev S., Muboyadzhyan S. Thermophysical properties of the most refractory carbide Ta<sub>0.8</sub>Hf<sub>0.2</sub>C under high temperatures (2000–5000 K) // Journal of the European Ceramic Society. 2019. Vol. 39. Pp. 907–914. DOI: 10.1016/j.jeurceramsoc.2018.11.030
- [4] Savvatimskiy A.I., Onufriev S.V., Valyano G.E., and Muboyadzhyan S.A. Thermophysical properties for hafnium carbide (HfC) versus temperature from 2000 to 5000 K (experiment) // Journal of Materials Science. 2020. Vol. 55. Pp.13559–13568. DOI: 10.1007/s10853-020-04959-y
- [5] Savvatimskiy A.I. Carbon at High Temperatures. Heidelberg: Springer, 2015. Vol. 134. Series of Materials Science. 246 p. DOI: 10.1007/978-3-319-21350-7
- [6] Savvatimskiy A., Onufriev S., Kondratyev A. Capabilities of pulse current heating to study the properties of graphite at elevated pressures and at high temperatures (up to 5000 K) // Carbon. 2016. Vol. 98. Pp. 534–536. DOI: 10.1016/j.carbon.2015.11.044
- [7] Савватимский А.И., Онуфриев С.В. Исследование физических свойств углерода при высоких температурах (по материалам экспериментальных работ) // Успехи физических наук. 2020. Т. 190. № 10. С. 1085–1108. DOI: 10.3367/UFNr.2019.10.038665

## Experimental Studies of Thermophysical Properties for Refractory Carbides and Carbon at High Temperatures in the Interests of Rocket and Space Technologies

**Savvatimskiy Alexander Ivanovich**

savvatimskiy.alexander@gmail.com

JIHT RAS; LPI

**Onufriev Sergey Vasil'evich**

s-onufriev@yandex.ru

JIHT RAS

*The results of experimental studies of the physical properties of metal-based carbides (zirconium, hafnium, tantalum), as well as the properties of carbon at high temperatures are presented. It is shown that the pulsed current heating technique has significant advantages in comparison with other research methods (stationary or pulsed with laser heating). The input energy (enthalpy), specific heat, heat of fusion, electrical resistance were measured. The temperature was measured with a high-speed brightness pyrometer calibrated against a temperature lamp. In this case, either the literature data on the emissivity of a flat surface were used, or measurements were performed on a wedge-shaped model of a black body made from the samples themselves. The results obtained can be used in the development of thermal protection for aircraft and missiles.*

**Keywords:** refractory carbides, carbon, solid and liquid state, temperature measurement, pulse heating, specific heat, enthalpy, electrical resistance

Russian Scientific Fund (RSF) grant No. 19-79-30086

## References

- [1] Kondratyev A., Muboyajan S., Onufriev S., Savvatimskiy A. The application of the fast pulse heating method for investigation of carbon-rich side of Zr–C phase diagram under high temperatures. Journal of Alloys and Compounds, 2015, vol. 631, pp. 52–59. DOI: 10.1016/j.jallcom.2014.11.216
- [2] Savvatimskiy A., Onufriev S., Muboyadzhyan S. Measurement of ZrC properties up to 5000 K by fast electrical pulse heating method. Journal of Materials Research, 2017, vol. 32, no 7, pp. 1287–1294. DOI: 10.1557/jmr.2017.61
- [3] Savvatimskiy A., Onufriev S., Muboyadzhyan S. Thermophysical properties of the most refractory carbide Ta0.8Hf0.2C under high temperatures (2000–5000 K). Journal of the European Ceramic Society, 2019, vol. 39, pp. 907–914. DOI: 10.1016/j.jeurceramsoc.2018.11.030
- [4] Savvatimskiy A.I., Onufriev S.V., Valyano G.E., and Muboyadzhyan S.A. Thermophysical properties for hafnium carbide (HfC) versus temperature from 2000 to 5000 K (experiment). Journal of Materials Science, 2020, vol. 55, pp.13559–13568. DOI: 10.1007/s10853-020-04959-y
- [5] Savvatimskiy A.I. Carbon at High Temperatures. Heidelberg, Springer, 2015, vol. 134, series of Materials Science, 246 p. DOI: 10.1007/978-3-319-21350-7
- [6] Savvatimskiy A., Onufriev S., Kondratyev A. Capabilities of pulse current heating to study the properties of graphite at elevated pressures and at high temperatures (up to 5000 K). Carbon, 2016, vol. 98, pp. 534–536. DOI: 10.1016/j.carbon.2015.11.044
- [7] Savvatimskiy A.I., Onufriev S.V. Issledovanie fizicheskikh svoystv ugleroda pri vysokikh temperaturakh (po materialam eksperimentalnykh rabot) [Investigation of the physical properties of carbon at high temperatures (based on experimental work)]. Physics-Uspukihi [Advances in Physical Sciences], 2020, vol. 63, no. 10, pp. 1015–1036. DOI: 10.3367/UFNe.2019.10.038665

УДК 621.375.826

## Наплавка сплава Inconel 625 на медную подложку сопла жидкостного ракетного двигателя методом коаксиального лазерного плавления

Сафиуллин Салават Ратмирович

dominik00@list.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Арбузов Данил Андреевич

arbuzovda@student.bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Ташулатов Джасур Бахадырович

dzhasur\_t@mail.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Рассмотрены особенности наплавки хромоникелевой стали на медную подложку методом коаксиального лазерного плавления. Составлен полнофакторный эксперимент, получена линейная регрессионная модель, показывающая степень влияния мощности лазерного излучения, скорости наплавки, массового расхода порошка на размеры (высоту, ширину, площадь поперечного сечения) наплавленного валика, угол смачивания, глубину вплавленной части валика, а также коэффициент использования порошка.

**Ключевые слова:** коаксиальное лазерное плавление, наплавка, регрессионная модель, аддитивные технологии

## Введение

Технология коаксиального лазерного плавления (КЛП) позволяет выращивать детали сложной формы с высокой производительностью [1]. Размеры детали при этом ограничены габаритами камеры построения, которая может быть значительно увеличена по сравнению с другими методами аддитивных технологий. Благодаря этому технология КЛП нашла широкое применение в авиастроительной и ракетно-космической отраслях. В частности, КЛП может быть применено для производства жидкостных ракетных двигателей.

Как правило, сопла ЖРД изготавливают из внешней и внутренней оболочек. Внутренняя оболочка изготавливается из материала с высокой теплопроводностью, а внешняя из более прочного и термостойкого. В данной работе рассмотрены особенности наплавки жаропрочного никелевого порошка Inconel 625 на медную подложку из материала БрХ08.

Проблема получения соединения из сплавов на медной основе со сталью связана с низкой растворимостью меди в железе, а также с существенной разницей температур плавления. Согласно диаграмме состояния, при комнатной температуре медь растворяется в  $\alpha$ -Fe в количестве до 0,3 %, а железо в меди — до 0,2 %. Температура плавления железа, равная 1539 °C, намного превышает температуру плавления меди — 1083 °C. В результате при контакте медного сплава со сталью возможны два варианта строения зоны сплавления. Если сталь, сформировавшимся аустенитным зерном, при образовании контакта с медным сплавом находилась в твердом состоянии, то у линии сплавления часто наблюдается возникновение трещин по границам зерен и проникновение по ним жидкого материала на основе меди.

Для избежания таких дефектов рекомендуют наносить подслой из сплава на никелевой основе между сталью и бронзой. Это связано с тем, что диаграмма состояния медь — никель представляет собой систему с непрерывным рядом твердых растворов с практически неограниченной растворимостью. Другим направлением борьбы с трещинообразованием может служить минимизация термического воздействия на основной металл. Достижения желаемого эффекта можно добиться выбором оптимальных режимов лазерного воздействия в процессе формирования объема металла [2].

## Методика проведения экспериментов

Эксперименты проводили на установке КЛП-400, оснащенной волоконным лазером ЛС-5. Подача порошка осуществлялась транспортирующим газом аргоном из питателя в лазерную технологическую голову Precitec YC 52 соосно лазерному лучу. В качестве защитного газа также использовали аргон.

Форму и размеры валиков определяли на поперечных шлифах, вырезанных из образцов, с помощью оптического микроскопа OLYMPUS GX51 при увеличении х10.

Параметры режима КЛП варьировали в следующих диапазонах:

- мощность лазерного излучения  $P = 0,9 \dots 1,5$  кВт;
- скорость наплавки  $v = 400 \dots 800$  мм/мин;
- массовый расход порошка  $G = 6 \dots 10$  г/мин.

Диапазоны варьирования параметров режима КЛП были выбраны из условия качественного формирования наплавляемого валика.

После создания валиков на поперечных шлифах измеряли высоту  $H$ , ширину  $B$ , глубину проплавления  $h$ , угол смачивания  $\alpha$  и площадь поперечного сечения валиков  $A$ . Также рассчитали коэффициент использования порошка (КИП).

По результатам экспериментов были составлены графики, показывающие влияние мощности излучения, скорости обработки и массового расхода порошка на каждый из выходных параметров. На графиках видно, что закон изменения выходных параметров может сильно отличаться при различных входных параметрах. Далее провели расчет линейной регрессионной модели, используя методику, приведенную в [3, 4]. С помощью регрессионной модели определили, варьирование каких входных параметров в наибольшей степени влияет на изменение выходных параметров.

## Обсуждение результатов

По результатам расчетов можно сделать следующие выводы:

1. Изменение мощности наибольшим образом влияет на изменение выходных параметров, и ее увеличение приводит к росту ширины, высоты и угла смачивания. При этом в большей степени от значения мощности зависит ширина валика.
2. Выходные параметры в наименьшей степени зависят от варьирования скорости, увеличение которой приводит к незначительному уменьшению ширины, высоты, глубины проплавления и площади поперечного сечения.
3. Увеличение расхода порошка приводит к росту выходных параметров, причем в наибольшей степени изменение расхода влияет на значения ширины, высоты и площади поперечного сечения валика.

## Литература

- [1] Григорьянц А.Г., Шиганов И.Н., Мисюров А.И., Третьяков Р.С. Лазерные аддитивные технологии в машиностроении. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. 280 с.
- [2] Григорьянц А.Г., Фунтиков В.А., Мисюров А.И., Шиганов И.Н., Кошлаков В.В., Ризаханов Р.Н. Формирование биметаллических структур методом коаксиального лазерного плавления // Наукоемкие технологии в машиностроении. 2019. № 3. С. 32–38. DOI: 10.30987/article\_5c7434f381d6e0.50316394
- [3] Сидняев Н.И. Статистический анализ и теория планирования эксперимента. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. 200 с.
- [4] Назаров Н.Г. Измерения: планирование и обработка результатов. М.: Изд-во стандартов, 2000. 301 с.

## Direct Metal Deposition of Inconel 625 Alloy Onto a Copper Substrate of a Liquid-Propellant Rocket Engine Nozzle

**Safiullin Salavat Ratmirovich**

dominik00@list.ru

*BMSTU*

**Arbuzov Danil Andreevich**

arbuzovda@student.bmstu.ru

*BMSTU*

**Tashpulatov Dzhasur Bakhadyrovich**

dzhasur\_t@mail.ru

*BMSTU*

*The article discusses the features of the surfacing of chromium-nickel steel on a copper substrate by the method of coaxial laser melting. A full-factor experiment was compiled, a linear regression model was obtained showing the degree of influence of the laser radiation power, deposition rate, powder mass flow rate on the dimensions (height, width, cross-sectional area) of the deposited bead, contact angle, depth of the fused part of the bead, as well as the powder utilization rate.*

**Keywords:** surfacing, regression model, additive technologies, direct metal deposition

### References

- [1] Grigor'yants A.G., Shiganov I.N., Misurov A.I., Tret'yakov R.S. Lazernye additivnye tekhnologii v mashinostroenii [Laser additive technologies in mechanical engineering]. Moscow, Bauman Press, 2018. 280 p. (In Russ.).
- [2] Grigor'yants A.G., Funtikov V.A., Misurov A.I., Shiganov I.N., Koshlakov V.V., Rizakhanov R.N. Formirovaniye bimetallicheskikh struktur metodom koaksial'nogo lazernogo plavleniya [Bimetallic structure formation by method of coaxial laser fusion]. Naukoemkie tekhnologii v mashinostroenii [High-tech technologies in mechanical engineering], 2019, no. 3, pp. 32–38. (In Russ.). DOI: 10.30987/article\_5c7434f381d6e0.50316394
- [3] Sidnyaev N.I. Statisticheskiy analiz i teoriya planirovaniya eksperimenta [Statistical analysis and theory of experiment planning]. Moscow, Bauman Press, 2017. 200 p. (In Russ.).
- [4] Nazarov N.G. Izmereniya: planirovanie i obrabotka rezul'tatov [Measurements: planning and processing of results]. Moscow, Standard Publ., 2000. 301 p. (In Russ.).

УДК 681.7.069

## Дистанционное определение влажности почвы методами микроволновой радиометрии из космоса и с борта беспилотного летательного аппарата

<b>Сидоров Игорь Александрович</b>	igorasidorov@yandex.ru
<i>МГТУ им. Н.Э. Баумана</i>	
<b>Гудков Александр Григорьевич</b>	profgudkov@gmail.com
<i>МГТУ им. Н.Э. Баумана; НПИ фирма «Гиперион»</i>	
<b>Шашурин Василий Дмитриевич</b>	shashurin@bmstu.ru
<i>МГТУ им. Н.Э. Баумана</i>	
<b>Леушин Виталий Юрьевич</b>	ra3bu@yandex.ru
<i>МГТУ им. Н.Э. Баумана</i>	
<b>Чижиков Сергей Владимирович</b>	chigikov95@mail.ru
<i>МГТУ им. Н.Э. Баумана</i>	
<b>Новичихин Евгений Павлович</b>	epnov@mail.ru
<i>Институт радиотехники и электроники имени В.А. Котельникова РАН</i>	
<b>Хохлов Николай Федорович</b>	dok-hohlov.ru@mail.ru
<i>Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева</i>	

*Рассмотрена возможность дистанционного определения влажности почвы при зондировании с борта космического аппарата и с борта беспилотного летательного аппарата. Обоснована актуальность дистанционного измерения влажности почвы для нужд сельского хозяйства, в частности для системы точного земледелия. Дано сравнение характеристик цифровых карт влагосодержания полученных из космоса и с беспилотного летательного аппарата. Приведена оценка перспективы интегрирования цифровых карт влажности почвы в систему точного земледелия. Указана возможность уменьшения массы и габаритов зондирующей аппаратуры. Приведены результаты летных испытаний СВЧ-радиометра для построения цифровых карт влажности почвы, проведенные в различных климатических зонах. Сделаны выводы о преимуществах и перспективах предложенного метода.*

**Ключевые слова:** СВЧ-радиометрия, дистанционное зондирование Земли, влажность почвы, космический аппарат, квадрокоптер

Потребности современного сельского хозяйства в интенсификации производства и развитии современных технологий цифрового земледелия требует наличия информации о состоянии почвогрунтов при выращивании сельскохозяйственных культур. Поэтому актуальна задача дистанционного определения влажности и поверхностной температуры почвогрунтов. Один из путей решения поставленной задачи — применение методов дистанционного зондирования, в частности — СВЧ-радиометрического зондирования. На данный момент известны различные системы космического мониторинга земной поверхности. Однако размер разрешаемого элемента известных космических систем составляет величину более пятьдесят на пятьдесят километров, что не достаточно для решения большинства задач системы точного земледелия. Системы авиационного мониторинга слишком дороги в эксплуатации. Альтернативой является использование средств беспилотной авиации (БПЛА) [1–3]. Поскольку

эксплуатация беспилотного летательного аппарата малого класса, с полезной нагрузкой до пяти килограмм, существенно дешевле, чем при использовании тяжелых беспилотных летательных аппаратов, то и задача уменьшения массогабаритных параметров бортового радиометра является актуальной.

Цель доклада — дать сравнительную характеристику получаемых карт влагосодержания почвы при дистанционном зондировании земной поверхности с борта космического аппарата и с борта беспилотного летательного аппарата, а также оценить перспективы интегрирования результатов дистанционно полученных данных о влажности почвы в систему точного земледелия для гарантированного устойчивого роста урожайности сельскохозяйственных культур и продемонстрировать возможность уменьшения массогабаритных характеристик бортового СВЧ-радиометра за счет упрощения антенной системы и совершенствования элементов СВЧ-тракта. Благодаря отказу от прямого измерения радиоактивности температуры по надирному каналу, то есть при визировании строго по вертикали, с заменой его расчетом по данным измерений на вертикальной и горизонтальной поляризациях при визировании под углом к вертикали.

Предложенный метод зондирования подстилающей поверхности с борта беспилотного летательного аппарата может также применяться для решения таких задач как мониторинг гидрологической обстановки вдоль шоссейных и железных дорог [4], вдоль трасс трубопроводов [5], поиска мест подземных протечек в земляных дамбах [6], оценки пожароопасности лесных массивов [7], обнаружения нефтяных пленок на поверхности воды [8]. В докладе приводятся результаты летних экспериментов по дистанционному зондированию сельскохозяйственных угодий и земляных дамб новым двухполяризационным радиометром в L-диапазоне, проведенных в различных климатических зонах Российской Федерации, а именно в Смоленской, Московской, Воронежской областях и в Краснодарском крае. В ходе летних экспериментов дистанционно получены цифровые карты местности важнейших параметров почвы — влагосодержания в продуктивном слое, температуры поверхности, радиоактивности температур по вертикальной и горизонтальной поляризациям, индекса поляризации. В результате перемещения носителя вдоль заранее намеченных параллельных линий над исследуемым полем накапливается информация о радиоактивных температурах одновременно на двух поляризациях. По измеренным значениям радиоактивных температур на вертикальной и горизонтальной поляризациях вычисляется индекс поляризации как разность температур по вертикальной и горизонтальной поляризациям, деленная на их сумму. Значение индекса поляризации слабо зависит от температуры слоя почвы и в основном определяется значением диэлектрической проницаемости почвы, которая зависит от влагосодержания. Зависимость индекса поляризации от влажности почвы различна при различных условиях и зависит от состава почвы, наличия растительного покрова и др. Для точного определения радиационно-влажностной зависимости требуется специальная калибровка радиометрической системы, применительно к конкретным условиям. Все цифровые карты получены с размером разрешающего элемента не хуже десяти метров.

В результате проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

- разрешающая способность трассовых радиометров зависит от высоты полета и может составлять от метров до сотен метров, в зависимости от требуемой детальности карты влагосодержания и производительности съемки;
- съемка с борта беспилотного летательного аппарата может выполняться в любое время дня и ночи при благоприятной погоде, в отличии от космической съемки,

которая возможна только когда космический аппарат пролетает над заданным районом и в условиях отсутствия осадков;

• полученные данные измерения влажности почвы СВЧ-радиометром с борта беспилотного летательного аппарата вместе с данными наземных метеостанций и полевых проб могут использоваться для калибровки и уточнения данных, получаемых космическими системами в глобальных масштабах.

## Литература

- [1] Shafi U., Mumtaz R., Garcia-Nieto J., Hassan S.A., Zaidi S.A.R., Iqbal N. Precision agriculture techniques and practices: From considerations to applications // Sensors. 2019. Vol. 19 (17). Art. no. 3796. DOI: 10.3390/s19173796
- [2] Tsouros D.C., Bibi S., Sarigiannidis P.G. A review on UAV-based applications for precision agriculture // Information. 2019. Vol. 10 (11). Pp. 349–375. DOI: 10.3390/info10110349
- [3] Maes W.H., Steppe K. Perspectives for remote sensing with unmanned aerial vehicles in precision agriculture // Trends Plant Sci. 2019. Vol. 24 (2). Pp. 152–164. DOI: 10.1016/j.tplants.2018.11.007
- [4] Sidorov I.A., Soldatenko A.P., Gudkov A.G., Leushin V.Y., Novochikhin E.P. Results of field experiments on monitoring the hydrological situation along highways with a multifrequency polarimetric system of microwave radiometers // Mashinostroitel. 2015. Vol. 12. Pp. 46–55.
- [5] Sidorov I.A., Gudkov A.G., Sister V.G., Ivannikova E.M., Leushin V.Y. Monitoring of the hydrological situation along pipeline routes by means of microwave radiometry methods // Chem. Petrol. Eng. 2021. Vol. 56. Pp. 929–234. DOI: 10.1007/s10556-021-00864-6
- [6] de Jeu R., Parinussa R., Biemond L., Haarbrink R., Shutko A., Demontoux F., Provoost Y. Safety inspection of levees with L-band radiometry // Proc. 11th Specialist Meeting on Microwave Radiometry and Remote Sensing of the Environment. N.Y.: IEEE, 2010. Pp. 96–98. DOI: 10.1109/MICRORAD.2010.5559583
- [7] Sister V.G., Ivannikova E.M., Gudkov A.G., Leushin V.Y., Sidorov I.A., Plyushchев V.A., Soldatenko A.P. Detection of forest and peat-bog fire centers by means of microwave radiometer sounding // Chem. Petrol. Eng. 2016. Vol. 52. Pp. 123–125. DOI: 10.1007/s10556-016-0160-2
- [8] Gudkov A.G., Sister V.G., Ivannikova E.M., Leushin V.Y., Plyushchев V.A., Sidorov I.A., Chetyrkin D.Y. On the possibility of detecting oil films on water surface by microwave radiometry methods // Chem. Petrol. Eng. 2019. Vol. 55. Pp. 57–62. DOI: 10.1007/s10556-019-00580-2

## **Remote Determination of Soil Moisture by Microwave Radiometry Methods from Space and from Unmanned Aerial Vehicles**

**Sidorov Igor Alexandrovich**

igorasidorov@yandex.ru

*BMSTU*

**Gudkov Alexander Grigorievich**

profgudkov@gmail.com

*BMSTU; SPI firm "Hyperion"*

**Shashurin Vasiliy Dmitrievich**

schashurin@bmstu.ru

*BMSTU*

**Leushin Vitaly Yurievich**

ra3bu@yandex.ru

*BMSTU*

**Chizhikov Sergey Vladimirovich**

chigikov95@mail.ru

*BMSTU*

**Novichikhin Evgenii Pavlovich**

epnov@mail.ru

*Kotelnikov institute of radio engineering and electronics of RAS*

**Khokhlov Nikolai Fedorovich**

dok-hohlov.ru@mail.ru

*Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy*

*The report considers the possibility of remote determination of soil moisture when sensing from a spacecraft and from an unmanned aerial vehicle. The relevance of remote measurement of soil moisture for the needs of agriculture, in particular for precision farming systems, is substantiated. The characteristics of digital soil moisture maps obtained from space and from an unmanned aerial vehicle are compared. The prospects of integrating digital soil moisture maps into the precision farming system are evaluated. The possibility of reducing the mass and dimensions of the sensor equipment is described. The results of flight tests of a microwave radiometer for creating digital maps of soil moisture made in various climatic zones are presented. Conclusions are drawn about the advantages and prospects of the proposed method.*

**Keywords:** microwave radiometry, remote sensing, soil moisture, spacecraft, quadcopter

### **References**

- [1] Shafi U., Mumtaz R., Garcia-Nieto J., Hassan S.A., Zaidi S.A.R., Iqbal N. Precision agriculture techniques and practices: From considerations to applications. Sensors, 2019, vol. 19 (17), art. no. 3796. DOI: 10.3390/s19173796
- [2] Tsouros D.C., Bibi S., Sarigiannidis P.G. A review on UAV-based applications for precision agriculture. Information, 2019, vol. 10 (11), pp. 349–375. DOI: 10.3390/info10110349
- [3] Maes W.H., Steppe K. Perspectives for remote sensing with unmanned aerial vehicles in precision agriculture. Trends Plant Sci., 2019, vol. 24 (2), pp. 152–164. DOI: 10.1016/j.tplants.2018.11.007
- [4] Sidorov I.A., Soldatenko A.P., Gudkov A.G., Leushin V.Y., Novochikhin E.P. Results of field experiments on monitoring the hydrological situation along highways with a multifrequency polarimetric system of microwave radiometers. Mashinostroitel, 2015, vol. 12, pp. 46–55.
- [5] Sidorov I.A., Gudkov A.G., Sister V.G., Ivannikova E.M., Leushin V.Y. Monitoring of the hydrological situation along pipeline routes by means of microwave radiometry methods. Chem. Petrol. Eng., 2021, vol. 56, pp. 929–234. DOI: 10.1007/s10556-021-00864-6
- [6] de Jeu R., Parinussa R., Biemond L., Haarbrink R., Shutko A., Demontoux F., Provoost Y. Safety inspection of levees with L-band radiometry. Proc. 11th Specialist Meeting on Microwave Radiometry and Remote Sensing of the Environment. N.Y., IEEE, 2010, pp. 96–98. DOI: 10.1109/MICRORAD.2010.5559583

- 
- [7] Sister V.G., Ivannikova E.M., Gudkov A.G., Leushin V.Y., Sidorov I.A., Plyushchhev V.A., Soldatenko A.P. Detection of forest and peat-bog fire centers by means of microwave radiometer sounding. *Chem. Petrol. Eng.*, 2016, vol. 52, pp. 123–125. DOI: 10.1007/s10556-016-0160-2
  - [8] Gudkov A.G., Sister V.G., Ivannikova E.M., Leushin V.Y., Plyushchhev V.A., Sidorov I.A., Chetyrkin D.Y. On the possibility of detecting oil films on water surface by microwave radiometry methods. *Chem. Petrol. Eng.*, 2019, vol. 55, pp. 57–62. DOI: 10.1007/s10556-019-00580-2

УДК 004.891

## Разметка семантических ролей с целью извлечения информации из баз знаний в области авиакосмического приборостроения

**Синева Елизавета Евгеньевна**

bolotovaee@mail.ru

*МГТУ им Н.Э. Баумана*

**Строганов Юрий Владимирович**

stroganovyy@bmstu.ru

*МГТУ им. Н.Э. Баумана*

**Бутенко Юлия Ивановна**

iuliiabutenko2015@yandex.ru

*МГТУ им. Н.Э. Баумана*

**Виноградов Илья Александрович**

vinogradovia@student.bmstu.ru

*МГТУ им. Н.Э. Баумана*

Описан механизм вывода информации из базы знаний на основе надежной грамматики Ч. Филлмора, позволяющей определить семантико-синтаксическую структуру выводимого предложения. Показано, что посредством расстановки ограничений на число участников ситуации, которые могут присоединяться глаголом, можно обеспечить эффективный вывод информации из базы знаний в области авиакосмического приборостроения. Представлена концепция программы для реализации разметки семантических ролей в текстах авиакосмической направленности.

**Ключевые слова:** база знаний, авиакосмическое приборостроение, семантические падежи, семантическая разметка

Поддержка принятия решений в сложных ситуациях необходима в различных областях деятельности, где требуются обоснованные, логически доказуемые аргументы, в том числе в оперативном и стратегическом управлении технологиями на авиационных предприятиях. При принятии решений необходимо проведение детального моделирования последствий предполагаемого решения, поиск оптимального пути достижения заданного результата с помощью технологий имитационного моделирования. С подобными задачами успешноправляются экспертные системы — комплексы программных средств, способные частично или полностью заменять специалиста при решении сложных задач, возникающих в процессе диагностики, проектирования или эксплуатации аэрокосмической и другой техники [1, 2]. Такие системы основаны на знаниях, полученных в процессе взаимодействия с экспертами в конкретной предметной области.

Параллельно с развитием различных направлений исследований в области искусственного интеллекта происходит развитие информационных структур для представления знаний. Появились новые способы описания и представления данных, возникли фреймовые, списочные и иерархические структуры. Представление знаний — это

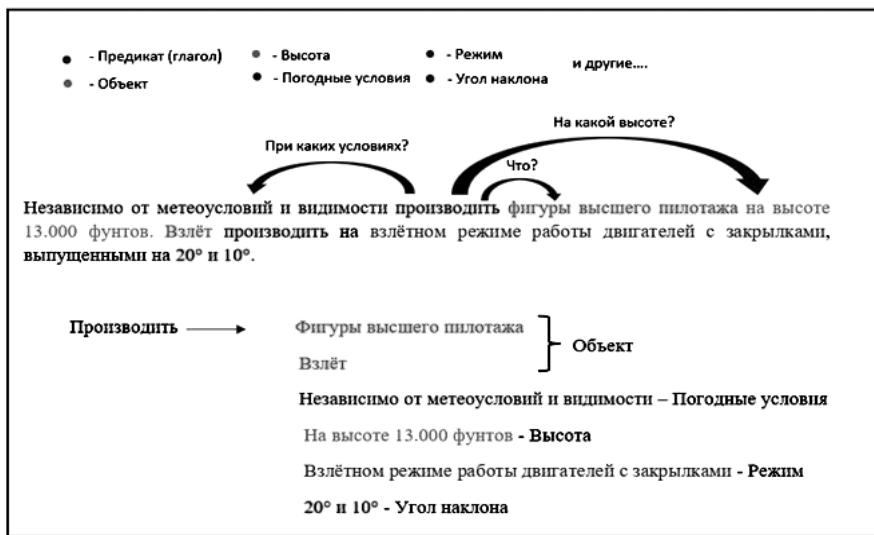
одно из направлений в исследованиях искусственного интеллекта, изучающее способы описания объектов реального мира. Другое не менее важное направление — это манипулирование знаниями. Сам процесс построения баз знаний достаточно сложен и носит итеративный характер, заключающийся в циклической модификации баз знаний на основе результатов ее тестирования [3, 4].

Основной целью исследования является разработка механизма поддержки вывода информации из баз знаний в области авиакосмического приборостроения. Механизм вывода содержит правила для решения конкретной задачи, ссылается на информацию из базы знаний и выбирает факты и правила, которые будут применяться при попытке ответить на запрос пользователя. Данный механизм обеспечивает аргументацию информации в базе знаний и помогает человеку получать информацию из базы знаний в виде предложений, построенных на естественном языке. В работе предлагается осуществлять вывод на основе падежной грамматики Ч. Филлмора, разработанной в конце 1960-х годов [5].

В рамках данной грамматики глагол является центром предложения и в силу своего значения диктует набор ролей или глубинных падежей, определяющих участников ситуации, место действия, инструмент, с помощью которого осуществлялось действие, и т. д. [5]. Количество падежей, которое может присоединить к себе глагол, называется валентностью. Иными словами, валентность определяет число актантов (участников ситуации) в предложении, что зависит от значения глагола.

Ч. Филлмор выделил шесть семантических падежей («агентив» — объект, который производит действие, «инструменталис» — предмет, посредством которого совершается действие, «локатив» — место действия и др.). Анализ текстов по авиакосмическому приборостроению показал, что шести выделенных падежей недостаточно для описания реальных ситуаций, которые могут произойти, например, на борту воздушного судна или на станции МКС. Таким образом, было решено разработать программу, которая позволит разметить большое количество текстов авиакосмической направленности и выделить все необходимые падежи. Сегодня существует множество инструментов для разметки морфологии и синтаксиса, однако выделение смысла из текста представляется более сложной задачей. В результате разметки можно получить лингвистический корпус — коллекцию размеченных текстов по авиакосмической тематике. Программа находится на стадии разработки, ее концепция представлена на рисунке. Семантические роли будут размечаться разными цветами, а все аргументы будут прикрепляться к глаголу, с которым они связаны семантически. На выходе мы получим информацию о возможных падежах, которые могут присоединять к себе определенные глаголы. Количество падежей значительно увеличится, что позволит обучить систему строить на их основе предложение на естественном языке.

Разметка семантических ролей на сегодняшний день становится одной из основных задач компьютерной лингвистики. Вопросы, связанные с решением данной задачи, изучались в течение десятилетий и наличие больших корпусов текстов, а также развитие методов статистического машинного обучения позволяют в скором времени сделать большой шаг вперед в развитии данной области. Семантическая маркировка ролей заключается в определении основных структур событий: «кто» сделал, «что» сделал, с «кем», «когда» и «где». Создание программы по разметке семантических ролей может оказать значительное влияние на многие инструменты обработки естественного языка, такие как: извлечение информации из текста, создание вопросно-ответных систем, машинный перевод и др.



Concept of a program for labeling semantic roles in aerospace instrumentation texts

Процесс разметки семантических ролей в дальнейшем можно автоматизировать. Для осуществления алгоритма автоматической разметки семантических ролей возможно применить один из методов машинного обучения с частичным привлечением учителя. Эксперт может разметить некоторое количество текстов, однако размечать всю коллекцию текстов корпуса — слишком трудоемкая и дорогостоящая задача. Можно разметить небольшое количество текстов, после чего алгоритм извлечет некоторую информацию из размеченных данных и значительно улучшит точность предсказаний по сравнению с алгоритмом, который обучался исключительно на неразмеченных данных.

## Литература

- [1] Сидняев Н.И., Бутенко Ю.И., Болотова Е.Е. Экспертная система продукционного типа для создания базы знаний о конструкциях летательных аппаратов // Авиакосмическое приборостроение. 2019. № 6. С. 38–52.
- [2] Сидняев Н.И., Бутенко Ю.И., Синева Е.Е. Использование падежной грамматики при информационном поиске в базе знаний экспертной системы о конструкциях летательных аппаратов // Системы и средства информатики. 2021. Т. 31, № 3. С. 75–82.
- [3] Сигов А.С., Нечаев В.В., Кошкарёв М.И. Архитектура предметно-ориентированной базы знаний интеллектуальной системы // International Journal of Open Information Technologies. 2014. № 12. С. 1–6.
- [4] Helbig H. Knowledge Representation and the Semantics of Natural Language. Berlin: Springer-Verlag, 2006. 655 p. DOI: 10.1017/S1351324908004816
- [5] Fillmore Ch. The Case for Case // Universals in Linguistic Theory. New York: Holt, Rinehart, and Winston, 1968. Pp. 1–88.

## Semantic Role Labeling for Extracting Information from Aerospace Instrumentation Knowledge Bases

**Sineva Elizaveta Evgenievna**

bolotovaee@mail.ru

*BMSTU*

**Stroganov Iurii Vladimirovich**

stroganovyv@bmstu.ru

*BMSTU*

**Butenko Yuliya Ivanovna**

iuliiabutenko2015@yandex.ru

*BMSTU*

**Vinogradov Ilya Alexandrovich**

vinogradovia@student.bmstu.ru

*BMSTU*

*The paper describes the principles of information output from the knowledge base using the Ch. Fillmore's case grammar, which allows to determine the semantic and syntactic structure of the output sentence. It is shown that by setting restrictions on the number of situational actors that a verb can attach, it is possible to provide effective information output from the knowledge base in the field of aerospace instrumentation. The concept of a program to implement semantic role labeling in aerospace-oriented texts is presented.*

**Keywords:** knowledge base, aerospace instrumentation, semantic grammar, semantic role labeling

### References

- [1] Sidnyaev N.I., Butenko Yu.I., Bolotova E.E. Ekspertnaya sistema produktsionnogo tipa dlya sozdaniya bazy znanii o konstruktsiyakh letatel'nykh apparatov [Expert production-type system for creating a knowledge base on aircraft structures]. Aviakosmicheskoe priborostroenie [Aerospace instrumentation], 2019, no. 6, pp. 38–52. (In Russ.).
- [2] Sidnyaev N.I., Butenko Yu.I., Sineva E.E. Ispol'zovanie padezhnoi grammatiki pri informatsionnom poiske v baze znanii ekspertnoi sistemy o konstruktsiyakh letatel'nykh apparatov [The use of case grammar in information search in the knowledge base of the expert system on aircraft structures]. Sistemy i sredstva informatiki [Systems and means of informatics], 2021, vol. 31, no. 3, pp. 75–82. (In Russ.).
- [3] Sigov A.S., Nechaev V.V., Kosikharev M.I. Arkhitektura predmetno-orientirovannoj bazy znanii intellektual'noi sistemy [Architecture of the subject-oriented knowledge base of the intellectual system]. International Journal of Open Information Technologies, 2014, no. 12, pp. 1–6. (In Russ.).
- [4] Helbig H. Knowledge Representation and the Semantics of Natural Language. Berlin, Springer-Verlag, 2006, 655 p. DOI: 10.1017/S1351324908004816
- [5] Fillmore Ch. The Case for Case. Universals in Linguistic Theory. New York, Holt, Rinehart, and Winston, 1968, pp. 1–88.

УДК 621.375.826

## Способы улучшения характеристик фотоэлектрических преобразователей с помощью лазерных технологий

Ташуплатов Джасур Баходырович	dzhasur_t@mail.ru
МГТУ им. Н.Э. Баумана	
Сафиуллин Салават Ратмирович	dominik00@list.ru
МГТУ им. Н.Э. Баумана	
Арбузов Данил Андреевич	arbuzovda@student.bmstu.ru
МГТУ им. Н.Э. Баумана	

*Рассмотрены лазерные технологии. Уделено внимание волоконным лазерным системам. Представлены оптимальные параметры лазерной обработки фотоэлектрических преобразователей для пикосекундных и фемтосекундных лазеров. Изучено влияние лазерного излучения на основные характеристики солнечного модуля. Указаны режимы для импульсного лазерного осаждения диоксида титана, применяющегося при создании перовскитовых фотоэлектрических преобразователей.*

**Ключевые слова:** фотоэлектрические преобразователи, лазерная абляция, солнечная батарея, волоконные лазеры

В мире лазерных технологий лишь немногие системы завоевали популярность среди потребителей так же быстро, как волоконные лазерные системы. В развитии технологии волоконных лазеров можно наблюдать значительный скачок по сравнению с более ранними технологиями, например, первыми диодными системами с накачкой, или с установленными методологиями такими, как CO<sub>2</sub>-лазер. Интерес обусловлен возможностью создания сверхкоротких импульсов с большим сроком службы, простым обслуживанием, высокой скоростью резки и эффективным охлаждением.

Доля возобновляемых источников энергии в генерации электричества в Европе в 2020 г. впервые в истории была превышена доля ископаемого топлива, как следует из ежегодного отчета британского аналитического центра Ember и немецкого института Agora Energiewende [1]. Все это говорит об актуальности изучения влияния лазерного воздействия на фотоэлектрические преобразователи (ФЭП).

Цель работы — подобрать оптимальные параметры лазерной обработки ФЭП для пикосекундных и фемтосекундных лазеров, а также изучить влияние лазерного излучения на основные характеристики солнечного модуля.

Личный вклад авторов заключается в подборе оптимальных параметров лазерного излучения сверхкоротких импульсов в целях увеличения полезной площади солнечной панели.

Дополнительными результатами исследования стало изучение влияния лазерной обработки на КПД ФЭП [2].

Подробно изложены преимущества лазерных технологий в скрайбировании ФЭП над существующими традиционными способами, обосновано использование лазерной обработки на крупных предприятиях.

Была собрана и отьюстирована оптическая система. Проведены резы на разных мощностях излучения, частотах следования импульсов и скоростях перемещения подложки. Подбор параметров лазерного излучения был основан на численных зна-

чениях, полученных при помощи уравнений, приведенных в [3]. Полученные резы были оценены с помощью электронного микроскопа. Построены графики зависимости качества реза от изменяемых параметров для наиболее наглядной демонстрации результатов обработки.

Профиль распределения интенсивности лазерного излучения значительно влияет на эффективность солнечных модулей, так как при использовании наиболее распространенного Гауссова распределения образуются «конусы», возникающие в результате неравномерности распределения интенсивности лазерного излучения. Они могут приводить к пробитию p-n-перехода, в результате чего модуль может выйти из строя. Помимо скрайбирования, лазерные технологии нашли иное применение в обработке ФЭП: в отжиге пластин в целях уменьшения эффекта старения ФЭП, а также для увеличения КПД за счет улучшения токосъема благодаря дополнительному отжигу контактной сетки и контактного слоя ITO [4].

Следует отметить, что волоконные лазеры являются наиболее подходящим средством для скрайбирования ФЭП.

Результатом исследования стал выбор оптимальных параметров лазерной резки ФЭП, а также сравнение между собой двух оптимальных резов, полученных на пикосекундном и фемтосекундном лазере.

Рез, полученный фемтосекундным лазером, более ровный и чистый, чем рез, полученный пикосекундным лазером. Однако для получения чистого реза на фемтосекундном лазере необходимо подобрать такие значения скоростей и частот, при которых лазерный луч не будет спекать разрезанный материал. Среднее значение ширины реза и скорости для пико- и фемтосекундного лазеров представлено ниже:

- пикосекундный лазер: средняя ширина реза 125 мкм, средняя скорость 1942 мм/мин;
- фемтосекундный лазер: средняя ширина реза 100 мкм, средняя скорость 2667 мм/мин.

Следовательно, фемтосекундный лазер более предпочтителен для лазерной резки, так как ширина реза меньше в 1,25 раз, а скорость обработки выше в 1,37 раз.

Авторы настоящей работы получили режимы для импульсного лазерного осаждения диоксида титана, применяющегося при создании первовскитных ФЭП, которые могут стать недорогой альтернативой кремниевых модулей. Теоретические материалы о процессе импульсного лазерного осаждения, необходимые для экспериментов, были рассмотрены в [5]. Полученные экспериментальные данные послужат фундаментом для дальнейших исследований авторов.

## Литература

- [1] Европейская экономика озеленилась. ВИЭ обогнали по выработке ТЭС на ископаемом топливе // Коммерсантъ. 2021. № 12. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/4661999> (дата обращения 12.12.2021).
- [2] Редька Д.Н. Лазерная микрообработка тонкопленочных солнечных модулей. СПб., 2016. 128 с.
- [3] Григорьянц А.Г., Шиганов И.Н., Мисюров А.И. Технологические процессы лазерной обработки. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. 664 с.
- [4] Шупенев А.Е. Разработка технологии создания высокоэффективных тонкопленочных термоэлектрических материалов методом импульсного лазерного осаждения. М., 2017. 133 с.
- [5] Кинев В.А., Виноградов И.И., Резепов П.С., Зеленяк Т.Ю. Синтез и исследования фотоэлектрических преобразователей на основе гибридных органо-неорганических первовскитов метилам-

моний иодида свинца // VIII Международная студенческая научная конференция «Студенческий научный форум». М.: Академия Естествознания, 2016. URL: сб. мат-лов. URL: <https://scienceforum.ru/2016/article/2016023004> (дата обращения 12.12.2021).

## Methods for Improving the Characteristics of Photoelectric Converters Using Laser Technology

**Tashpulatov Dzhasur Bakhadyrovich**

dzhasur\_t@mail.ru

*BMSTU*

*g*

**Arbuzov Danil Andreevich**

arbuzovda@student.bmstu.ru

*BMSTU*

*Laser technology is discussed. Attention is paid to fiber laser systems. Optimal parameters of laser processing of photoelectric converters for picosecond and femtosecond lasers are presented. The influence of laser radiation on the main characteristics of a solar module is studied. Modes for pulsed laser deposition of titanium dioxide used in the creation of perovskite photovoltaic converters are indicated.*

**Keywords:** photovoltaic converters, laser ablation, solar cell, fiber lasers

### References

- [1] Evropejskaya ekonomika ozelenila. VIE obognali po vyrabotke TES na iskopaemom toplive [The European economy has turned green. Renewable energy has overtaken the development of thermal power plants on fossil fuels]. Kommersant, 2021, no. 12. Available at: <https://www.kommersant.ru/doc/4661999> (accessed December 12, 2021). (in Russ.).
- [2] Redka D.N. Lazernaya mikroobrabotka tonkoplenochnykh solnechnykh moduley [Laser micromachining of thin-film solar modules]. Saint Petersburg, 2016, 128 p. (in Russ.).
- [3] Grigoryants A.G., Shiganov I.N., Misurov A.I. Tekhnologicheskie protsessy lazernoy obrabotki [technological processes of laser processing]. Moscow, BMSTU Press, 2008, 664 p. (in Russ.).
- [4] Shupenev A.E. Razrabotka tekhnologii sozdaniya vysokoeffektivnykh tonkoplenochnykh termoelektricheskikh materialov metodom impul'snogo lazernogo osazhdeniya [Development of technology for creating high-performance thin-film thermoelectric materials by pulsed laser deposition]. Moscow, 2017, 133 p. (in Russ.).
- [5] Kinev V.A., Vinogradov I.I., Rezepov P.S., Zelenyak T.Yu. Sintez i issledovaniya fotoelektricheskikh preobrazovateley na osnove gibriddenykh organo-neorganicheskikh perovskitov metilammonium iodida svintsa [Synthesis and research of photovoltaic transducers based on hybrid organic-inorganic perovskites methylammonium lead iodide]. Proceedings of the VIII International Student Scientific Conference "Student Scientific Forum". Moscow, Academy of Natural Sciences Press, 2016. Available at: <https://scienceforum.ru/2016/article/2016023004> accessed December 12, 2021). (in Russ.).

УДК 621.382.233

**Повышение надежности субгармонического смесителя сверхвысокочастотных радиосигналов на основе резонансно-туннельного диода**

---

<b>Черкасов Кирилл Вячеславович</b>	kvche@mail.ru
<i>МГТУ им. Н.Э. Баумана</i>	
<b>Макеев Мстислав Олегович</b>	m.makeev@bmstu.ru
<i>МГТУ им. Н.Э. Баумана</i>	
<b>Мешков Сергей Анатольевич</b>	sb67241@mail.ru
<i>МГТУ им. Н.Э. Баумана</i>	
<b>Шашурин Василий Дмитриевич</b>	sashashurin@bmstu.ru
<i>МГТУ им. Н.Э. Баумана</i>	
<b>Галиновский Андрей Леонидович</b>	galcomputer@mail.ru
<i>МГТУ им. Н.Э. Баумана</i>	
<b>Северьянова Анна Дмитриевна</b>	severyanovaad@student.bmstu.ru
<i>МГТУ им. Н.Э. Баумана</i>	

Получены результаты применения метода конструкторско-технологической оптимизации для повышения надежности субгармонического смесителя СВЧ-радиосигналов, выполненного на основе резонансно-туннельного диода (РТД) и рассчитанного на эксплуатацию в составе бортовой аппаратуры космических аппаратов. Оптимизация электрических характеристик смесителя проведена с помощью разработанной авторами программного комплекса. Получено сочетание электрических характеристик, увеличивающее гамма-процентный ресурс прибора в 1,49 раза. Сравнение оптимизированных электрических характеристик прибора на основе РТД с аналогом на основе диода с барьером Шоттки (ДБШ) показало, что прибор превосходит аналог на основе ДБШ в помехоустойчивости и не уступает ему в качестве преобразования сигнала.

**Ключевые слова:** АЗВ5-гетероструктуры, обеспечение надежности, бортовая аппаратура космических аппаратов, нелинейные преобразователи частоты

Нелинейные преобразователи частоты (ПЧ) радиосигналов имеют широкое применение в радиотехнических системах, поскольку электрические характеристики последних в значительной мере определяются электрическими характеристиками ПЧ радиосигналов. Среди наиболее критичных задач, решаемых на этапе проектирования радиотехнических систем, стоит выделить задачи обеспечения заданных электрических характеристик прибора и его надежности в заданных условиях эксплуатации. Для приборов, эксплуатируемых в составе бортовой аппаратуры беспилотных космических аппаратов (КА), последняя задача представляется особенно значимой как ввиду особенностей условий эксплуатации, так и из-за отсутствия возможности ремонта — необходимо, чтобы прибор обладал ресурсом не меньшим, чем срок активного существования (САС) КА.

Перспективным способом улучшения электрических характеристик ПЧ радиосигналов является использование наноэлектронных приборов, к которым относятся резонансно-туннельные диоды (РТД) на основе AlGaAs/GaAs многослойных гетероструктур с поперечным токопереносом [1, 2], в качестве нелинейных элементов (НЭ). Применение РТД в данном качестве позволяет расширить рабочий диапазон частот до ТГц [3–8], а также повысить помехоустойчивость ПЧ. Кроме того, благодаря особенностям токопереноса в РТД возможен синтез конструкционных параметров диода, обеспечивающих оптимальную форму ВАХ для конкретного нелинейного преобразователя [9]. Кроме того, производство РТД не требует внедрения новых технологий, базируясь на хорошо известных и отработанных технологиях микроэлектронной промышленности.

В то же время ПЧ радиосигналов на основе РТД весьма чувствительны к изменению ВАХ НЭ — как показано, к примеру, в [10, 11], основным механизмом отказа ПЧ на основе РТД является постепенный отказ в результате ухудшения электрических характеристик ПЧ вплоть до их выхода за допустимые пределы. В свою очередь, кинетика электрических характеристик ПЧ радиосигналов вызвана дрейфом ВАХ НЭ, причиной которого являются необратимые деградационные процессы, протекающие в РТД под воздействием эксплуатационных факторов. Как уже было сказано, задача обеспечения надежности в заданных условиях эксплуатации имеет особую важность для приборов, входящих в состав бортовой аппаратуры КА. Для решения данной задачи предлагается использовать изложенную в [9] методологию проектирования микро- и наноприборов. Данная методология предполагает введение этапа конструкторско-технологической оптимизации (К-ТО) в процесс проектирования прибора. Целью вводимого этапа является определение сочетания номинальных значений параметров конструкции прибора, максимизирующих заданную целевую функцию, к примеру, гамма-процентный ресурс. При этом процесс К-ТО не затрагивает ни технологические допуски на параметры конструкции прибора, ни заданные конструктором допуски на его электрические характеристики.

Для реализации описанного подхода авторами разработан программный комплекс, позволяющий осуществлять К-ТО ПЧ на основе РТД [12], и проведена его апробация на примере субгармонического смесителя радиосигналов (СГСм) диапазона 10...11 ГГц. В качестве наиболее критичного фактора, воздействие которого вызывает дрейф электрических характеристик РТД и, как следствие, смесителя, рассматривается воздействие повышенной температуры (до 150 °C).

Таким образом, К-ТО проводилась с целью повышения надежности СГСм в условиях воздействия повышенной температуры. В результате проведенной посредством разработанного программного комплекса оптимизации электрических характеристик прибора получено сочетание параметров конструкции РТД и СГСм, позволяющее повысить гамма-процентный ресурс смесителя в 1,49 раза (с 20 до 29,75 лет при температуре 125 °C). В процессе К-ТО получены параметры конструкции гетероструктуры РТД, обеспечивающие оптимальную для данного СГСм форму ВАХ. Для этого потребовалось увеличить ширину ямы в 6 раз (с 1,13 до 6,79 нм), барьеров — на 71 % (с 3,96 до 6,79 нм), диаметр мезы — на 13 % (с 37 до 42 мкм). Найденное сочетание параметров конструкции РТД в совокупности с оптимизированными параметрами конструкции СГСм позволило повысить коэффициент передачи промежуточной частоты на 2,39 дБ (с -12,32 до 9,93 дБ), расширить динамический диапазон по 1дБ-компрессии на 1 дБ (с 9,80 до 10,80 дБм) и повысить помехоустойчивость смесителя (точка IP3 смешена на 1,40 дБм вправо относительно значения до оптимизации — с 28,75 до 30,15 дБм).

Таким образом, на примере рассмотренного СГСм показано, что проведение К-ТО позволяет увеличить гамма-процентный ресурс смесителя на 49 % и улучшить его электрические характеристики посредством автоматизированного подбора оптимального сочетания параметров конструкции смесителя и нелинейного элемента.

## Литература

- [1] Mizuta H., Tanoue T. High-speed and functional applications of resonant tunnelling diodes // The Physics and Applications of Resonant Tunnelling Diodes. New York: Cambridge university press, 2006. P. 133.

- 
- [2] Alkeev N.V., Averin S.V., Dorofeev A.A. et al. GaAs/AlAs resonant-tunneling diode for subharmonic mixers // Russian Microelectronics. 2010. Vol. 39 (5). Pp. 331–339.
  - [3] Nagatsuma T., Fujita M., Kaku A. et al. Terahertz Wireless Communications Using Resonant Tunneling Diodes as Transmitters and Receivers // Proceedings of International Conference on Telecommunications and Remote Sensing (Luxembourg). 2014. Vol. 1. Pp. 41–46.
  - [4] Maekawa T., Kanaya H., Suzuki S. et al. Oscillation up to 1,92 THz in resonant tunneling diode by reduced conduction loss // Applied Physics Express. 2016. Vol. 9. Art. ID 024101.
  - [5] Kanaya H., Shibayama H., Suzuki S. et al. Fundamental Oscillation up to 1,31 THz in Resonant Tunneling Diodes with Thin Well and Barriers // Applied Physics Express. 2012. Vol. 5. Art. ID 124101.
  - [6] Diebold S., Tsuruda K., Kim J.-Y. et al. A terahertz monolithic integrated resonant tunneling diode oscillator and mixer circuit // Proceedings of SPIE 9856, Terahertz Physics, Devices, and Systems X: Advanced Applications in Industry and Defense (Baltimore). 2016. Vol. 9856 (Washington: SPIE). 98560U. DOI: 10.1117/12.2225209
  - [7] Wang J., Al-Khalidi A., Zhang C. et al. Resonant Tunneling Diode as High Speed Optical/Electronic Transmitter // In 10th UK-Europe-China Workshop on Millimetre Waves and Terahertz Technologies (UCMMT), Liverpool, UK, September, 11–13, 2017. Pp. 1–4. DOI: 1109/UCMMT.2017.8068497
  - [8] Srivastava A. Microfabricated Terahertz Vacuum Electron Devices: Technology, Capabilities and Performance Overview // European Journal of Advances in Engineering and Technology. 2015. Vol. 2, iss. 8. Pp. 54–64.
  - [9] Meshkov S.A. Methodology for consideration of technological and operational factors in design of micro- and nanodevices // Journal of Instrumental Engineering. 2019. Vol. 62. Pp. 921–928.
  - [10] Makeev M.O., Sinyakin V.Yu., Meshkov S.A. Reliability prediction of resonant tunneling diodes and non-linear radio signal converters based on them under influence of temperature factor and ionizing radiations // Advances in Astronautical Science. 2018. Vol. 170. Pp. 655–665.
  - [11] Makeev M.O., Meshkov S.A., Cherkasov K.V. Modeling of Resonant-Tunneling Diodes I-V Characteristics' Kinetics Under Destabilizing Factors' Influence During Operation // Proceedings of 2019 International Russian Automation Conference (RusAutoCon 2019). 2019. P. 8867795. DOI: 10.1109/RUSAUTOCON.2019.8867795
  - [12] Cherkasov K.V., Meshkov S.A., Makeev M.O. The Software Package for Modeling and Optimizing the Electrical Characteristics of Non-Linear Frequency Converters of Radio Signals Based on Resonant Tunneling Diodes // Proceedings of 2020 International Russian Automation Conference (RusAutoCon 2020). 2020. P. 9208210. DOI: 10.1109/rusautocon49822.2020.9208210

## Improvement of the Resonant-Tunneling Diode-Based Subharmonic Super-High Frequency Radio-Signals Mixer's Reliability

**Cherkasov Kirill Viacheslavovich**

kvche@mail.ru

*BMSTU*

**Makeev Mstislav Olegovich**

m.makeev@bmstu.ru

*BMSTU*

**Meshkov Sergei Anatolevich**

sb67241@mail.ru

*BMSTU*

**Shashurin Vasiliy Dmitrievich**

shashurin@bmstu.ru

*BMSTU*

**Galinovskij Andrey Leonidovich**

galcomputer@mail.ru

*BMSTU*

**Severianova Anna Dmitrievna**

severyanovaad@student.bmstu.ru

*BMSTU*

*Results of design and technological optimization technique's implementation for improvement of the resonant-tunneling diode-based (RTD-based) subharmonic super-high frequency radio-signals mixer's reliability are obtained. The mixer is presumed to be used in spacecrafts' on-board equipment. The mixer's electrical parameters optimization was carried out by the means of software complex developed by authors. An electrical parameters combination that improves the device's gamma-percentage resource by 1,49 times. The comparison of the RTD-based device with the Shottky-barrier diode-based analogue's parameters revealed that the RTD-based device outperforms its analogue in noise immunity and has equal performance level in signal conversion.*

**Keywords:** A3B5-heterostructures, reliability improvement, spacecrafts on-board equipment, nonlinear signal converters

### References

- [1] Mizuta H., Tanoue T. High-speed and functional applications of resonant tunnelling diodes. The Physics and Applications of Resonant Tunnelling Diodes. New York, Cambridge university press, 2006, p. 133.
- [2] Alkeev N.V., Averin S.V., Doroфеев А.А. et al. GaAs/AlAs resonant-tunneling diode for subharmonic mixers. Russian Microelectronics, 2010, vol. 39 (5), pp. 331–339.
- [3] Nagatsuma T., Fujita M., Kaku A. et al. Terahertz Wireless Communications Using Resonant Tunneling Diodes as Transmitters and Receivers. Proceedings of International Conference on Telecommunications and Remote Sensing (Luxembourg), 2014, vol. 1, pp. 41–46.
- [4] Maekawa T., Kanaya H., Suzuki S. et al. Oscillation up to 1,92 THz in resonant tunneling diode by reduced conduction loss. Applied Physics Express, 2016, vol. 9, art. ID 024101.
- [5] Kanaya H., Shibayama H., Suzuki S. et al. Fundamental Oscillation up to 1,31 THz in Resonant Tunneleing Diodes with Thin Well and Barriers. Applied Physics Express, 2012, vol. 5, art. ID 124101.
- [6] Diebold S., Tsuruda K., Kim J.-Y. et al. A terahertz monolithic integrated resonant tunneling diode oscillator and mixer circuit. Proceedings of SPIE 9856, Terahertz Physics, Devices, and Systems X: Advanced Applications in Industry and Defense (Baltimore), 2016, vol. 9856 (Washington: SPIE). 98560U. DOI: 10.1117/12.2225209

- [7] Wang J., Al-Khalidi A., Zhang C. et al. Resonant Tunneling Diode as High Speed Optical/Electronic Transmitter. In 10th UK-Europe-China Workshop on Millimetre Waves and Terahertz Technologies (UCMMT), Liverpool, UK, September, 11–13, 2017, pp. 1–4. DOI: 1109/UCMMT.2017.8068497
- [8] Srivastava A. Microfabricated Terahertz Vacuum Electron Devices: Technology, Capabilities and Performance Overview. European Journal of Advances in Engineering and Technology, 2015, vol. 2, iss. 8, pp. 54–64.
- [9] Meshkov S.A. Methodology for consideration of technological and operational factors in design of micro- and nanodevices. Journal of Instrumental Engineering, 2019, vol. 62, pp. 921–928.
- [10] Makeev M.O., Sinyakin V.Yu., Meshkov S.A. Reliability prediction of resonant tunneling diodes and non-linear radio signal converters based on them under influence of temperature factor and ionizing radiations. Advances in Astronautical Science, 2018, vol. 170, pp. 655–665.
- [11] Makeev M.O., Meshkov S.A., Cherkasov K.V. Modeling of Resonant-Tunneling Diodes I-V Characteristics' Kinetics Under Destabilizing Factors' Influence During Operation. Proceedings of 2019 International Russian Automation Conference (RusAutoCon 2019), 2019, p. 8867795. DOI: 10.1109/RUSAUTOCON.2019.8867795
- [12] Cherkasov K.V., Meshkov S.A., Makeev M.O. The Software Package for Modeling and Optimizing the Electrical Characteristics of Non-Linear Frequency Converters of Radio Signals Based on Resonant Tunneling Diodes. Proceedings of 2020 International Russian Automation Conference (RusAutoCon 2020), 2020, p. 9208210. DOI: 10.1109/rusautocon49822.2020.9208210

УДК 528.851

## **Информационная технология для разработки алгоритма бортовой обработки радиоголограмм, полученных с помощью радара с регулируемой апертурой: методический подход**

**Черный Анатолий Николаевич**

niiks77@yandex.ru

**НИИ космических систем имени А.А. Максимова — филиал АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева»**

*Рассмотрен методический подход к разработке информационной технологии наземной отработки модернизированного алгоритма бортовой обработки радиоголограмм на основе блочно-адаптивного квантования с кодированием по Хаффману. Сущность технологии заключается в решении оптимизационной задачи максимизации компрессии космической информации, содержащей радиоголограммы и передаваемой по радиолинии «борт – Земля». При этом обеспечивается минимизация влияния компрессии КИРГ на качество синтезируемых радиолокационных изображений.*

**Ключевые слова:** радиоголограмма, синтезируемая апертура, радиолокационное изображение, блочно-адаптивное квантование, кодирование по Хаффману, компрессия, космическая информация, бортовая обработка, информационная технология, помехоустойчивость

В соответствии с действующей Концепцией развития космической системы дистанционного зондирования Земли из космоса (ДЗЗ), создание и ввод в эксплуатацию космических аппаратов (КА), оснащенных радиолокаторами с синтезируемой апертурой (РСА), являются одной из важнейшей задачей развития космической системы ДЗЗ [1, 2].

Радиолокационная съемка с использованием РСА является перспективным направлением получения высококачественной геопространственной информации,

существенно отличающейся от получаемой с использованием оптикоэлектронной аппаратуры ДЗ3.

Высокое разрешение и детализация, независимость от погодных условий, облачности и времени суток, возможность «заглянуть внутрь» объекта съемки обеспечивают высокую востребованность радиолокационных изображений (РЛИ) в различных сферах экономики, что обуславливает необходимость дальнейшего развития методического обеспечения и информационных технологий получения и обработки результатов радиолокационного зондирования Земли с использованием РСА, размещенных на КА ДЗ3.

Одна из актуальных задач, требующей первоочередного разрешения, связана с двухэтапной технологией получения РЛИ: обработка радиоголограмм (РГ) на борту КА ДЗ3 и последующий синтез РЛИ с использованием наземных аппаратно-программных средств приема и обработки компрессии космической информации, содержащей радиогологramмы (КИРГ).

Полный объем РГ может достигать сотен гигабайт (в зависимости от времени работы и режима съемки на витке), что с учетом современного уровня и темпов развития радиолинии «борт — Земля» и наземной инфраструктуры приема и обработки КИРГ может привести к проблемной ситуации, при которой «сброс» на наземные средства накопленного на борту информационного ресурса с результатами радиолокационной съемки потребует нескольких сеансов радиосвязи. А это отрицательно скажется на оперативности доведения РЛИ до потребителя и ее актуальности.

Целью бортовой обработки радиоголограмм является повышение степени компрессии КИРГ, что, однако, может оказать существенное отрицательное влияние на качество синтезируемых РЛИ. В этой связи остается актуальной задача разработки информационной технологии отработки алгоритмов бортовой обработки (АОР) РГ с целью оптимизации его параметров, один из вариантов методического подхода к решению этой задачи приводится в данном докладе.

В методическом плане бортовая обработка может рассматриваться как разработка математического аппарата, обеспечивающего высокое «сжатие» РГ и повышение помехоустойчивости КИРГ, разработанного на основе блочно-адаптивного квантования с кодированием по Хаффману. При этом научная новизна АОР обеспечивается за счет модификации математического аппарата, включая предложения по критерию выбора порогов и уровней квантования, что обеспечивает для выбранной степени «сжатия» при незначительной вычислительной сложности наилучшее отношение сигнал/шум на синтезируемом РЛИ.

В информационно-технологическом плане предлагается информационная технология наземных АОР, заключающаяся в решении оптимизационной задачи максимизации компрессии КИРГ при минимизации ее влияния на качество синтезируемых РЛИ. В результате такой наземной отработки рассчитываются оптимальные параметры и коэффициенты, обеспечивающие максимальную компрессию РГ при сохранении или допустимом снижении качества РЛИ, синтезируемых из КИРГ.

Для оценки качества РЛИ предлагается методика расчета значения интегрированного показателя (ИПК) РГ, компонентами которого являются основные параметры РЛИ и свертка которых учитывает важность параметров в зависимости от предназначения РЛИ.

Новизна в этом направлении заключается в информационно-технологических решениях наземной отработки АОР для оптимизации его параметров с учетом применимости РЛИ и методике расчета оптимальных порогов и уровней квантования.

Структурно-функциональной схемой информационной технологии отработки АОР для решения оптимизационной задачи предусматривается циклическая реализация четырех основных информационно-технологических процессов:

- автоматизированное управление отработкой, формирование и изменений условий ее проведения — массив исходных данных для задания исходной РГ, параметров «сжатия» и повышения помехоустойчивости;
- бортовая обработка исходной РГ в соответствии с АОР при заданных параметрах «сжатия» и повышений помехоустойчивости с целью формирования КИРГ для передачи по радиолинии «борт — Земля»;
- прием и распаковка КИРГ с последующим синтезом РЛИ;
- оценка качества АОР — оценка степени влияния бортовой обработки на РЛИ путем вычисления и сравнения значения ИПК РГ для РЛИ, синтезированных из исходной и восстановленной из КИРГ радиоголограмм.

При достижении требуемого уровня компрессии РГ и допустимом снижении качества РЛИ отработка прекращается, а параметры «сжатия» и повышения помехоустойчивости принимаются в качестве оптимальных. В противном случае параметры оптимизации изменяются и цикл вычислений повторяется.

По результатам оптимизации составляются таблицы, которые будут заноситься в память бортового вычислителя и наземных средств распаковки РГ и использоваться при бортовой обработке РГ в зависимости от решаемых РСА задач и предполагаемой применимости РЛИ. При необходимости наполнение таблиц может оперативно уточняться в течение всего срока активного существования КА ДЗЗ.

Предполагается, что развитие предложенного методического подхода обеспечит разработку информационной технологии, программно-алгоритмическая реализация которой позволит за счет внедрения АОР в бортовой вычислительный комплекс обеспечить существенное (до 35...40 %) снижение объема и повышение помехоустойчивости КИРГ при обеспечении допустимого снижения качества РЛИ, определяемого с учетом их применимости для информационного обеспечения решаемых управленческих задач.

## **Литература**

- [1] Основные положения Федеральной космической программы 2016–2025 гг. URL: <https://www.roscosmos.ru/22347/> (дата обращения 12.11.2021).
- [2] Заичко В.А., Хайлор М.Н. Основные направления развития российской системы ДЗЗ из космоса // Дистанционное зондирование Земли из космоса в России. 2019. Вып. 1. С. 8–15.

## **Information Technology for the Development of an Algorithm for On-Board Processing of Radio Holograms Obtained Using a Radar with an Adjustable Aperture: A Methodical Approach**

*Cherny Anatoliy Nikolaevich*                           *niiks77@yandex.ru*

*A.A. Maksimov Research Institute of Space Systems —  
A Branch of Khrunichev State Scientific Research Center*

*A methodological approach to the development of information technology for ground-based testing of an upgraded algorithm for onboard processing of radio holograms (AOR) based on block-adaptive quantization with Huffman coding is considered. The essence of the technology is to*

*solve the optimization problem of maximizing the compression of space information containing radio holograms (RG) and transmitted over the radio line "board – Earth" (KIRG). At the same time, the effect of KIRG compression on the quality of synthesized radar images (RLI) is minimized.*

**Keywords:** *radio hologram, synthesized aperture, radar image, block-adaptive quantization, Huffman coding, compression, space information, onboard processing, algorithm, information technology, noise immunity*

## References

- [1] Osnovnye polozheniya Federal'noi kosmicheskoi programmy 2016–2025 gg [The main provisions of the Federal Space Program 2016–2025]. Available at: <https://www.roscosmos.ru/22347/> (accessed November 12, 2021).
- [2] Zaichko V.A., Khailov M.N. Osnovnye napravleniya razvitiya rossiiskoi sistemy DZZ iz kosmosa [Main directions of development of Russian remote sensing system from space]. Distantsionnoe zondirovanie Zemli iz kosmosa v Rossii [Russian remote sensing from space], 2019, iss. 1, pp. 8–15. (In Russ.).



## Секция 12. ОБЪЕКТЫ НАЗЕМНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ РАКЕТНЫХ КОМПЛЕКСОВ

УДК 62.97

### Моделирование температурного состояния элементов конструкций поверхности антенны наземного комплекса управления космическими аппаратами в условиях действия солнечной радиации

**Баев Александр Игоревич**

aleksandr3103999@gmail.com

МГТУ им. Н.Э. Баумана, АО «ОКБ МЭИ»

**Золин Анатолий Владимирович**

pochtatoli@mail.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, АО «ОКБ МЭИ»

**Чугунков Владимир Васильевич**

chvbmstu@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Качество управления космическими аппаратами на дальних расстояниях от наземных радиотехнических комплексов зависит от геометрического совершенства зеркал параболических антенн, осуществляющих прием и передачу информации по радиоканалам связи. Изменение геометрии зеркальной поверхности может происходить вследствие неравномерного нагрева ее элементов при действии на них потоков солнечной радиации с различной интенсивностью, определяемой углами расположения элементов зеркальной поверхности относительно Солнца. С использованием компьютерного моделирования проанализировано распределение температуры элементов конструкций поверхности параболической антенной системы при воздействии солнечной радиации на ее отражающую поверхность. По результатам проведенного анализа определены параметры температурных деформаций конструктивных элементов поверхности антенны. Рассмотрены конструктивные варианты для уменьшения температуры нагрева и температурных деформаций элементов конструкции поверхности антенны.

**Ключевые слова:** космический аппарат, наземный комплекс управления, параболическая антenna, температура поверхности, моделирование

Большие зеркальные антенны широко используются в различных современных радиотехнических системах преимущественно для космической и спутниковой связи и радиоастрономии [1]. Под определение «большие зеркальные антенны» подпадают антенны, физические размеры которых составляют десятки метров и более 100 м. В качестве примера можно привести такие антенны, как ТНА-400 диаметром 32 м, ТНА-1500 диаметром 64 м, РГ-70 диаметром 70 м.

Наиболее широкое применение в наземном оборудовании ракетно-космических комплексов нашли большие зеркальные антенны параболического типа. Это обусловлено тем, что параболические антенны являются более универсальными, технологичными и экономичными по сравнению с другими зеркальными антennами при прочих равных условиях.

Как и для всех больших зеркальных антенн, для антенных систем параболического типа существуют проблемы, связанные с конструкцией зеркальной системы. Эти

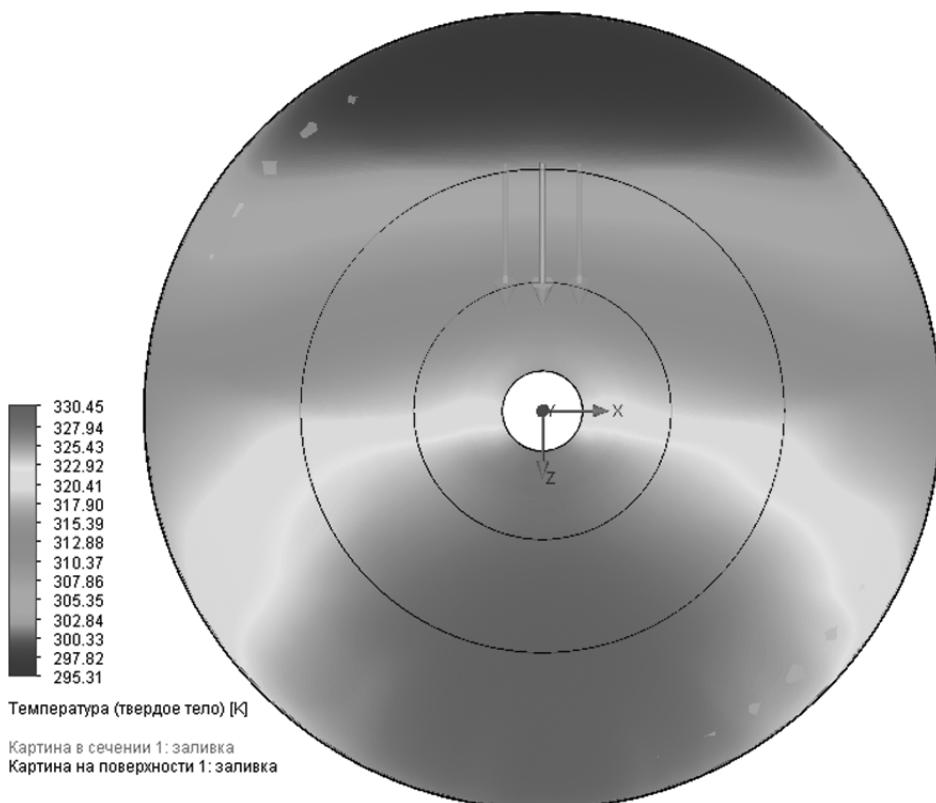
проблемы определяют нижний порог диапазона длин волн, в котором будет работать антенна. Известно, что минимальная рабочая длина волны антенной системы определяется соотношением  $\lambda_{\min} = (25 \dots 50)\sigma$ , где  $\sigma$  — суммарное среднеквадратическое отклонение реальной формы зеркальной системы от теоретической [1].

В работе [2] под среднеквадратическим отклонением антенны понимается среднее значение квадрата отклонения  $d(r)$  реальной отражающей поверхности от поверхности  $S$  идеального параболоида:

$$pi = \sigma = \sqrt{\frac{1}{S} \int_S d^2(r) dS}$$

где  $r = r(x, y, z)$  — радиус-векторы точек  $M(r) \in S$ .

На значение результирующего среднеквадратического отклонения влияют множество факторов: погрешности изготовления каркаса и конструктивных элементов отражающей поверхности; погрешности монтажа каркаса и конструктивных элементов отражающей поверхности; весовые, ветровые и температурные деформации каркаса и конструктивных элементов отражающей поверхности в процессе эксплуатации и др.



Эпюра распределения температуры по отражающей поверхности

В данной работе проведено моделирование солнечного теплового воздействия на элементы конструкции отражающей поверхности большой параболической антенны в процессе ее эксплуатации, а также проведена оценка температурных деформаций, вызванных этим воздействием. В роли предела допустимых деформаций выступает среднеквадратическое отклонение отражающей поверхности.

Для моделирования воздействия солнечной радиации использовался модуль теплообмена и вычислительной гидродинамики Flow Simulation, встраиваемый в программный комплекс SolidWorks [3]. В процессе моделирования была разработана твердотельная модель зеркальной системы и решена стационарная задача для варианта воздействия солнечной радиации, при котором величина плотности теплового потока солнечной радиации максимальна, а антenna ориентирована относительно этого потока так, что по отражающей поверхности зеркальной системы устанавливается максимальный перепад температур.

Для выбора максимальной плотности теплового потока солнечной радиации использовался проект NASA «The Prediction of Worldwide Energy Resources» [4], позволяющий получить информацию о различных показателях окружающей среды практически в любой точке земного шара.

Выбор угла падения солнечных лучей, обеспечивающего наибольший перепад температур по отражающей поверхности антенны, был сделан по результатам проведения комплекса расчетов.

Для выбранного наихудшего варианта получена эпюра распределения температуры по отражающей поверхности, представленная на рисунке.

Нагрев, определенный в результате моделирования, вызывает деформации щитов отражающей поверхности соизмеримые со среднеквадратическим отклонением антенны. Данное обстоятельство порождает необходимость поиска вариантов термостабилизации отражающей поверхности зеркальной системы. Рассмотрены возможные конструктивные варианты для уменьшения температуры нагрева и температурных деформаций элементов конструкции поверхности антенны.

## Литература

- [1] Проблемы антенной техники / под ред. Л.Д. Бахраха, Д.И. Воскресенского. М.: Радио и связь, 1989. 368 с.
- [2] Баничук Н.В., Карпов И.И., Клиmov Д.М., Маркеев А.П., Соколов Б.Н., Шаранюк А.В. Механика больших космических конструкций. М.: Факториал, 1997. 302 с.
- [3] Алямовский А.А. SOLIDWORKS Simulation и FloEFD. Практика, Методология, Идеология. М.: ДМК, 2020. 658 с.
- [4] The Prediction of Worldwide Energy Resources / NASA. Available at: <https://power.larc.nasa.gov/> (accessed November 12, 2021).

## **Modeling of the Temperature State of Structural Elements of the Antenna Surface of a Ground-Based Spacecraft Control Complex under the Action of Solar Radiation**

**Baev Aleksandr Igorevich** aleksandr3103999@gmail.com

*BMSTU, SC "Special research bureau of Moscow power engineering institute"*

**Zolin Anatoliy Vladimirovich** pochitatoli@mail.ru

*BMSTU, SC "Special research bureau of Moscow power engineering institute"*

**Chugunkov Vladimir Vasilevich** chvbmstu@bmstu.ru

*BMSTU*

*The quality of spacecraft control at long distances from ground-based radio engineering systems depends on the geometric perfection of the mirrors of parabolic antennas that receive and transmit information via radio communication channels. A change in the geometry of the mirror surface can occur due to uneven heating of its elements under the action of solar radiation fluxes with different intensities determined by the angles of the mirror surface elements relative to the Sun. The temperature distribution of structural elements of the surface of a parabolic antenna system under the influence of solar radiation on its reflecting surface is analyzed using computer modeling. Based on the results of the analysis, the parameters of temperature deformations of the structural elements of the antenna surface were determined. Constructive options for reducing the heating temperature and temperature deformations of the antenna surface structural elements are considered.*

**Keywords:** *spacecraft, ground control system, parabolic antenna, surface temperature, simulation*

### **References**

- [1] Problemy antennoi tekhniki [Problems of antenna technology]. Edited by L.D. Bakhrakh, D.I. Voskresensky. Moscow, Radio i svyaz' Publ., 1989, 368 p. (In Russ.).
- [2] Banichuk N.V., Karpov I.I., Klimov D.M., Markeev A.P., Sokolov B.N., Sharanyuk A.V. Mekhanika bol'shikh kosmicheskikh konstruktsii [Mechanics of large space structures]. Moscow, Faktorial Publ., 1997, 302 p. (In Russ.).
- [3] Alyamovskii A.A. SOLIDWORKS Simulation i FloEFD. Praktika, Metodologiya, Ideologiya [SOLIDWORKS Simulation and FloEFD. Practice, Methodology, Ideology]. Moscow, DMK Publ., 2020, 658 p. (In Russ.).
- [4] The Prediction of Worldwide Energy Resources / NASA. Available at: <https://power.larc.nasa.gov/> (accessed November 12, 2021).

УДК 621.314

## **Особенности виброакустической защиты операторов стационарных и подвижных пунктов управления и связи**

**Васильев Дмитрий Александрович** vasilyev2014akk@mail.ru

*BA PBCH*

**Рулов Сергей Васильевич** vasilyev2014akk@gmail.com

*BA PBCH*

*Рассмотрены основные особенности защиты от вибрационных и акустических (звуковых) воздействий операторов стационарных пунктов боевого управления и связи, а также*

*операторов и водителей подвижных агрегатов грунтовых мобильных ракетных комплексов (машин боевого управления, машин связи, машин обеспечения боевого дежурства, подвижных пусковых установок) при воздействии современного оружия вероятного противника.*

**Ключевые слова:** вибрационное воздействие, акустическое воздействие, пункты управления, кресла операторов, магнитные жидкости, виброизоляторы

Актуальность проблемы виброакустической защиты человека-оператора в настоящее время обусловлена обострением международной обстановки, возможностью применения вероятным противником средств нападения с использованием ядерного и высокоточного оружия, а также оружия на новых физических принципах. В начале XXI в. находятся следующие виды оружия в различных степенях разработки и испытаний:

- оружие направленной энергии (лазерное, ускорительное, сверхвысокочастотное, инфразвуковое (< 16 Гц);
- электромагнитное оружие (сверхвысокочастотный поток электромагнитных волн радиочастотного диапазона, кинетическое оружие);
- геофизическое, генетическое, радиологическое и другие новые виды оружия, поражающие факторы которых основываются на ранее неиспользовавшихся в военных целях процессах и явлениях.

Все виды оружия направленной энергии практически безынерционны (быстро действующие), инфразвуковое оружие является оружием мгновенного действия. Перенос энергии в них происходит со скоростью света или приближается к ней.

Разрушительное свойство оружия направленной энергии заключается в его скрытности, внезапности способности выводить из строя электромагнитные системы и операторов пунктов боевого управления и связи, что приводит к дезорганизации управления и потере боеспособности пунктов боевого управления и связи, снижению живучести ракетных комплексов.

Строительство высокопрочных и более жестких сооружений стационарных пунктов боевого управления и связи, глубокая посадка в грунт позволяет обеспечить их нормальное функционирование. Однако полностью решить проблему защищенности таким путем не удается, особенно в случае попадания стационарного командного пункта в ближнюю зону наземного или заглубленного взрыва ядерного или высокоточного оружия.

В этом случае сооружения командного пункта подвергается ударному нагружению, а его внутренние объемы, в том числе отсеки с рабочими местами операторов дежурных боевых расчетов, — мощному виброакустическому воздействию в широком диапазоне амплитудно-частотного спектра. Следствием виброакустического воздействия на организм человека-оператора, являются возникновения изменения как физиологического, так и функционального состояния. Виброакустические нагрузки носят знакопеременный характер и действуют в течение короткого времени (0,005...0,001 с). Существующие пассивные средства виброударозащиты личного состава дежурных боевых расчетов и командных пунктов имеют низкое быстродействие и малую эффективность [1].

Предлагается для повышения защищенности кресел операторов дежурных боевых расчетов стационарных пунктов боевого управления и связи использовать магнитные жидкости и магнитореологические супензии [2].

Акустическое воздействие — это колебательное движение частиц в упругой среде. Акустическое давление определяется следующей зависимостью:

$$P_A = 2\pi \cdot f \cdot \rho \cdot c \cdot A,$$

где  $P_A$  — максимальное акустическое давление, Н/м<sup>2</sup> (Па);  $f$  — частота, Гц;  $c$  — скорость распространения звука, м/с;  $\rho$  — плотность среды, кг/м<sup>3</sup>;  $A$  — амплитуда колебания частиц среды, м.

Случайное состояние звуков различной интенсивности и частоты вызывают появление шумов. Воздействие шума на человека-оператора зависит от его основных характеристик: уровня звукового давления, звука, спектра частот и др. Уровень звукового давления определяют по формуле

$$L = 20 \cdot \lg \left( \frac{P}{P_0} \right),$$

где  $L$  — звуковое давление, дБ;  $P$  — среднеквадратичное значение звукового давления, Па;  $P_0$  — нулевой порог слышимости (на частоте 1000 Гц  $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Па).

Переход к децибелам от паскалей обусловливается тем, что логарифмический масштаб более адекватно отражает субъективное восприятие шума человеком-оператором. По шкале децибел область восприятия шума лежит в диапазоне от 0 (нулевой порог) до 130...140 дБ (болевой порог) [3].

Единица измерения уровня звукового давления — децибел — названа в честь американского изобретателя телефона А.Г. Бела (1847–1922). Для ориентированной оценки шума используют уровень звука, дБА, который определяют по формуле

$$L_A = 20 \cdot \lg \left( \frac{P_A}{P_0} \right),$$

где  $P_A$  — среднеквадратическое давление с учетом кривой коррекции фильтра  $A$  шумомера [4].

Приведем некоторые уровни звуков:

- взлет ракеты — 180 дБА на расстоянии 100 м;
- салон комфортабельного автомобиля — 65 дБА;
- обитаемое отделение танка — 110...120 дБА.

Помимо основных характеристик уровня звука используют уровни интенсивности  $L_I$  и звуковой мощности  $L_W$ :

$$L_I = 10 \cdot \lg \left( \frac{I}{I_0} \right);$$

$$L_W = 10 \cdot \lg \left( \frac{W}{W_0} \right).$$

Здесь  $I, W$  — среднеквадратичные значения интенсивности и мощности звука соответственно;  $I_0, W_0$  — нулевые пороги интенсивности и мощности звука соответственно ( $I_0 = 10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup>,  $W_0 = 10^{-12}$  Вт).

Для расчета звука в малых замкнутых объемах (отсеках операторов, кабинах автомобилей) используют статистическую теорию Майера:

$$N = 5 \cdot \left( f_{rp} = \frac{200}{\sqrt[8]{V}} \right),$$

где  $N$  — число собственных частот колебаний воздуха в отсеке оператора;  $f_{rp}$  — граничная частота.

Число собственных частот отсека  $N$  определяют граничной частотой  $f_{rp}$  и рассчитывают согласно формуле

$$N = \frac{4 \cdot \pi \cdot f_{rp}^3 \cdot V}{3 \cdot c^3},$$

где  $V$  — объем отсека,  $\text{м}^3$ ;  $c$  — скорость звука,  $\text{м}/\text{с}$ .

Основы статистической теории заложены У.К. Сэбином в начале XX в. Он установил важную связь между объемом помещения и его акустическими характеристиками. Формула Сэбина определяет стандартное время ревербации  $T$  (затухания свободных колебаний воздушной среды для замкнутого объема), т. е. время, в течение которого интенсивность звука уменьшается в  $10^6$  раз, а уровень звукового давления падает на 60 дБ:

$$T = \frac{0,16 \cdot V}{A},$$

где  $A$  — эквивалентная площадь звукового поглощения в замкнутом объеме,  $\text{м}^2$ .

Поскольку распространение звука связано с переносом энергии, средний поток звуковой энергии, проходящей в единицу времени через единицу поверхности, перпендикулярной к направлению распространения волны, называют интенсивностью звука  $I$ ,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ :

$$I = \frac{p^2}{\rho \cdot c},$$

где  $p$  — давление,  $\text{Па}$ ;  $\rho$  — плотность,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $c$  — скорость звука,  $\text{м}/\text{с}$ .

Общее количество звуковой энергии, излучаемой источником в единицу времени, называют звуковой мощностью  $W$ ,  $\text{Вт}$ :

$$W = I \cdot \delta,$$

где  $I$  — интенсивность звука,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ ;  $\delta$  — площадь,  $\text{м}^2$ .

В дальнейшем предложено для повышения защищенности кресел операторов дежурных боевых расчетов стационарных пунктов боевого управления и связи использовать магнитные жидкости и магнитореологические сусpenзии.

## Литература

- [1] Чемусов А.В., Рулев С.В., Архангелов А.Г. Направления повышения защищенности объектов шахтных пусковых установок и командных пунктов. М., 2018. 223 с.
- [2] Рулев С.В., Самсонов В.Н., Севастьянов А.Ш., Шмырин Г.К. Управляемые магнито-жидкостные изоляторы. М., 1988. 207 с.
- [3] ГОСТ Р 51616–2000. Автомобильные транспортные средства. Шум внутренний. Допустимые уровни и методы испытаний. М.: Стандартинформ, 2007. 26 с.
- [4] Иванов Н.И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом. М.: ЛОГОС, 2016. 432 с.

## **Features of Vibroacoustic Protection of Operators and Drivers of Mobile and Stationary Points of Control and Communication**

**Vasilev Dmitriy Aleksandrovich**

vasilyev2014akk@mail.ru

SRTMA

**Rulev Sergey Vasilyevich**

xan-rule@ya.ru

SRTMA

*The main features of protection against vibration and acoustic (sound) impacts of operators of stationary combat control and communication points, as well as operators and drivers of mobile units of ground mobile missile systems (combat control vehicles, communication vehicles, combat duty support vehicles, mobile launchers) under the influence of modern weapons of a probable enemy are considered.*

**Keywords:** vibration impact, acoustic impact, control points, operator chairs, magnetic fluids, vibration isolators

### **References**

- [1] Chemusov A.V., Rulev S.V., Arkhangelov A.G. Napravleniya povysheniya zashchishchennosti obektorov shakhtrykh puskovykh ustannovok i komandnykh punktov [Directions for improving the security of mine launchers and command posts]. Moscow, 2018, 223 p. (in Russ.).
- [2] Rulev S.V., Samsonov V.N., Sevastyanov A.Sh., Shmyrin G.K. Upravlyayemye magnito-zhidkostnye izolyatory [Controlled magneto-liquid insulators]. Moscow, 1988, 207 p. (in Russ.).
- [3] GOST R 51616–2000. Avtomobilnye transportnye sredstva. Shum vnutrenniy. Dopustimye urovni i metody ispytaniy [Motor vehicles. Internal noise. Permissible levels and methods of tests]. Moscow, Standartinform Publ., 2007, 26 p. (in Russ.).
- [4] Ivanov N.I. Inzhenernaya akustika. Teoriya i praktika borby s shumom [Engineering acoustics. Theory and practice of noise control]. Moscow, LOGOS Publ., 2016, 432 p. (in Russ.).

УДК 621.314

## **Особенности виброакустической защиты операторов и водителей подвижных пунктов управления и связи**

**Васильев Дмитрий Александрович**

vasilyev2014akk@mail.ru

ВА РВСН

**Рулеv Сергей Васильевич**

xan-rule@ya.ru

ВА РВСН

*Рассмотрены основные особенности защиты от вибрационных и акустических (звуковых, шумовых) воздействий операторов и водителей подвижных агрегатов мобильных ракетных комплексов, а именно: машин боевого управления, машин связи, машин обеспечения боевого дежурства, подвижных пусковых установок — в условиях мирного времени и ведения боевых действий при воздействии современного оружия вероятного противника.*

**Ключевые слова:** вибрация, акустика, магнитно-жидкостные виброизоляторы, операторы машин боевого управления

При воздействии воздушной ударной волны ядерного взрыва или оружия направленной энергии на подвижные пункты боевого управления и связи (машины боевого управления, машины связи, машины обеспечения боевого дежурства) подвергаются воздействию перепада давлений во фронте ударной волны и скоростному напору воздуха, а кабины водителей и внутренние отсеки агрегатов за счет сжатия и уменьшения внутренних объемов подвергаются воздействию вибрации и упругому акустическому давлению.

Вибрации могут привести к серьезным нарушениям в организме человека-оператора вплоть до летального исхода. В зависимости от частоты вибрация способствует нарушению в работе нервной системы и опорно-двигательного аппарата, сердечно-сосудистой и костно-суставным нарушениям, вызывает спазмы сосудов. Негативное воздействие вибрации вызывает следующие симптомы: укачивание, резонансные колебания туловища, нарушение работы сердечно-сосудистой системы, снижение координации, снижение работоспособности, нагревание тканей, разрушение клеток. Для защиты от вибрации используются методы виброизоляции, вибродемпфирования, виброгашения.

На шум, генерируемый машинами боевого управления, связи, обеспечения боевого дежурства, подвижной грунтовой пусковой установки и другие влияют следующие факторы: тип и класс машины, скорость движения, характер движения (с постоянной скоростью, ускорением и торможением), тип ходового двигателя (бензиновый, дизельный, электрический), техническое состояние, год выпуска, количество и качество мер по снижению шума [1].

Источниками воздушного (акустического) шума являются: корпус двигателя, процессы впуска и выпуска воздуха, вентилятор системы охлаждения двигателя, трансмиссия, обтекания воздухом корпуса автомобиля при высоких скоростях движения. Вибрацию (структурный шум) создают двигатель и трансмиссия, совершающие периодические колебания и кинематическое возбуждение автомобиля при движении, имеющие случайный характер.

Для снижения акустического шума в отсеке (кабине) машины используются: звукоизоляция элементов ограждений отсека (кабины), установка акустических экранов.

Для снижения вибрационного шума применяется виброизоляция кабины, вибродемпфирование, снижение возбуждающих сил. Звукоизолирующая одинарная преграда имеет эффективность 12...20 дБА, виброизолаторы — 3...13 дБА, звукоизолирующая многослойная перегородки — 20...40 дБА, виброакустическая кабина — 10...20 дБА.

Анализ средств звукоизоляции показывают, что наиболее эффективными являются многослойные звукоизолирующие перегородки и виброизолирующие кабины (отсеки) [2]. При проектировании звукоизолирующих перегородок необходимо учитывать следующие требования:

- звукоизоляция перегородки должна быть одинаковой по всей ее площади;
- открытых проемов, щелей, отверстий не должно быть в перегородке;
- перегородка должна быть виброизолирована по периметру резиновыми прокладками;
- вводы в отсеки следует пропускать через резиновые или асbestosовые уплотнения.

Требования к виброизолирующими кабинам (отсекам) должны быть согласованы с эргономическими условиями проектирования. Основные требования:

- кабина (отсек) должны быть акустически герметизированы;

• кабина выполняется вместе с полом и устанавливается на управляемые магнитно-жидкостные виброизоляторы [3];

• в конструкциях органов управления, располагаемых в виброизолируемой кабине, (отсеке) жесткие связи устраняются по возможности.

Два аспекта, которые привлекают внимание акустиков к магнитным жидкостям.

1. Магнитная жидкость может служить в качестве магнитоакустического преобразователя. Периодически изменяющееся магнитное поле возбуждает периодически вынуждающую силу, которая приводит к деформации магнитной жидкости. При совпадении частоты поля и собственной частоты объема магнитной жидкости наблюдается резонансное возбуждение сигнала в воздухе.

2. Магнитное поле оказывает влияние на характеристики распространения ультразвука. Так, например, по некоторым данным, относительное изменение скорости звука при наложении магнитного поля может достигать величины равной 0,5. В то же время для хорошо стабилизированных и тщательно отсепарированных магнитных жидкостей, влияние магнитного поля на скорости практически не наблюдается, а коэффициент поглощения увеличивается незначительно.

Изменение акустических характеристик в магнитном поле наиболее ярко проявляется для магнитной жидкости, подверженной структурообразованию. В неоднородном магнитном поле вследствие магнитодиффузии частиц создается необходимое распределение концентрации феррофазы, следовательно, и акустических характеристик. Наличие феррофазы приводит к специфическим акустическим эффектам и в отсутствии магнитного поля.

Так, в концентрированных магнитных жидкостях наблюдается увеличение скорости звука и более медленный, чем квадратный, рост коэффициента поглощения при увеличении частоты. С возрастанием частоты  $f$  дисперсия уменьшается, что указывает на рост межчастичного взаимодействия в этих явлениях [4].

## Литература

- [1] ГОСТ Р 51616–2000. Автомобильные транспортные средства. Шум внутренний. Допустимые уровни и методы испытаний. М.: Стандартинформ, 2007. 26 с.
- [2] Иванов Н.И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом. М.: ЛОГОС, 2016. 432 с.
- [3] Рулев С.В., Самсонов В.Н., Севастьянов А.Ш., Шмырин Г.К. Управляемые магнито-жидкостные изоляторы. М., 1988. 207 с.
- [4] Чемусов А.В., Рулев С.В., Архангелов А.Г. Направления повышения защищенности объектов шахтных пусковых установок и командных пунктов. М., 2018. 223 с.

## Features of Vibroacoustic Protection of Operators and Drivers of Mobile Control and Communication Points

**Vasilev Dmitriy Aleksandrovich**

vasilyev2014akk@mail.ru

SRTMA

**Rulev Sergey Vasilyevich**

xan-rule@ya.ru

SRTMA

*The basic features of protection from vibration and acoustic as sound and noise effects of operators and drivers of mobile units of mobile missile systems, namely: combat control vehicles, communication vehicles, vehicles providing combat duty, mobile launchers and others – both in*

*peacetime and during combat operations under the influence of modern weapons of a probable enemy are considered in this paper.*

**Keywords:** vibration, acoustics, magnetic-liquid vibration isolators, operators of combat control vehicles

## References

- [1] GOST R 51616–2000. Avtomobilnye transportnye sredstva. Shum vnutrenniy. Dopustimye urovni i metody ispytaniy [Motor vehicles. Internal noise. Permissible levels and methods of tests]. Moscow, Standartinform Publ., 2007, 26 p. (in Russ.).
- [2] Ivanov N.I. Inzhenernaya akustika. Teoriya i praktika borby s shumom [Engineering acoustics. Theory and practice of noise control]. Moscow, LOGOS Publ., 2016, 432 p. (in Russ.).
- [3] Rulev S.V., Samsonov V.N., Sevastyanov A.Sh., Shmyrin G.K. Upravlyayemye magnito-zhidkostnye izolyatory [Controlled magneto-liquid insulators]. Moscow, 1988, 207 p. (in Russ.).
- [4] Chemusov A.V., Rulev S.V., Arkhangelov A.G. Napravleniya povysheniya zashchishchennosti obektov shakhtrykh puskovykh ustankov i komandnykh punktov [Directions for improving the security of mine launchers and command posts]. Moscow, 2018, 223 p. (in Russ.).

УДК 629.7.08

## Повышение проходимости агрегатов подвижного технологического оборудования перспективных ракетных комплексов на базе автопоездов с применением динамометрических колес в составе активных прицепных звеньев

Вертелецкий Владимир Геннадьевич volodia1503@yandex.ru  
 Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

Мазлумян Григорий Сергеевич gmazlumyan@mail.ru  
 Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

*Доклад посвящен обоснованию и разработке научно-методического аппарата для повышения проходимости агрегатов подвижного технологического оборудования перспективных ракетных комплексов на базе автопоездов с применением динамометрических колес в составе активных прицепных звеньев. Целью исследования является повышение проходимости агрегатов подвижного технологического оборудования перспективных ракетных комплексов на базе автопоездов с применением динамометрических колес в составе активных прицепных звеньев.*

**Ключевые слова:** проходимость, агрегат, подвижное технологическое оборудование, ракетный комплекс, автопоезд, динамометрическое колесо, активное прицепное звено

Представленные в докладе исследования посвящены обоснованию и разработке научно-методического аппарата для повышения проходимости агрегатов подвижного технологического оборудования перспективных ракетных комплексов на базе автопоездов с применением динамометрических колес в составе активных прицепных звеньев [1, 2]. Цель исследования — повышение проходимости агрегатов подвижного технологического оборудования перспективных ракетных комплексов на базе ав-

---

тогоездов с применением динамометрических колес в составе активных прицепных звеньев [2].

Для достижения цели исследования обоснованы и разработаны приведенные ниже новые научные результаты [1–4].

1. Методика оценки проходимости агрегатов подвижного технологического оборудования перспективных ракетных комплексов на базе автогоездов с применением динамометрических колес в составе активных прицепных звеньев, которая отличается от существующих учетом влияния на показатели проходимости структуры, характеристик и алгоритмов управления динамометрическими колесами активных прицепных звеньев автогоездов как базы агрегатов подвижного технологического оборудования перспективных ракетных комплексов.

2. Результаты математического моделирования агрегатов подвижного технологического оборудования перспективных ракетных комплексов на базе автогоездов с применением динамометрических колес в составе активных прицепных звеньев, которые в отличие от известных позволяют определить функциональные зависимости показателей проходимости агрегатов подвижного технологического оборудования перспективных ракетных комплексов на базе автогоездов от структуры, характеристик и алгоритмов управления динамометрическими колесами их активных прицепных звеньев.

3. Результаты экспериментальных исследований агрегатов подвижного технологического оборудования перспективных ракетных комплексов на базе автогоездов с применением динамометрических колес в составе активных прицепных звеньев, позволяющие впервые определить функциональные зависимости показателей проходимости агрегатов подвижного технологического оборудования перспективных ракетных комплексов на базе автогоездов от структуры, характеристик и алгоритмов управления динамометрическими колесами их активных прицепных звеньев.

4. Обоснованные предложения по созданию агрегатов подвижного технологического оборудования перспективных ракетных комплексов на базе автогоездов с применением динамометрических колес в составе активных прицепных звеньев повышенной проходимости.

Практическая значимость научных результатов состоит в значительном повышении проходимости агрегатов подвижного технологического оборудования перспективных ракетных комплексов на базе автогоездов с применением динамометрических колес в составе активных прицепных звеньев и, как следствие, повышение их подвижности и живучести.

Результаты научных исследований [3] проходят реализацию (внедрение) и в дальнейшем могут быть использованы:

- в научно-исследовательской работе и учебном процессе: МАДИ, МГТУ им. Н.Э. Баумана, Военной академии РВСН имени Петра Великого, МПУ, СиБАДИ;
- в научно-исследовательской работе ФГБУ «4 ЦНИИ» Минобороны России, АО «ЦНИИмаш», Военно-научного комитета РВСН;
- в опытно-конструкторской работе АО «Корпорация «МИТ», АО «ЦЭНКИ»;
- при планировании государственного оборонного заказа по строительству Вооруженных сил Российской Федерации: в Военно-научном комитете КВ; в Военно-научном комитете РВСН; в Военно-научном комитете Министерства обороны Российской Федерации;
- при планировании и осуществлении испытаний, опытной отработки, эксплуатации и модернизации вооружения, военной и специальной техники в эксплуатирующих организациях Министерства обороны Российской Федерации и государственной

корпорации по космической деятельности «Роскосмос»: в войсковых частях РВСН, в войсковой части № 13991 (космодром «Плесецк», г. Мирный), на космодроме «Восточный».

### **Литература**

- [1] Литвинов А.С., Фаробин Я.Е. Автомобиль: теория эксплуатационных свойств. М.: Машиностроение, 1989. 240 с.
- [2] Рыков С.П. Моделирование и оценка поглощающей и сглаживающей способности пневматических шин в расчетах подвески, плавности хода и подпрессоривания автомобиля. Братск: Брат. гос. техн. ун-т, 2004. 322 с.
- [3] Пат. 2327968 (RU) C2, МПК G01M17/02. Способ определения коэффициента сопротивления качению колеса с пневматической шиной и устройство для его осуществления / Рыков С.П., Тарасюк В.Н. (RU); заявитель и патентообладатель Брат. гос. ун-т. № 2006116090; заяв. 10.05.06; опубл. 27.06.08, Бюл. № 18.
- [4] Sova V.A., Mazlumyan G.S., Egorov O.V., Shadrin S.S., Eruslankin S.A., Sova A.N. The results of modeling and evaluating the dynamics of a road train with an active trailer link based on valve-inductor electric machines. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 2020. №832. 12 p.

### **Increasing the Patency of Mobile Technological Equipment Units of Promising Rocket Complexes Based on Road Trains with the Use of Dynamometer Wheels as Part of Active Trailer Links**

**Verteletskii Vladimir Gennadievich**

volodia1503@yandex.ru

*Moscow Automobile and Road Engineering State Technical University (MADI)*

**Mazlumyan Gregory Sergeevich**

gmazlumyan@mail.ru

*Moscow Automobile and Road Engineering State Technical University (MADI)*

*The report is devoted to the substantiation and development of a scientific and methodological apparatus for estimating the passage of units of mobile technological equipment of advanced rocket complexes based on road trains with the use of dynamometric wheels as part of active trailed links. The aim of the study is to increase the cross-country ability of mobile technological equipment units of promising rocket complexes based on road trains using dynamometric wheels as part of active trailed links.*

**Keywords:** mobile technological equipment, rocket complexes, road trains using dynamometric wheels, active trailed links

### **References**

- [1] Litvinov A.S., Farobin Y.E. Avtomobil': teorija jekspluatacionnyh svojstv [Car: Theory of operational properties]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1989, 240 p. (In Russ.).
- [2] Rykov S.P. Modelirovanie i ocenka pogloshchajushhej i sglazhivajushhej sposobnosti pnevmaticheskikh shin v raschetah podveski, plavnosti hoda i podressorivaniya avtomobilja [Modeling and evaluation of the absorbing and smoothing capacity of pneumatic tires in calculating the suspension, ride and suspension of a car]. Bratsk, Brat. gos. tehn. un-t Publ., 2004, 322 p. (In Russ.).
- [3] Pat. 2327968 (RU) C2, IPC G01M17 / 02. Sposob opredelenija koefficientea soprotivlenija kacheniju kolesa s pnevmaticheskoy shinoj i ustroystvo dlja ego osushhestvlenija [Method for determining the rolling resistance coefficient of a wheel with a pneumatic tire and a device for its implementation] / Rykov S.P., Tarasyuk V.N. (RU); applicant and patentee BSTU. No. 2006116090; application 05/10/06; publ. 06.27.08, bul. no. 18. (In Russ.).

- 
- [4] Sova V.A., Mazlumyan G.S., Egorov O.V., Shadrin S.S., Eruslankin S.A., Sova A.N. The results of modeling and evaluating the dynamics of a road train with an active trailer link based on valve-inductor electric machines. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, vol. 32, 12 p.

УДК 629.76.085

## **Влияние теплового воздействия газовых струй стартующей ракеты-носителя на металлоконструкции стартового оборудования**

**Веселов Михаил Владимирович**

**vmv1941@mail.ru**

**Филиал ФГУП «ЦЭНКИ» — Научно-исследовательский институт  
стартовых комплексов имени В.П. Бармина**

*Рассмотрено напряженное и деформированное состояние листов металлоконструкций, находящихся под действием высокотемпературных газовых струй двигательных установок ракет-носителей. На практических примерах показан характер распределения напряжений в сечениях листов металла как в области упругих деформаций, так и с учетом зон пластического деформирования материала. Определены деформации листов металлоконструкций при нагреве и после остывания. Показано влияние условий закрепления на напряженное состояние. Сделан вывод об условиях закрепления листов для снижения возможного уровня пластического деформирования и накопления малоцикловой усталости.*

**Ключевые слова:** стартовое оборудование, тепловое воздействие, напряжение, деформация

Пуск ракеты-носителя (РН) и ее движение на начальном участке полета сопровождаются интенсивным воздействием газовых струй двигательных установок (ДУ) на элементы стартовых систем. Наибольшему тепловому воздействию подвержены металлоконструкции покрытия газохода, стартового стола, металлооблицовка покрытия строительного сооружения, находящиеся в поле воздействия струй ДУ. Ввиду кратковременности воздействия, исчисляемого временем нескольких секунд, процесс нагрева конструкций носит ярко выраженный неравномерный и нестационарный характер [1]. Результатом такого воздействия является нагрев металлоконструкций до высоких температур, образование в них напряжений вызванных неравномерным нагревом конструкции, возможное нарушение ее прочности, проплавление и унос материала с поверхности.

В качестве наиболее неблагоприятного результата теплового воздействия приведены повреждения листов металлооблицовки и оплавление плит газоотражателя. Повреждения конструкций могут происходить единовременно или проявляться после ряда циклов теплового воздействия, что является следствием малоцикловой усталости материала [2]. Приведен характерный пример параметров теплового воздействия газовых струй ДУ РН на поверхности металлооблицовки размером  $1 \times 1$  м толщиной 2 см по результатам расчетов воздействия струй ДУ и с учетом динамики подъема и сноса РН по траектории движения на начальном участке полета [3].

Численное решение по распределению напряжений в свободном листе в линейной постановке было определено на основе использования метода конечных элементов (МКЭ) в условиях отсутствия закрепления листа для линейных и нелинейных

характеристик материала. Показано, что для заданного расчетного примера имеет место пластическая деформация на внешней и внутренней поверхностях листа толщиной около 2 мм.

Величина изгибной деформации в центре листа равна 9 см, на границе листа 4,5 см. После остывания листа происходит его деформация в обратном направлении, которая в центре листа равна 1 мм.

Показано, что решение определения НДС листа при температурном воздействии может быть получено и без применения программных пакетов на основе МКЭ. Методика основана на решении задачи определения плоских тепловых деформаций листа рассматриваемых как разность между деформациями листа под действием тепловых сил и тепловых моментов и линейными тепловыми деформациями слоев листа [4].

Приведено уравнение для определения напряжения при заданном распределении температуры по толщине листа.

Методика реализована в виде MATLAB-программы и обеспечивает решение как для линейных так и нелинейных свойств материала листа. Приведены графики максимального прогиба при нагреве листа размерами  $1 \times 1$  м с учетом пластического деформирования материала листа в зависимости от его толщины и обратного прогиба при остывании листа.

Для сравнения приведены графики распределения напряжений в условиях линейных деформаций материала для трех случаев закрепления листа:

- 1 — отсутствие ограничений на перемещения;
- 2 — ограничения на поперечный изгиб;
- 3 — закрепление листа по всем степеням свободы.

Сделан вывод, что конструкция закрепления листов должна обеспечивать максимальную свободу деформации листа от теплового воздействия для чего рекомендовано закрепление листов в угловых точках с обеспечением свободного линейного и углового перемещения.

## Литература

- [1] Основы теплопередачи в авиационной и ракетно-космической технике / под ред. В.С. Авдуевского, В.К. Кошкина. М.: Машиностроение, 1992. 520 с.
- [2] Мэнсон С. Температурные напряжения и малоцикловая усталость. М.: Машиностроение, 1974. 334 с.
- [3] Веселов М.В. Тепловое воздействие газовых струй ДУ РКН на элементы конструкций стартового оборудования // XLV Академические чтения по космонавтике (Королёвские чтения — 2021): сб. тез.: в 4 т. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021. Т. 2. С. 438–439.
- [4] Гейтвуд Б.Е. Температурные напряжения. М.: Изд-во иностр. лит., 1959. 350 с.

## The Results of Gas Jet Heat-Action on the Ground Equipment Constructions

**Veselov Mikhail Vladimirovich**

vmv1941@mail.ru

Branch of FSUE "TSENK" I — Research Institute of Launch Complexes named after V.P. Barmin

*The report examines the stressed and deformed state of metal structure sheets under the influence of high-temperature gas jets of launch vehicle propulsion systems. Practical examples show the nature of the stress distribution in the cross sections of metal sheets both in the area of elastic deformations and taking into account the zones of plastic deformation of the material. Deformations of*

*metalwork sheets during heating and after cooling are determined. The influence of fixing conditions on the stress state is shown. The conclusion is made about the conditions for fixing the sheets to reduce the possible level of plastic deformation and accumulation of low-cycle fatigue.*

**Keywords:** launch equipment, heat action, stress strain diagram, deformation

## References

- [1] Osnovy teploperedachi v aviationsionnoi i raketno-kosmicheskoi tekhnike [Fundamentals of heat transfer in aviation and rocket and space technology]. Edited by V.S. Avduevsky, V.K. Koshkin. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1992, 520 p. (In Russ.).
- [2] Menson S. Temperaturnye napryazheniya i malotsiklovaya ustalost' [Temperature stresses and low-cycle fatigue]. Moscow, Mashinostroenie, 1974, 334 p. (In Russ.).
- [3] Veselov M.V. Teplovoe vozdeistvie gazovykh strui DU RKN na elementy konstruktsii startovogo oborudovaniya [Thermal effect of gas jets of the RCN on the structural elements of the launch equipment]. XLV Akademicheskie chteniya po kosmonavtike (Korolevskie chteniya — 2021) [Academic readings on cosmonautics (Korolev Readings — 2021): sat. tez: in 4 vols. Moscow, BMSTU Press, 2021, vol. 2, pp. 438–439. (In Russ.).
- [4] Geitvud B.E. Temperaturnye napryazheniya [Temperature stresses]. Moscow, Izd-vo inostr. lit. Publ., 1959, 350 p. (In Russ.).

УДК 533.694.7

## Исследование аэродинамических характеристик сферической оболочки с системой тангенциальных щелей в составе перспективного оборудования ракетных комплексов

Дидковский Аркадий Александрович

DidkovskiyAA@ya.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Мозговой Иван Владимирович

miv17f152@student.bmstu.ru

МГУ им. М.В. Ломоносова

*Рассмотрен способ снижения аэродинамического сопротивления перспективного наземного оборудования ракетных комплексов с помощью системы тангенциальных щелей. Получены теоретические зависимости для определения оптимальных параметров осуществления способа и параметров лобового сопротивления тела, оснащенного системой щелей. Представлены результаты эксперимента по определению лобового сопротивления движущейся сферы.*

**Ключевые слова:** аэродинамическое сопротивление, обтекание сферы, воздухоплавание, наземное оборудование ракетных комплексов, воздушный транспорт

Оборудование, использующее аэростатическую подъемную силу, имеет широкое применение в военной и гражданской сферах. В ракетно-космической технике данный вид оборудования может быть использован для перевозки негабаритных ступеней ракет-носителей, утилизации отработавших ступеней, эвакуации космонавтов и спускаемых аппаратов, ретрансляции радиосигнала [1, 2].

Технико-экономические характеристики данного типа оборудования сильно зависят от коэффициента аэродинамического сопротивления [3, 4]. В настоящих тези-

сах рассмотрена возможность снижения лобового сопротивления оболочек оборудования в рамках оценки перспективы его применения в составе комплекса наземных средств подготовки и осуществления пуска ракет.

Создаваемая система призвана уменьшить лобовое сопротивление оболочки за счет управления пограничным слоем. Конструкция системы представляет собой две концентрические сферы. Наружная сфера в носовой части имеет отверстие, снабженное импеллером, на поверхности сферы расположены кольцевые тангенциальные щели, направленные в сторону хвостовой части. Воздух в пространство между наружной и внутренней оболочками нагнетается импеллером. За счет увеличения сечения канала снижается скорость воздуха и повышается давление. Воздух из пространства между оболочками испускается через щели со скоростью несколько большей, чем скорость набегающего потока, на величину, обусловленную параметрами импеллера и соотношением между площадью импеллера и суммарной площадью щелей. На начальном участке воздух из щелей движется в ламинарном режиме, а расстояние до перехода в турбулентный режим больше, чем расстояние до следующей щели.

Основные геометрические характеристики системы, обеспечивающие реализацию тангенциального обдува сферы, определяются из теории пограничного слоя. В частности, теория пограничного слоя позволяет определить количество щелей, ширину щелей, и диаметр входного отверстия. По известному требуемому времени разгона до крейсерской скорости можно определить потребную тягу и необходимую мощность импеллера.

Коэффициент лобового сопротивления в данном случае определяется интегралом силы трения по поверхности оболочки. При скорости набегающего потока 50 м/с:

$$X = 0,324\pi^2 R^2 v_{\text{пп}}^2 \sqrt{\rho\mu};$$

$$c_x = \frac{2X}{\rho v_{\text{пп}}^2 \pi R^2} = 0,648\pi \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} = 0,0076.$$

Здесь  $X$  — сила лобового сопротивления;  $R$  — радиус наружной сферы;  $v_{\text{пп}}$  — скорость набегающего потока;  $\rho$  — плотность воздуха;  $\mu$  — вязкость воздуха;  $c_x$  — коэффициент лобового сопротивления.

Полученное значение коэффициента аэродинамического сопротивления составляет 2 % от значения коэффициента аэродинамического сопротивления сферы без системы тангенциальных щелей.

Для верификации теоретических значений был проведен эксперимент. В соответствии с полученными при расчете геометрическими параметрами была изготовлена сфера диаметром 1,6 м, снабженная 14 тангенциальными щелями шириной 1 мм. В качестве материала макета использовалась ткань с односторонним термополиуритановым покрытием. Ширина щелей обеспечивалась пластиковыми вкладышами специальной формы.

Экспериментальный макет подвешивался за крюк с механизмом сброса и поднимался на высоту 32 м над полом ангара. На уровне 16 м была установлена видеокамера, фиксировавшая процесс падения макета. После сброса видеозапись покадрово анализировалась специальной программой «СФЕРА-ЭМ», определяющей характеристики движения. Аэродинамические коэффициенты определялись исходя из уравнения движения и полученных по видеозаписи характеристик.

В ходе испытаний проведены 37 сбросов экспериментального макета с грузами 100 и 600 г, с открытыми и закрытыми щелями. Из видеозаписи каждого сброса получен в виде табличной функции закон движения центра масс экспериментального макета. Из закона движения численным дифференцированием получены скорость, ускорение и коэффициент лобового сопротивления.

При помощи системы тангенциального обдува удалось снизить лобовое сопротивление сферической оболочки на 25 %. Данное значение в 3,92 раза ниже теоретического, что говорит о несовершенстве математической модели и требует ее корректировки с опорой на результаты настоящих испытаний.

При изменении диаметра внутренней оболочки выявлено резкое увеличение лобового сопротивления до уровня экспериментального макета с закрытыми щелями при диаметре внутренней оболочки больше 80 % от диаметра экспериментального макета.

## Литература

- [1] Zolin A., Didkovsky A. Development of the transport airship for cargo delivery to the Vostochny Cosmodrome // AIP Conference Proceedings of XLIII Academic Space Conference dedicated to Sergey Korolev. (Moscow, January 28 – February 1, 2019). AIP Publishing, 2019. Vol. 2171. No. 1. Art. no.120004. DOI: 10.1063/1.5133260
- [2] Дидковский А.А., Мухина Е.Д., Чернов А.К. Разработка транспортного дирижабля для доставки негабаритных грузов на космодром «Восточный» // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Аэрокосмическая техника. 2020. №.63. DOI: 10.15593/2224-9982/2020.63.03
- [3] Kirilin A. Do new generation airships change a paradigm in transport logistics? // Proceedings of the 10th International Airship Convention& Exhibition. (Friedrichshafen, April 16–18, 2015). Friedrichshafen, Germany, 2015. Paper no. 380017. DOI: 10.12737/10392
- [4] Kirilin A.N., Boldyreva A.A., Timushev S.F., Tsiplenko A.V. Thermal calculation of airship hull protection from snow // Global Journal of Pure and Applied Mathematics. 2016. Vol. 12. No. 1. Pp. 602–615.

## Investigation of the Aerodynamic Characteristics of a Spherical Shell with a System of Tangential Slits as Part of the Advanced Equipment of Rocket Complexes

*Didkovskiy Arkadiy Aleksandrovich*

*BMSTU*

*DidkovskiyAA@ya.ru*

*Mozgovoy Ivan Vladimirovich*

*Lomonosov MSU*

*miv17f152@student.bmstu.ru*

*This paper considers a method of decreasing air resistance of ground-based advanced equipment of rocket complexes using a system of tangential slits. Theoretical dependences are obtained for finding out the optimal parameters of the system and the values of the drag coefficient of a body equipped with a system of slits. The results of an experiment on finding the resistance of a moving sphere are presented.*

**Keywords:** air resistance, sphere flow, aerostatics, ground-based equipment of rocket complexes, transport and loading unit

## References

- [1] Zolin A., Didkovsky A. Development of the transport airship for cargo delivery to the Vostochny Cosmodrome. AIP Conference Proceedings of XLIII Academic Space Conference dedicated to Sergey Korolev. (Moscow, January 28 — February 1, 2019). AIP Publishing, 2019, vol. 2171, no. 1, art. no.120004. DOI: 10.1063/1.5133260
- [2] Didkovskiy A.A., Mukhina E.D., Chernov A.K. Razrabotka transportnogo dirizhablya dlya dostavki negabaritnykh gruzov na kosmodrom "Vostochnyy" [Development of a transport airship for the delivery of oversized cargo to the Vostochny cosmodrom]. Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Aerokosmicheskaya tekhnika [PNRPU Aerospace Engineering Bulletin], 2020, no. 63. DOI: 10.15593/2224-9982/2020.63.03
- [3] Kirilin A. Do new generation airships change a paradigm in transport logistics? Proceedings of the 10th International Airship Convention& Exhibition. (Friedrichshafen, April 16–18, 2015). Friedrichshafen, Germany, 2015, paper no. 380017. DOI: 10.12737/10392
- [4] Kirilin A.N., Boldyreva A.A., Timushev S.F., Tsiplenko A.V. Thermal calculation of airship hull protection from snow. Global Journal of Pure and Applied Mathematics, 2016, vol. 12, no. 1, pp. 602–615.

УДК 629.5.067.8

## Системы импульсного пожаротушения для объектов наземной инфраструктуры

**Захматов Владимир Дмитриевич**

v.zahmatoff@yandex.ru

БГТУ «Военмех» им. Д.Ф. Устинова

**Чернышов Михаил Викторович**

mvcher@mail.ru

БГТУ «Военмех» им. Д.Ф. Устинова

**Савелова Карина Эдуардовна**

karinkamurz@yandex.ru

БГТУ «Военмех» им. Д.Ф. Устинова

Существующая техника пожаротушения не позволяет быстро тушить пожары на больших площадях, в особенности на труднодоступных или опасных территориях (химические, нефтеперерабатывающие производства, склады боеприпасов, предприятия аэрокосмической отрасли). Предложено использовать импульсные технологии пожаротушения, разработанные профессором В.Д. Захматовым. Предлагаемая система пожарозащиты оборудования с помощью системы из многоствольных модулей может применяться на стартовых площадках космодрома, взлетно-посадочных полосах аэропортов и в самых различных условиях.

**Ключевые слова:** пожаротушение, стартовый комплекс, импульсные системы, технологии «ZET»

Во всем мире наблюдается рост числа и масштаба крупномасштабных катастрофических пожаров, в том числе на труднодоступных или опасных территориях нефтеперерабатывающих производств, добывающей промышленности, химической промышленности, складов боеприпасов, предприятий аэрокосмического комплекса. Велика взрывопожароопасность стартовых комплексов ракетно-космической техники. При этом существующим системам пожаротушения присущ ряд недостатков, например:

- подача огнетушащего состава (ОС) узкими струями с малой площадью накрытия;
- высокие удельные расходы ОС и большой убыток от проливов воды, часто превышающий убыток от пожара;

- малая дальность и большой масштаб тушения;
- низкая степень защиты пожарных, включая экипаж пожарных машин, от теплового излучения, ударных волн, осколков, токсического действия пожара;
- сильно ограниченная автономность пожарных машин, невозможность тушения даже пожаров с площадью в сотни квадратных метров без водопровода или ближнего водоема;
- исчерпание ресурса модернизации традиционной пожарной техники.

В связи с приведенными недостатками, авторы предлагают внедрение импульсных систем пожаротушения, разработанной по технологии «ZET» профессора В.Д. Захматова.

Технологии «ZET» предполагают импульсную подачу и диспергирование огнетушащих составов [1]. Эта технология может быть конструктивно реализована в виде многоствольных модулей на гусеничных и колесных шасси; многосекционных контейнеров и много-контейнерных платформ; портативных и возимых огнетушителей (как ручных 4–9-ствольных, так и одноствольных дальнего распыла) или даже мини-распылителей для самозащиты.

Основной эффект тушения очага возгорания по технологии «ZET» достигается:

- механическим сбитием пламени фронтом ударной волны и спутным газодисперсным потоком;
- разрушением и интенсивным охлаждением обугленной высокотемпературной зоны;
- разбавлением паров горючего перед зоной горения частицами огнетушащих агентов;
- мгновенным созданием газодисперсного облака заданных размеров, охлаждающего и экранирующего потоки дыма и излучения.

Предлагаемая установка с многоствольными импульсно-распылительными модулями может применяться на пожарных поездах, что позволит быстро тушить, например, стартовые площадки ракетно-космической техники в случае возникновения подобных неполадок, а также уменьшить разрушительные последствия взрыва оборудования [2, 3]. Существует целесообразность дополнительного оснащения существующих автоматических систем пожарозащиты на стартовых комплексах многоствольными модулями (ММ) залпового распыления. Модули могут быть установлены на шасси железнодорожных платформ, так как это наиболее удобно по конструкции, массе и стойкости к многократной отдаче от распылительных залпов.

Выбор железнодорожной платформы определяется совокупностью причин: опыт размещения на железнодорожных платформах наиболее мощных артиллерийских орудий с большой отдачей от выстрела, развития сети железнодорожной колеи в зоне наземной инфраструктуры ракетных комплексов. Предлагается создать (возможно, параллельную) подсистему из нескольких платформ с ММ, расположенных вокруг стартовой площадки на расстояниях от 50 до 200 м, чтобы не нарушать работу стартового оборудования, не загромождать подъездных путей, но, в то же время, обеспечить эффективную, наиболее быструю теплозащиту стартовых конструкций от мощных струй пламени стартовых ракетных двигателей. Каждый залп дистанционно создает газопорошковый вихрь и масштабно сбивает пламя, а образующийся при этом газоводяной шквал интенсивно охлаждает объем пространства вокруг стартовых конструкций и их поверхность. Серия последовательных залпов создает эффективное комбинированное тушение и светотеплозащиту. Это позволит продлить срок работы дорогих стартовых конструкций, оборудования и, как следствие, сократить

период и стоимость предстартовой подготовки, увеличить количество стартов, снизить количество регулярно заменяемого оборудования и конструкций.

У установки, выполненной по технологии «ZET», быстро расширяется фронт распыла после выстрела. В результате фактически образуется конусообразная импульсная струя с углом раствора в 20...25°. Экспериментально подобран такой режим распыла, что фронт расширяется наиболее быстро и эффективно охватывает максимальную площадь [4].

В настоящее время авторы прорабатывают вопрос проектирования и изготовления опытно-промышленного образца пожарной железнодорожной платформы с многоствольными модулями импульсно-заплывого распыления.

Создание стационарных модулей для автоматизированных систем пожарных поездов, оснащенных многоствольными распылительными модулями, могут гарантировать своевременное тушение пожаров при аварийном старте ракеты. В настоящее время авторы прорабатывают вопрос проектирования и изготовления опытно промышленного образца пожарной, железнодорожной платформы с многоствольными модулями импульсно-заплывого распыления в рамках кооперации на комплексе машиностроительных заводов гражданского и военного профиля.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (НИР «Создание опережающего научно-технического задела в области разработки передовых технологий малых газотурбинных, ракетных и комбинированных двигателей сверхлегких ракет-носителей, малых космических аппаратов и беспилотных воздушных судов, обеспечивающих приоритетные позиции российских компаний на формируемых глобальных рынках будущего», FZWF-2020-0015).

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (НИР «Создание опережающего научно-технического задела в области разработки передовых технологий малых газотурбинных, ракетных и комбинированных двигателей сверхлегких ракет-носителей, малых космических аппаратов и беспилотных воздушных судов, обеспечивающих приоритетные позиции российских компаний на формируемых глобальных рынках будущего», FZWF-2020-0015)*

## Литература

- [1] Захматов В.Д., Щербак Н.В., Безумов О.В., Чернышов М.В. Импульсная техника многоплановой защиты и потенциальные возможности ее использования // Труды РАРАН. 2016. Вып. С3-2016. Т. 1. Технические средства противодействия террористическим и криминальным взрывам. С. 335–380.
- [2] Захматов В.Д., Сильников М.В., Чернышов М.В. Системы повышения живучести стартового оборудования путем их теплозащиты от пламени ракетных двигателей // XI Всероссийская научно-практическая конференция «Проблемы обеспечения взрывобезопасности и противодействия терроризму»: сб. тр. СПб.: Любавич, 2017. Т. 2. С. 98–107.
- [3] Захматов В.Д., Чернышов М.В., Родионов В.В. Защита объектов наземной инфраструктуры ракетных комплексов от пожаров и взрывов с помощью пожарных поездов // XX Международная конференция «Авиация и космонавтика»: сб. тез. докл. (Москва, 22–26 ноября 2021 г., МАИ). М.: Пере, 2021. С. 370–371.
- [4] Захматов В.Д., Булатов В.Д., Онов В.А., Турсенев С.В., Зыков А.В. Импульсные технологии дистанционного тушения для подземных сооружений, шахт, тоннелей, складов боеприпасов, объекта «УКРЫТИЯ», Чернобыль // VIII Мемориальный семинар профессора Бориса Ефимо-

вича Гельфанда и XV Международная научно-практическая конференция «Комплексная безопасность и физическая защита»: сб. тр. СПб., 2019. С. 92–103.

## Pulse Fire Extinguishing Systems for Ground Based Infrastructure

**Zakhmatov Vladimir Dmitrievich**

v.zahmatoff@yandex.ru

*BSTU "Voenmeh" named after D.F. Ustinov*

**Chernyshov Mikhail Victorovich**

mvcher@mail.ru

*BSTU "Voenmeh" named after D.F. Ustinov*

**Savelova Karina Eduardovna**

karinkamurz@yandex.ru

*BSTU "Voenmeh" named after D.F. Ustinov*

*The existing fire extinguishing technology does not allow to quickly extinguish fires in large areas, especially in hard-to-reach or dangerous territories (chemical, oil refineries, ammunition depots, aerospace enterprises). It is proposed to use pulse fire extinguishing technologies developed by Professor V.D. Zakhmatov. The proposed fire protection system of equipment using a system of multi-barrel modules can be used on the launch pads of the cosmodrome, airport runways and in a variety of conditions.*

**Keywords:** fire extinguishing, launch complex, pulse systems, "ZET" technologies

### Information about the grant

*The work was carried out with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (study "Creation of an advanced scientific and technical nestling in the development of advanced technologies of small gas turbine, rocket and combined vehicles of ultralight launch vehicles, small spacecraft and unmanned aircraft providing priority positions of Russian Companies on the formulated global markets of the future", FZWF-2020-0015)*

### References

- [1] Zakhmatov V.D., Shcherbak N.V., Bezumov O.V., Chernyshov M.V. Impulsnaya tekhnika mnogoplanovoy zashchity i potentsialnye vozmozhnosti ee ispolzovaniya [Pulse technique of multidimensional protection and potential possibilities of its use]. Proceedings of the Russian Academy of Sciences, 2016, iss. SZ-2016, vol. 1, Technical means of countering terrorist and criminal explosions, pp. 335–380. (in Russ.).
- [2] Zakhmatov V.D., Silnikov M.V., Chernyshov M.V. Sistemy povysheniya zhivuchesti startovogo oborudovaniya putem ikh teplozashchity ot plameni raketnykh dvigateley [Systems for increasing the survivability of launch equipment by means of their thermal protection from the flame of rocket engines]. Proceedings of the XI All-Russian Scientific and Practical conference "Problems of ensuring explosion safety and countering terrorism". Saint Petersburg, Lyubavich Publ., 2017, vol. 2, pp. 98–107. (in Russ.).
- [3] Zakhmatov V.D., Chernyshov M.V., Rodionov V.V. Zashchita ob'ektoruzhnykh nazemnoy infrastruktury raketnykh kompleksov ot pozharov i vzrysov s pomoshch'yu pozharnykh poezdov [Protection of objects of ground infrastructure of rocket complexes from fires and explosions with the help of fire trains]. Proceedings of the XX International Conference "Aviation and Cosmonautics". (Moscow, November 22–26, 2021, MAI). Moscow, Pero Publ., 2021, pp. 370–371. (in Russ.).
- [4] Zakhmatov V.D., Bulatov V.D., Onov V.A., Tursenev S.V., Zykov A.V. Impul'snye tekhnologii distantsionnogo tusheniya dlya podzemnykh sooruzheniy, shakht, tonneley, skladov boepripasov, obekta «UKRYTIY», Chernobyl' [Pulsed remote extinguishing technologies for underground

structures, mines, tunnels, ammunition depots, shelter facility, Chernobyl]. Proceedings of the VIII Memorial seminar of Professor Boris Efimovich Gelfand and XV International Scientific and Practical Conference “Integrated safety and physical protection”. Saint Petersburg, 2019, pp. 92–103. (in Russ.).

УДК 629.7.08

## **Анализ влияния величины задержки переключения ступеней нескольких гидроцилиндров подъема ракеты космического назначения на ускорения, действующие на ее космическую головную часть**

**Игрицкая Анна Юрьевна**

[igritskayaayu@student.bmstu.ru](mailto:igritskayaayu@student.bmstu.ru)

МГТУ им. Н.Э. Баумана

**Забегаев Александр Иванович**

[zabegaev1951@gmail.com](mailto:zabegaev1951@gmail.com)

АО «Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры» — КБ «Мотор»

**Ломакин Владимир Владимирович**

[lomakin\\_vv@bmstu.ru](mailto:lomakin_vv@bmstu.ru)

МГТУ им. Н.Э. Баумана

**Игрицкий Владимир Александрович**

[igritsky\\_v\\_a@mail.ru](mailto:igritsky_v_a@mail.ru)

МГТУ им. Н.Э. Баумана

**Зверев Вадим Александрович**

[zverev\\_vadim@mail.ru](mailto:zverev_vadim@mail.ru)

МГТУ им. Н.Э. Баумана

*Рассмотрен анализ влияния величины задержки между моментами переключения ступеней нескольких одновременно работающих гидроцилиндров подъема ракеты космического назначения на ускорения, действующие на ее космическую головную часть вследствие этих переключений. Показано, что в процессе подъема стрелы с ракетой космического назначения в вертикальное положение имеет место резкое изменение их угловой скорости, что обуславливает появление ускорений, которые потенциально могут повредить различные элементы ракеты космического назначения. Вследствие погрешностей изготавления, несимметричной нагрузки или использования специальных схем механизмов подъема ступени нескольких одновременно работающих гидроцилиндров подъема ракет космического назначения могут переключаться неодновременно, в результате чего изменение угловой скорости движения стрелы происходит плавнее, и величины ускорений, действующих на космическую головную часть, могут быть существенно снижены.*

**Ключевые слова:** механизмы подъема ракет космического назначения, переключение ступеней гидроцилиндров, многоступенчатые гидроцилиндры, динамические процессы при подъеме ракет космического назначения

Значительная часть ракет космического назначения (РКН) переводятся в вертикальное положение перед их размещением на пусковой установке с помощью одного или нескольких многоступенчатых гидроцилиндров, применение которых в механизмах подъема обусловлено целым рядом преимуществ [1]. Одним из основных недостатков такого технического решения является тот факт, что в моменты переключения ступеней этих гидроцилиндров в процессе подъема стрелы с РКН в вертикальное положение имеет место резкое изменение их угловой скo-

ности [2]. Это изменение обуславливает появление ускорений, которые потенциально могут повредить различные элементы РКН и, прежде всего, ее космическую головную часть (КГЧ).

Вследствие погрешностей изготовления, несимметричной нагрузки [3] или использования специальных схем механизмов подъема [4] ступени нескольких одновременно работающих гидроцилиндров подъема РКН могут переключаться неодновременно. В этом случае изменение угловой скорости движения стрелы происходит плавнее, в виде не одного, а, например, двух последовательных скачков угловой скорости вдвое меньшей величины каждый, в результате чего величины ускорений, действующих на КГЧ, могут быть существенно уменьшены по сравнению со случаем одновременного переключения ступеней всех гидроцилиндров [4]. Это делает актуальным изучение динамических процессов при неодновременном переключении ступеней гидроцилиндров подъема с целью выработки соответствующих методик расчета и рекомендаций по проектированию новых и модернизируемых агрегатов транспортно-установочного оборудования. Целью данной работы является провести анализ влияния величины задержки переключения ступеней нескольких гидроцилиндров подъема РКН на определяемые расчетным путем ускорения, действующие на КГЧ этой РКН.

В общем случае на особенности протекания динамических процессов при подъеме РКН влияют как параметры несущих конструкций РКН и участвующих в подъеме агрегатов транспортно-установочного оборудования, так и параметры гидросистемы механизма подъема [2]. В данной работе с целью отдельного изучения влияния на рассматриваемые процессы только параметров несущих конструкций, а также в связи с возможностью относительно более простого регулирования параметров гидросистемы механизма подъема, при расчетах было принято допущение об абсолютной жесткости гидроцилиндров подъема, выдвигавшихся строго по заданному закону.

Для выполнения соответствующих расчетов был специально доработан программный комплекс конечноэлементных расчетов SADAS. Также для проведения соответствующих расчетов были разработаны конечноэлементные расчетные модели транспортно-установочного агрегата (ТУА) с РКН. Проведены расчеты динамических процессов при переключении ступеней гидроцилиндров подъема в рассматриваемой системе для различных значений задержки между переключением ступеней различных гидроцилиндров.

Проведенный анализ полученных результатов показал, что при малых задержках ускорение КГЧ может сильно изменяться при незначительном изменении величины задержки переключения ступеней различных гидроцилиндров, но его максимальное значение по модулю не бывает выше значения ускорения при синхронном переключении ступеней всех гидроцилиндров. При этом наблюдается сложная зависимость ускорения КГЧ от величины задержки переключения ступеней. Проведен анализ полученных зависимостей и выявлены их характерные участки. На основании выполненного анализа предложены рекомендации по определению требуемой величины задержки переключения гидроцилиндров, необходимой использования рассматриваемого эффекта с целью уменьшения ускорений, действующих на КГЧ РКН. Рассмотрено также влияние достижимой погрешности регулирования времени задержки переключения ступеней на требуемую величину этой задержки.

Полученные результаты могут быть использованы для научно-обоснованного выбора времени задержки переключения ступеней между группами гидроцилиндров подъема при создании новых и модернизации существующих агрегатов транспортно-установочного оборудования. При дальнейшем развитии работы планируется уточ-

нение полученных результатов с путем учета влияния на рассматриваемые динамические процессы параметров гидросистемы механизма подъема.

## Литература

- [1] Игрицкий В.А., Игрицкая А.Ю., Зверев В.А. Методика выбора параметров приводов подъема установщиков и транспортно-установочных агрегатов ракет космического назначения // Инженерный журнал: наука и инновации. 2020. вып. 8. DOI: 10.18698/2308-6033-2020-8-2005
- [2] Кобызев С.В., Ломакин В.В. Анализ, прогнозирование и управление ударным воздействием на объект подъема при переключении ступеней гидроцилиндра // Аэрокосмический научный журнал. МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2016. № 06. С. 49–68. DOI: 10.7463/aersp.0616.0851761
- [3] Новожилов Б.М. Контроль хода гидроцилиндров в гидравлических механизмах подъема установочных агрегатов // Инженерный журнал: наука и инновации. 2021. вып. 4. DOI: 10.18698/2308-6033-2021-4-2075
- [4] Igritskaya A., Zabegaev A., Zverev V., Igritsky V. A method for reducing dynamic loads during switching stages of multistage hydraulic cylinders of launch vehicles rising drive // AIP Conference Proceedings. 2021. Vol. 2318. Art. no. 100013. DOI: 10.1063/5.0036242

## Analysis of the Effect of the Magnitude of the Delay in Switching the Stages of Several Hydraulic Cylinders of a Integrated Launch Vehicle Lift on the Accelerations Acting on its Space Head

Igritskaya Anna Yurievna

igritskayaayu@student.bmstu.ru

BMSTU

Zabegaev Aleksander Ivanovich

zabegaev1951@gmail.com

Center for Operation of Space Ground Based Infrastructure — KB "Motor"

Lomakin Vladimir Vladimirovich

lomakin\_vv@bmstu.ru

BMSTU

Igritskii Vladimir Alexandrovich

igritsky\_v\_a@mail.ru

BMSTU

Zverev Vadim Alexandrovich

zverev\_vadim@mail.ru

BMSTU

*The report is devoted to the analysis of the effect of the delay between the switching points of the stages of several simultaneously operating hydraulic cylinders of an integrated launch vehicle lift on the accelerations acting on its space head due to these switches. At the moment of switching the stages of hydraulic cylinders in the process of lifting the boom with an integrated launch vehicle to a vertical position, there is a sharp change in their angular velocity, which causes the appearance of accelerations that can potentially damage various elements of an integrated launch vehicle. Due to manufacturing errors, an asymmetric load or the use of special schemes of lifting mechanisms, the stages of several simultaneously operating hydraulic cylinders for lifting integrated launch vehicles can switch at the same time, as a result of which the change in the angular velocity of the boom occurs more smoothly, and the magnitude of accelerations acting on the space head can be significantly reduced.*

**Keywords:** lifting mechanisms for integrated launch vehicles, switching of hydraulic cylinder stages, multistage hydraulic cylinders, dynamic processes during the lifting of integrated launch vehicles

**References**

- [1] Igritskiy V.A., Igritskaya A.Yu., Zverev V.A. Metodika vybora parametrov privodov pod'ema ustanovshchikov i transportno-ustanovochnykh agregatov raket kosmicheskogo naznacheniya [A method for selecting parameters of drives for lifting erectors and transportation and installation units for space rockets]. Inzhenernyy zhurnal: nauka i innovatsii [Engineering journal: science and innovation], 2020, iss. 8. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18698/2308-6033-2020-8-2005>
- [2] Kobyzev S.V., Lomakin V.V. Analiz, prognozirovaniye i upravleniye udarnym vozdeystviem na ob'ekt pod'ema pri pereklyuchenii stupeney gidrotsilindra [Analysis, Predictive Modeling and Hoisted Object Impact Control in Hydro-cylinder Stage- Switching]. Aerokosmicheskiy nauchnyy zhurnal. MGTU im. N.E. Baumana [Aerospace Scientific Journal], 2016, № 06, pp. 49–68. (In Russ.). DOI:10.7463/aersp.0616.0851761
- [3] Novozhilov B.M. Kontrol' khoda gidrotsilindrov v gidravlicheskikh mekhanizmakh pod'ema ustanovochnykh agregatov [Control of the stroke of hydraulic cylinders in hydraulic lifting mechanisms of installation equipment]. Inzhenernyy zhurnal: nauka i innovatsii [Engineering Journal: Science and Innovation], 2021, iss. 4. (In Russ.). DOI: 10.18698/2308-6033-2021-4-2075
- [4] Igritskaia A., Zabegaev A., Zverev V., Igritsky V. A method for reducing dynamic loads during switching stages of multistage hydraulic cylinders of launch vehicles rising drive. AIP Conference Proceedings, 2021, vol. 2318, art. no. 100013. DOI: 10.1063/5.0036242

УДК 629.7.08

## **К вопросу обоснования необходимой жесткости конструкций транспортно-установочного оборудования космических ракетных комплексов**

*Игрицкий Владимир Александрович*

*igritsky\_v\_a@mail.ru*

*МГТУ им. Н.Э. Баумана*

*Рассмотрены основные расчетные случаи работы транспортно-установочного оборудования космических ракетных комплексов при выполнении операций подъема в вертикальное положение и установки ракет космического назначения на пусковую установку, а также снятия их при отмене пуска. На основании проведенного анализа предложены критерии выбора жесткости стрел установщиков и транспортно-установочных агрегатов, а также транспортно-установочных тележек при проектировочном расчете с учетом особенностей конструкций элементов и условий работы механизмов подъема соответствующих космических ракетных комплексов.*

**Ключевые слова:** транспортно-установочное оборудование, транспортно-установочный агрегат, транспортно-установочная тележка, механизм подъема ракет, установщики ракет

Практика проектирования установщиков и транспортно-установочных агрегатов (ТУА) ракет космического назначения (РКН) показывает, что для стрел и транспортно-установочных тележек (ТУТ), на которых крепятся РКН при подъеме в вертикальное положение, обеспечение достаточной жесткости, как правило, является определяющим критерием при проектировании соответствующих несущих конструкций. Прочность же конструкций при обеспечении жесткости, как правило, также обеспечивается даже при применении достаточно дешевых сталей, выбор которых в этом случае обуславливается технологическими соображениями.

Тем не менее до настоящего момента в литературе отсутствует комплексное рассмотрение вопроса определения требуемой жесткости этих конструкций, что усложняет их проектирование и делает актуальным разработку соответствующих методик и рекомендаций. В особенности они актуальны для вновь создаваемых космических ракетных комплексов (РК), прежде всего сверхтяжелого класса, где в силу сложности используемых механизмов подъема поиск рациональных вариантов конструкций существенно затруднен из-за повышенной сложности соответствующих расчетов.

Анализ процессов подъема, опускания и передачи веса РКН с помощью стрел установщиков показывает, что наиболее опасными, как правило, являются следующие случаи.

1. Моменты начала подъема и завершения опускания стрелы с РКН при отмене пуска, а также моменты переключения ступеней гидроцилиндров подъема [1], завершения подъема и начала опускания. При этом то, какие из этих случаев окажутся наиболее опасными, зависит от особенностей конструкции, условий и режима работы механизма подъема. В эти моменты происходит резкое изменение угловой скорости движения стрелы с РКН, приводящее к вредному воздействию ускорений на элементы РКН. Кроме того, в результате тех же процессов может произойти соударение РКН с элементами стрелы, ТУТ или других конструкций, а также нерасчетное соударение самой стрелы или ТУТ с другими конструкциями. Также в этом случае проявляется опасность выхода линейных и угловых перемещений в опорах РКН за допустимые пределы. Общим для этого требований по ограничению перемещений является то, что в большинстве случаев на этапе проектирования они могут быть удовлетворены вне зависимости от жесткости стрелы за счет соответствующего изменения лимитирующих соответствующие перемещения расстояний. В то же время в других случаях, когда, например, ограничены вертикальные габариты ТУА, эти требования могут стать однозначно основными.

2. Перевозка РКН на стреле при воздействии на систему внешних ускорений в случае значительности последних также может быть наиболее опасным расчетным случаем. Такого рода опасные нагрузки, могут реализовываться, например, при выкатке ТУА с РКН на рампу сборочно-командного судна комплекса «Морской старт» при наличии существенного волнения поверхности моря [2].

3. Стоянка, в особенности длительная, РКН со стрелой в конечном (вертикальном) положении. В этом случае будут иметь максимальные значения вредные ускорения элементов РКН, возникающие при действии ветра.

4. Момент перехода центра масс стрелы с РКН через ось вращения. В этот момент из-за изменения знака нагрузок может происходить перераспределение перемещений и закрытие зазоров в механизмах, сопровождающееся ударными процессами [3, 4].

5. Момент передачи веса РКН со стрелы на пусковую установку [4], когда из-за больших перемещений возможно недопустимое внецентренное, в том числе ударное, приложение нагрузки на хвостовую часть РКН. В практически важном случае, когда передача веса производится при достаточно медленном движении РКН относительно пусковой установки с регулированием положения оси РКН, основным источником соответствующих нагрузок могут стать колебания стрелы с РКН, возбуждаемые действием ветра.

Проведенный анализ показал, что величины ускорений, действующих на элементы РКН при выполнении различных операций, как правило, сложным образом зависят от жесткости элементов установочного оборудования, а их анализ требует прове-

дения сложных расчетов, которые удобнее выполнять в качестве проверочных после предварительного подбора параметров конструкций установочного оборудования.

Также анализ показал, что во многих случаях наиболее трудно выполняемым требованием к жесткости конструкций транспортно-установочного оборудования является требование обеспечения передачи веса РКН на пусковую установку без превышения допустимых нагрузок на хвостовую часть РКН. Это связано с тем, что отрицательное влияние колебаний стрелы с РКН под действием ветра до закрепления РКН, как правило, не может быть скомпенсировано никакими другими элементами наземного оборудования. В других случаях выполнение этого критерия работоспособности конструкции не является существенным из-за особенностей конкретных КРК. В этих случаях минимально необходимую жесткость элементов установочного оборудования, по всей видимости, рациональным будет выбирать в первом приближении так, чтобы относительные перемещения РКН и стрелы или ТУТ, на которой размещается РКН, в процессе их подъема или опускания были минимальны и не приводили к соударению между РКН и конструкциями стрелы или ТУТ при соблюдении минимально допустимого по компоновочным соображениям расстояния между ними. Это минимально допустимое расстояние обусловлено необходимостью размещения между РКН и стрелой или ТУТ ложементов и других конструкций опор РКН, необходимостью регулирования положения РКН при ее центрировании относительно пусковой установки, в некоторых случаях — размещением в этом месте кабельной мачты, а в случае КРК сверхтяжелого класса, вероятно и необходимостью обеспечения безопасного прохода обслуживающего персонала. Применение такого критерия позволит минимизировать массу опор РКН и габариты установочного оборудования.

Следует отметить, что случаи начала подъема и завершения опускания РКН из-за пренебрежимо малого влияния ветра заметно проще поддаются расчету, чем передача веса РКН на пусковую установку, в связи с чем рациональным представляется подбор жесткости элементов конструкций в первом приближении именно по этому критерию с учетом информации о зависимости размеров опор РКН от их несущей способности и поперечных размеров соответствующего ракетного блока, а также других особенностей проектируемого или реконструируемого КРК. Все остальные расчеты, в том числе при передаче веса РКН, в этом случае проводятся как проверочные.

## Литература

- [1] Igritskaia A., Zabegaev A., Zverev V., Igritsky V. A method for reducing dynamic loads during switching stages of multistage hydraulic cylinders of launch vehicles rising drive // AIP Conference Proceedings. 2021. Vol. 2318. Art. no. 100013. DOI: 10.1063/5.0036242
- [2] Алиев В.Г. Морской старт: космос и океан. Ракетно-космический комплекс морского базирования. История проекта. Опыт разработки и эксплуатации. М.: Перо, 2020. 552 с.
- [3] Zolin A.V., Udovik I.S. Dynamic analysis of non-linear processes in super heavy-lift launch vehicle erector and polypast lifting system // AIP Conference Proceedings. 2019. Vol. 2171. Art. no. 120010. DOI: 10.1063/1.5133266
- [4] Зотов В.Г., Никитин А.О., Языков А.В. Анализ динамических режимов работы системы вертикализации универсального стартового комплекса для перспективной ракеты космического назначения сверхтяжелого класса // Инженерный журнал: наука и инновации. 2021. Вып. 8. DOI: 10.18698/2308-6033-2021-8-2103

## On the Issue of Substantiating the Necessary Rigidity of the Structures of the Transport and Installation Equipment of Space Rocket Complexes

Igritskii Vladimir Alexandrovich

igritsky\_v\_a@mail.ru

BMSTU

*The main calculated cases of operation of transport and installation equipment of space rocket systems during the operations of lifting to vertical position and installation of space rockets on the launcher, as well as their removal when the launch is cancelled are considered. On the basis of the analysis performed, the criteria for selecting the rigidity of booms of riggers and transport and installation units, as well as of transport and installation carts during design calculation are proposed with regard to the specific features of element designs and operating conditions of lifting mechanisms of the corresponding space rocket complexes.*

**Keywords:** transport-installation units, transport-installation trolleys, transport and installation equipment, launch vehicle lifting mechanism, launch vehicle installers

### References

- [1] Igritskaia A., Zabegaev A., Zverev V., Igritsky V. A method for reducing dynamic loads during switching stages of multistage hydraulic cylinders of launch vehicles rising drive. AIP Conference Proceedings, 2021, vol. 2318, art. no. 100013. DOI: 10.1063/5.0036242
- [2] Aliev V.G. Morskoy start: kosmos i okean. Raketno-kosmicheskiy kompleks morskogo bazirovaniya. Istoriya proekta. Opty razrabotki i ekspluatatsii [Sea launch: space and ocean. A sea-based rocket and space complex. Project history. Experience of development and operation]. Moscow, Pero Publ., 2020, 552 p. (in Russ.).
- [3] Zolin A.V., Udovik I.S. Dynamic analysis of non-linear processes in super heavy-lift launch vehicle erector and polyspast lifting system. AIP Conference Proceedings, 2019, vol. 2171, art. no. 120010. DOI: 10.1063/1.5133266
- [4] Zотов V.G., Никитин A.O., Языков A.V. Analiz dinamicheskikh rezhimov raboty sistemy vertikalizatsii universalnogo startovogo kompleksa dlya perspektivnoy rakety kosmicheskogo naznacheniya sverkhtyazhelogo klassa [Analysis of dynamic operating modes of the universal launch complex verticalization system for a promising superheavy-class space rocket]. Engineering Journal: Science and Innovation, 2021, iss. 8. (in Russ.). DOI: 10.18698/2308-6033-2021-8-2103

УДК 629.7.08

## Анализ возможностей создания систем посадки и эвакуации экипажей перспективных космических ракетных комплексов сверхтяжелого класса без использования убежищ

Игрицкий Владимир Александрович

igritsky\_v\_a@mail.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана

*Во время подготовки к пуску заправленных ракет космического назначения имеется повышенная опасность возникновения пожаров и взрывов, обусловленная наличием на борту этих ракет горючего и окислителя. Это требует обеспечения возможности эвакуации при необходимости обслуживающего персонала и экипажей космических кораблей, что особенно тяжело обеспечить при их нахождении на большой высоте на агрегатах.*

гатах обслуживания или агрегатах посадки космонавтов, для чего используются специальные системы спасения. Особенно опасными в этом отношении являются стартовые комплексы перспективных ракет сверхтяжелого класса как вследствие большой высоты соответствующих агрегатов, так и вследствие того, что количество заправленных компонентов ракетного топлива в этом случае может достигать нескольких тысяч тонн и создает опасность значительно более мощных, чем в других случаях, взрывов. В докладе проанализированы предпосылки и возможности для создания систем спасения без использования убежищ, в которых эвакуация обеспечивается сразу за пределы опасной области.

**Ключевые слова:** космический ракетный комплекс сверхтяжелого класса, система спасения космонавтов, система спасения персонала стартовых комплексов, агрегат посадки и эвакуации экипажа

Во время подготовки к пуску заправленных ракет космического назначения (РКН) имеется повышенная опасность возникновения пожаров и взрывов, обусловленная наличием на их борту большого количества горючего и окислителя. Это требует обеспечения возможности эвакуации при необходимости обслуживающего персонала и экипажей космических кораблей (ККр) [1, 2], что особенно тяжело обеспечить при их нахождении на большой высоте на агрегатах обслуживания или агрегатах посадки и эвакуации (АПЭ) экипажей, для чего используются специальные системы экстренной эвакуации (СЭЭ). Особенно опасными в этом отношении являются стартовые комплексы (СК) перспективных РКН сверхтяжелого класса (СТК) как вследствие большой высоты соответствующих агрегатов, так и вследствие того, что количество заправленных компонентов ракетного топлива в этом случае может достигать нескольких тысяч тонн и создает опасность значительно более мощных, чем в других случаях, взрывов. При этом в настоящее время в мире разрабатываются новые космические ракетные комплексы (КРК) с РКН СТК с соответствующей наземной инфраструктурой, которые должны обеспечить, прежде всего, новый этап освоения Луны, в том числе и с учетом развития космического туризма [3]. Это делает более актуальным вопрос создания более совершенных СЭЭ для обеспечения безопасности экипажей ККр, выводимых на орбиту с помощью этих КРК.

Существующие СЭЭ с высотных агрегатов СК РКН имеют различные принципы действия. Так, в США нашли применение СЭЭ со спуском специальных корзин по натянутым тросам [2]. Такие СЭЭ позволяют эвакуировать в том числе и людей, находящихся без сознания и получивших серьезные травмы, но чувствительны к негативному воздействию погодных явлений.

На СК РКН «Зенит» на космодроме Байконур и СК РКН «Союз-2» на космодроме Восточный были созданы СЭЭ на основе вертикальных тканевых рукавов. СЭЭ этого типа наиболее дешевы, однако позволяют эвакуировать людей только в убежище, находящееся непосредственно под пусковой установкой РКН, что неприемлемо для КРК СТК в силу большей энергии возможных взрывов.

На СК универсальной ракетно-космической транспортной системы (УРКТС) «Энергия — Буран» использовалась система эвакуации со скольжением людей по наклонному склизу в закрытой галерее [1, 2]. Эта система обеспечивала надежную эвакуацию экипажа и помогающего ему персонала с АПЭ космонавтов вне зависимости от погодных условий, однако не позволяла проводить эвакуацию серьезно травмированных или находящихся без сознания людей. Кроме того, из-за относительно небольшой, по сравнению с другими РКН СТК, высоты размещения кабины экипажа в УРКТС «Энергия-Буран», применение СЭЭ данного типа в составе перспективных

КРК СТК может быть менее эффективным из-за относительно небольшой скорости движения эвакуируемых по склизу.

Также в литературе рассматривалось создание СЭЭ на основе движущихся с большой скоростью по рельсам тележек [2, 4]. Системы такого типа потенциально характеризуются наибольшей достижимой скоростью эвакуации, позволяют эвакуировать людей раненых и без сознания, а также могут использоваться и для посадки экипажей, однако на практике реализованы пока не были, что, по всей видимости, связано с относительной сложностью разработки таких систем. Следует, однако, отметить, что существуют и хорошо проработаны близкие по характеристикам и условиям эксплуатации рельсовые системы, широко использующиеся в аттракционах типа «русские (американские) горки».

Особенностью всех ранее созданных систем является то, что эвакуация проводится на расстояние, на котором в случае взрыва на СК эвакуируемые все еще могут пострадать, поэтому они должны после использования основного средства эвакуации перейти в специальное защищенное укрытие или бронетранспортер, исполняющий роль такого укрытия. При этом необходимо построить и содержать достаточно дорогостоящее убежище и, при необходимости, бронетранспортеры с их обслуживающим персоналом, а также обеспечить достаточно интенсивное торможение в конце пути эвакуации.

В связи с этими обстоятельствами имеются предпосылки для создания рельсовых СЭЭ в которых эвакуация обеспечивается сразу за пределы опасной области без использования убежищ и интенсивного торможения. Проведенный расчетный анализ показал, что из-за небольшой допустимой величины воздействующего на человека давления во фронте ударной волны безопасное расстояние для эвакуации для типичных КРК с РКН СТК должно составлять более километра, что требует относительно большого времени эвакуации. Тем не менее, при использовании на рельсовой СЭЭ закрытых кабин с небольшой защищенностью, характерной для корпусов обычных транспортных машин, это безопасное расстояние от места взрыва сокращается в несколько раз, что, согласно проведенным расчетам с учетом сопротивления движению кабин, позволяет обезопасить эвакуируемых за меньшее время, чем при использовании убежища. При этом после достижения области, безопасной для людей в кабине, кабина может продолжить движение до области, в которой возможна безопасная высадка эвакуируемых. Таким образом, проведенные расчетные оценки показывают перспективность разработки СЭЭ экипажей ККр, которые одновременно могут служить и средствами доставки экипажей и помогающего им персонала к ККр, хотя для их создания, по всей видимости, потребуется решение ряда научно-технических задач.

## Литература

- [1] Бармин И.В., Неустроев В.Н., Лебедева Л.И. Актуальные вопросы обеспечения наземной безопасности при создании комплексов для пуска ракет с пилотируемым космическим кораблем // Известия РАФАН. 2016. № 4 (94). С. 79–86.
- [2] Курицын А.А., Ярополов В.И. Выбор варианта агрегата посадки и эвакуации космонавтов // Пилотируемые полеты в космос. 2017. № 4 (25). С. 54–72.
- [3] Крикалев С.К., Сапрыкин О.А. Пилотируемая лунная инфраструктура и коммерциализация полетов к Луне // Пилотируемые полеты в космос. 2016. № 1 (18). С. 47–62.
- [4] Новожилов Б.М. Исследование траектории спуска в агрегатах экстренной эвакуации космонавтов на стартовых комплексах // Инженерный журнал: наука и инновации. 2019. Вып. 10. DOI: 10.18698/2308-6033-2019-10-1924

## Analysis of the Possibilities of Creating Systems for Boarding and Evacuation of Crews of Advanced Space Rocket Complexes of the Super Heavy Class without the Use of Shelters

Igritskii Vladimir Alexandrovich

igritsky\_v\_a@mail.ru

BMSTU

*During preparation for the launch of fueled integrated launch vehicles, there is an increased risk of fires and explosions due to the presence of fuel and an oxidizer on board these integrated launch vehicles. This requires ensuring the possibility of evacuation, if necessary, of the service personnel and crews of spacecraft, which is especially difficult to ensure when they are at high altitudes on service units or cosmonaut landing units, for which special rescue systems are used. cases, explosions. Especially dangerous in this respect are the launch complexes of promising super heavy-lift launch vehicles, both due to the high height of the corresponding units, and due to the fact that the number of propellant components filled in this case can reach several thousand tons and creates the danger of significantly more powerful explosions than in other cases. The report analyzes the prerequisites and possibilities for creating rescue systems without the use of shelters, in which evacuation is provided immediately outside the dangerous area.*

**Keywords:** space rocket complex of superheavy class, cosmonaut rescue system, personnel rescue system of launch complexes, crew boarding and evacuation unit

### References

- [1] Barmin I.V., Neustroev V.N., Lebedeva L.I. Aktual'nye voprosy obespecheniya nazemnoi bezopasnosti pri sozdaniii kompleksov dlya pусka raket s pilotiruemym kosmicheskim korabliem [Actual issues of ensuring ground safety when creating complexes for launching rockets with a manned spacecraft]. Izvestiya RAN, 2016, no. 4 (94), pp. 79–86. (In Russ.).
- [2] Kuritsyn A.A., Yaropolov V.I. Vybor varianta agregata posadki i evakuatsii kosmonavtov [Choosing a variant of the cosmonauts landing and evacuation unit]. Pilotiruemye polety v kosmos [Manned flights into space], 2017, no. 4 (25), pp. 54–72. (In Russ.).
- [3] Krikalev S.K., Saprykin O.A. Pilotiruemaya lunnaya infrastruktura i kommersializatsiya poletov k Lune [Manned lunar infrastructure and commercialization of flights to the Moon]. Pilotiruemye polety v kosmos [Manned flights into space], 2016, no. 1 (18), pp. 47–62. (In Russ.).
- [4] Novozhilov B.M. Issledovanie traektorii spuska v agregatakh ekstremnoi evakuatsii kosmonavtov na startovykh kompleksakh [Investigation of the descent trajectory in emergency evacuation units of astronauts at launch complexes]. Inzhenernyi zhurnal: nauka i innovatsii [Engineering Journal: Science and Innovation], 2019, iss. 10. DOI: 10.18698/2308-6033-2019-10-1924 (In Russ.).

УДК 629.7.085

## Моделирование параметров обеспечения температурного режима в грузовом отсеке транспортного средства при транспортировании объектов ракетной техники

**Комлев Дмитрий Сергеевич**

dimonkomlev@mail.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана

**Чугунков Владимир Васильевич**

chvbmstu@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана

**Бармин Игорь Владимирович**

barminkbom@mail.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана

**Денисов Олег Евгеньевич**

denisov-oe@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана

С использованием разработанной методики расчета проведен анализ и представлены результаты моделирования течения и распределения температуры воздуха во внутреннем объеме грузового отсека транспортного средства с расположенным в нем ракетным блоком. Температурный режим отсека формируется воздушной системой обеспечения температурных режимов с коллекторным способом подачи воздуха во внутреннее пространство грузового отсека. Результаты анализа сопоставлены с данными численных расчетов и экспериментальными данными.

**Ключевые слова:** ракетный блок, транспортирование, грузовой отсек, обеспечение температурных режимов, раздаточный коллектор

Создание в Российской Федерации пилотируемого транспортного корабля, космических аппаратов и ракет-носителей нового поколения, активная модернизация наземной инфраструктуры ракетно-космических стартовых комплексов приводят к необходимости разработки и создания соответствующих транспортных средств, обеспечивающих доставку составных частей изделий ракетно-космической техники к местам проведения сборки, испытаний и пусков, а также доставку другого оборудования, обеспечивающего проведение всего цикла операций по подготовке составных частей ракет космического назначения к пуску. При этом обеспечение необходимых параметров температуры в грузовых отсеках транспортных средств при доставке объектов ракетной техники осуществляется с использованием воздушных систем обеспечения температурных режимов (ВСОТР), при создании которых требуется прогнозировать распределение температуры в продольном и поперечных направлениях внутреннего пространства грузового отсека и ракетного блока [1, 2].

Подобное прогнозирование необходимо в связи с тем, что ряде случаев системы терmostатирования должны обеспечивать температурный диапазон в пределах +5...+25 °C с градиентами не более 1 °C/m при транспортировании и хранении частей ракетной техники и высокостабильный температурный режим с погрешностью не более 2 °C по всей конструкции головных частей ракетно-космической техники [3]. Превышение указанных в техническом задании диапазонов неравномерностей температур может оказывать существенное влияние на эксплуатационные свойства изделия [4].

Рассмотрен вариант ВСОТР, в которой подача и распределение воздуха во внутреннем объеме грузового отсека осуществляются с помощью раздаточного коллекто-

ра, размещенного в верхней зоне отсека. При этом реализуется поперечное обтекание воздушными потоками ракетного блока, размещенного в отсеке, с формированием возвратного потока в сторону вытяжного отверстия, расположенного в торцевой стенке кузова транспортного средства.

Для моделирования распределения температуры воздуха разработана математическая модель, адекватность которой проверена сравнением с результатами численного моделирования и экспериментальными данными.

Процессы течения и теплообмена воздуха внутри коллектора и термостатируемого отсека транспортного средства по результатам анализа численного решения системы уравнений характеризуются следующими закономерностями:

- статическое давление в коллекторе падает, а в термостатируемом отсеке с ракетным блоком возрастает в направлении продольной оси ракетного блока, что при одинаковых массовых расходах воздуха в выпускных отверстиях раздаточного коллектора требует увеличения их площадей по направлению движения воздуха в коллекторе;

- на распределение температуры воздуха в термостатируемом отсеке могут влиять как площади выпускных отверстий, так и расстояния между ними, а это можно использовать для обеспечения требуемой равномерности температуры во внутреннем объеме термостатируемого отсека транспортного средства.

Для рассмотренного варианта организации движения воздуха в грузовом отсеке транспортного средства при его подаче из верхнего раздаточного коллектора наибольшие значения температурных перепадов по высоте грузового отсека наблюдаются в зимний период. Данное обстоятельство связано с тем, что теплый воздух из коллектора выходит в грузовой отсек, где находится более холодный (и, как следствие, имеющий более высокую плотность) воздух грузового отсека, что в силу разности плотностей и действия термогравитационных сил способствует сосредоточению более теплого воздуха в верхней части отсека транспортного средства и формированию повышенных поперечных перепадов температуры в конструкции ракетного блока для зимнего режима термостатирования.

Для уменьшения влияния данного эффекта целесообразно включить в систему нижний раздаточный коллектор и организовать реверсивную подачу воздуха в нижний и верхний раздаточный коллекторы: для зимних режимов эксплуатации обеспечивая подачу воздуха в грузовой отсек снизу вверх, для летних — сверху вниз. Отмеченный вариант подачи воздуха в грузовой отсек транспортного средства может способствовать уменьшению поперечных температурных перепадов по высоте грузового отсека и в конструкции ракетного блока из-за равнонаправленного движения воздуха и действия термогравитационных сил.

Моделирование теплообменных процессов и движения теплоносителя в условиях сложного теплообмена на поверхностях конструкций с учетом действия термогравитационных сил на процессы течения воздуха в грузовом отсеке позволяет обоснованно прогнозировать как параметры температурного состояния объектов ракетной техники при выполнении операций их транспортирования с завода-изготовителя на технический комплекс, так и эффективность вновь создаваемых ВСОТР.

## Литература

- [1] Chugunkov V.V., Komlev D.S. Modeling the air flow and heat transfer characteristics in the ground-based complex vehicle cargo compartments during rocket equipment transportation // AIP Conference Proceedings. 2021. Vol. 2318. Art. no. 100001. DOI: 10.1063/5.0036227

- [2] Комлев Д.С., Чугунков В.В. Моделирование течения и теплообмена воздуха при термостатировании космического аппарата в изотермическом транспортном контейнере // XLV Академические чтения по космонавтике (Королёвские чтения): сб. тезисов: в 4 т. Москва, 2021. Т. 2. 528 с.
- [3] Матвеева О.П., Романяк А.Ю., Удовик И.С. Анализ вариантов сокращения энергопотребления в процессах поддержания тепловых режимов космических аппаратов на стартовых комплексах // Инженерный журнал: наука и инновации. 2019. № 12. DOI: 10.18698/2308-6033-2019-12-1942
- [4] Timnat Y.M. Advanced chemical rocket propulsion. London; Orlando: Academic Press, 1987.

## **Modeling the Parameters of Temperature Control in the Cargo Compartment of Vehicles During the Transportation of Rocketry Objects**

**Komlev Dmitry Sergeevich**

dimonkomlev@mail.ru

*BMSTU*

**Chugunkov Vladimir Vasilevich**

chvb@bmstu.ru

*BMSTU*

**Barmin Igor Vladimirovich**

barminkbom@mail.ru

*BMSTU*

**Denisov Oleg Evgenievich**

denisov-oe@bmstu.ru

*BMSTU*

*Using the developed calculation method, the analysis is carried out and the results of modeling the flow and distribution of air temperature in the internal volume of the cargo compartment of the vehicle with the rocket unit located in it are presented. The temperature regime of the compartment is formed by an air system for ensuring temperature regimes with a collector method of supplying air to the inner space of the cargo compartment. The results of the analysis are compared with the data of numerical calculations and experimental data.*

**Keywords:** rocket unit, transportation, cargo compartment, temperature control, distribution manifold

### **References**

- [1] Chugunkov V.V., Komlev D.S. Modeling the air flow and heat transfer characteristics in the ground-based complex vehicle cargo compartments during rocket equipment transportation. AIP Conference Proceedings, 2021, vol. 2318, art. no. 100001. DOI: 10.1063/5.0036227
- [2] Komlev D.S., Chugunkov V.V. Modelirovanie techenija i teploobmena vozduha pri termostatirovaniyu kosmicheskogo apparata v izotermicheskem transportnom kontejnere [Modeling of air flow and heat exchange during spacecraft thermostating in an isothermal transport container]. XLV Akademicheskie chtenia po kosmonavtike (Koroljovskie chtenia): sbornik tezisov [XLV Academic readings on cosmonautics (Korolev Readings): collection of abstracts]: in 4 vols. Moscow, 2021, vol. 2, 528 p. (In Russ.).
- [3] Matveeva O.P., Romanyak A.YU., Udovik I.S. Analiz variantov sokrashhenija jenergopotrebljenija v processah podderzhaniya teplovyh rezhimov kosmicheskikh apparatov na startovyh kompleksah [Analysis of options for reducing energy consumption in the processes of maintaining thermal regimes of spacecraft at launch complexes]. Inzhenernyj zhurnal: nauka i innovacii [Engineering Journal: Science and Innovation], 2019, no. 12. DOI: 10.18698/2308-6033-2019-12-1942 (In Russ.).
- [4] Timnat Y.M. Advanced chemical rocket propulsion. London; Orlando, Academic Press, 1987.

---

УДК 662

## Извлечение армирующих наполнителей из композиционных материалов, применяемых при изготовлении транспортно-пусковых контейнеров

**Краснобаев Юрий Леонидович**                           ura776@yandex.ru  
Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

**Сова Александр Николаевич**                           s1sova@mail.ru  
Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

**Ерусланкин Сергей Алексеевич**                           riffcss@mail.ru  
Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

**Мелешко Владимир Юрьевич**                           vladmelva@rambler.ru  
Военная академия ракетных войск стратегического назначения имени Петра Великого

*Выполнен анализ направлений разрушения композитов с извлечением волокон и их дальнейшего применения. Проведены исследования по определению возможности извлечения армирующих наполнителей из композиционных материалов с помощью термокаталитического пиролиза в реакторе с псевдоожженным (кипящим) слоем. Показано, что при наличии спроса на извлекаемую продукцию и соблюдении требований природоохранного законодательства извлечение волокон из отходов композитов вместо их захоронения может быть целесообразным.*

**Ключевые слова:** разрушение композиционных материалов, термокаталитический пиролиз, извлечение волокон, кипящий слой

В настоящее время остро стоят вопросы ресурсосбережения, в том числе в ракетно-космической отрасли. На завершающем этапе жизненного цикла изделий ракетно-космической техники возможно сохранение материальных ресурсов элементов конструкции, в том числе транспортно-пусковых контейнеров (ТПК). Вопрос утилизации элементов конструкции на основе металлов и сплавов остро не стоит, так как данные вещества легко находят сбыт. Иначе дела обстоят с утилизацией элементов, состоящих из конструкционных полимерных композиционных материалов (ПКМ), так как существует сложность их разделения на компоненты. ПКМ изготавливаются на основе эпоксидных смол с углеродными или арамидными упрочняющими волокнами, содержание которых составляет от 50 до 60 масс. %.

Утилизации таких волоконно-упрочненных ПКМ с целью регенерации армирующих волокон в настоящее время уделяется повышенное внимание. Это связано, во-первых, с потенциальной возможностью повторного использования армирующих наполнителей, сохраняющих свои свойства после этапа эксплуатации изделий, и, во-вторых, с серьезными экологическими проблемами, обусловленными высокой стойкостью этих материалов к биологической деградации при захоронении их на полигонах.

Волоконно-упрочненные полимерные ПКМ обладают повышенными механическими свойствами и высокой стоимостью.

Основной операцией при выделении волокон (рециклинге) является разрушение полимерной матрицы экономически эффективным способом. Экономическая эффективность рециклинга подразумевает, что полученный продукт удовлетворяет техническим требованиям потенциального потребителя, а его цена на рынке является кон-

курентоспособной. Волокна с длиной 5...6 мм могут быть использованы, в частности, в машиностроении и химической промышленности, для армирования антивандальных пластиков, применяемых в изготовлении предметов интерьеров общественных зданий и сооружений, например стадионов, в производстве любительского спортивного инвентаря типа горных лыж, сноубордов, скейтбордов и в других востребованных потребительских изделий.

Получаемый при утилизации, тонко измельченный материал может снизить стоимость получения новых прочных композитов за счет того, что выигрывает в стоимости по цене с штатным сырьем [1, 2].

Существует специфические направления применения вторичных продуктов. Например, получение тепла и электричества; использование в сталелитейной промышленности взамен кокса при использовании инсинерации [3].

Также волоконно-упрочненные полимерные композиты могут быть использованы в сфере ремонта дорожной инфраструктуры. Они совместимы с бетоном и могут служить заменой стальных элементов бетонных (железобетонных) конструкций, например, мостов [4].

Можно выделить следующие направления разрушения композитов с извлечением волокон [5–8]:

- механическое разрушение;
- низкотемпературный пиролиз;
- химическое разрушение.

Для унификации технологических процессов, применяемых при утилизации ПКМ, предложено применение термокатализитического пиролиза (ТКП) в реакторе с псевдоожженным (кипящим) слоем.

Технологии «кипящего слоя» получили достаточно широкое распространение в промышленности вследствие управляемого обращения с твердой фазой: хорошее смешение твердых фаз и большая тепловая инерция твердой фазы создают почти изотермические условия; теплообмен и скорости реакций между газом и твердой фазой являются высокими вследствие больших поверхностей контакта газ — твердая фаза; теплопередача от газодисперсного потока к теплообменным поверхностям увеличивается за счет наличия твердой фазы; постоянное перемещение частиц и большие силы взаимодействия частиц позволяют работать вблизи температуры плавления твердой фазы.

Анализ состояния разработки процессов сухого отделения армирующих волокон от полимерных матриц путем ТКП показывает, что при использовании подходящих катализаторов можно ограничиться сравнительно невысокими температурами ТКП от 300 до 450 °C. При таких температурах армирующие волокна из стекла, углерода и арамида сохраняют свои механические свойства.

Может быть осуществлен непрерывный технологический процесс. На конечном этапе процесса взаимодействие остатков фрагментов с частицами технологической твердой фазы будет минимальным вследствие соизмеримых скоростей движения. В результате, снижается механическое воздействие технологических частиц на волокна, что сохраняет их качество.

Показана принципиальная осуществимость процессов извлечения волокна из отходов ПКМ с использованием процесса ТКП в «кипящем слое». При наличии спроса на извлекаемую продукцию и соблюдении требований природоохранного законодательства, может быть целесообразным извлечение волокон из отходов композитов вместо их захоронения.

## Литература

- [1] Recyclling Advanced Composites. Report No. IBP-95-3. Clean Washington Center. 1995. Available at: <https://p2infohouse.org/ref/05/04014.pdf> (accessed November 9, 2021).
- [2] Biswas S., Hal M., Srikanth G. Composite: A vision for the future. Available at: [www.tifac.org.in/news/compvis.htm](http://www.tifac.org.in/news/compvis.htm) (accessed November 9, 2021).
- [3] Stiller H. Material Intensity of Advanced Composite Materials // Wuppertal Papers. Wuppertal Institut fuer Klima, Umwelt, Energie. 1999. Vol. 90. Available at: <https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/926/file/WP90.pdf> (accessed November 9, 2021).
- [4] Bonded Repair and Retrofit of Concrete Structures Using FPR Composites. National Cooperative Highway Research Program. Report 514.
- [5] Von Gentzkow W., Braun D., Rudolf A.-P. Process for Recycling of Thermoset Materials // US 6465702. 2002.
- [6] Pinero-Hernanz R., Garcia-Serna J., Dodds C. et al. Chemical Recycling of Carbon Fibre Composites Using Alcohols Under Subcritical and Supercritical Conditions // Journal of Supercritical Fluids. 2008. Vol. 46, no 1. Pp. 83–92.
- [7] Hardman S., Leng S., Wilson D.C. Polymer cracking // US 5481052. 1996.
- [8] Platz G.P. Resource Recovery by Catalytic Conversion of Polymers // US 5504267. 1996.

## Removal of Reinforcing Fillers from Composite Materials Used in Manufacturing Transport and Launch Containers

**Krasnobaev Yuriy Leonidovich**

ura776@yandex.ru

*Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI)*

**Sova Aleksandr Nikolayevich**

slosova@mail.ru

*Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI)*

**Eruslakin Sergei Alekseevich**

riffcss@mail.ru

*Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI)*

**Meleshko Vladimir Yurievich**

vladmelva@rambler.ru

*The Military Academy of Strategic Rocket Troops after Peter the Great*

*The analysis of the directions of destruction of composites with the extraction of fibers and their further application is carried out. Research has been carried out to determine the possibility of extracting reinforcing fillers from composite materials using thermocatalytic pyrolysis in a fluidized bed reactor. If there is a demand for recoverable products and compliance with the requirements of environmental legislation, it may be advisable to extract fibers from composite waste instead of disposal.*

**Keywords:** destruction of composite materials, thermocatalytic pyrolysis, fiber extraction, Fluidized bed

## References

- [1] Recyclling Advanced Composites. Report No. IBP-95-3. Clean Washington Center. 1995. Available at: <https://p2infohouse.org/ref/05/04014.pdf> (accessed November 9, 2021).
- [2] Biswas S., Hal M., Srikanth G. Composite: A vision for the future. Available at: [www.tifac.org.in/news/compvis.htm](http://www.tifac.org.in/news/compvis.htm) (accessed November 9, 2021).
- [3] Stiller H. Material Intensity of Advanced Composite Materials. Wuppertal Papers. Wuppertal Institut fuer Klima, Umwelt, Energie, 1999, vol. 90. Available at: <https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/926/file/WP90.pdf> (accessed November 9, 2021).

- [4] Bonded Repair and Retrofit of Concrete Structures Using FPR Composites. National Cooperative Highway Research Program. Report 514.
- [5] Von Gentzkow W., Braun D., Rudolf A.-P. Process for Recycling of Thermoset Materials. US 6465702. 2002.
- [6] Pinero-Hernanz R., Garcia-Serna J., Dodds C. et al. Chemical Recycling of Carbon Fibre Composites Using Alcohols Under Subcritical and Supercritical Conditions. Journal of Supercritical Fluids, 2008, vol. 46, no 1, pp. 83–92.
- [7] Hardman S., Leng S., Wilson D.C. Polymer cracking. US 5481052. 1996.
- [8] Platz G.P. Resource Recovery by Catalytic Conversion of Polymers. US 5504267. 1996.

УДК 629.7.085

## **Современные тенденции развития мембранных технологий и их применения в системах термостатирования стартовых ракетных комплексов**

**Крылов Пётр Владимирович**

peter\_krylov@list.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана; АО «Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры»

**Бармин Игорь Владимирович**

barminkbom@mail.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана; АО «Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры»

**Козлов Владимир Владимирович**

vladimir.kozlov@enecon.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана

**Михайлова Ирина Петровна**

irulinapetrovna@gmail.com

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Цель исследования — провести сопоставительный анализ представленных на отечественном рынке производителей мембран и оценить перспективность применения соответствующих мембранных блоков в реалиях стартовых ракетных комплексов. В статье рассмотрены основные представители отечественной и зарубежной промышленности, использующие в своей продукции мембранные технологии. Научная новизна работы заключается в разработке принципиальных схем систем термостатирования с использованием картриджей с поливолоконными мембранными, конструкционно адаптированных к решению поставленных задач на стартовом ракетном комплексе.

**Ключевые слова:** космодром, наземная космическая инфраструктура, стартовый комплекс, воздушная система обеспечения температурного режима, воздушная холодильная машина, осушение, мембрана

Одним из наиболее молодых и динамично развивающихся направлений методов получения и подготовки газов на сегодняшний день является применения мембранных технологий. Сфера применения поливолоконных мембранных и их разновидностей расширяется с каждым днем. Одним из видов применения поливолоконных мембранных стал процесс подготовки и осушки воздуха. В статье рассмотрена воздушная система обеспечения терморежимов, в которой при давлении 1,0 МПа и температуре +3 °C на входе в объект термостатирования влагосодержание воздуха должно составлять не более 0,35 г/кг сухого воздуха, что соответствует относительной влажности около 100 % при давлении 1,0 МПа [1].

Одним из самых крупных поставщиков мембранных блоков на российском рынке является шведская компания Atlas Copco. Мембранный осушитель воздуха Atlas Copco SD представляет собой блок из множества тонких трубок-мембран со специальными композитными стенками, способными пропускать влагу, находящихся внутри цилиндрического корпуса. Влага впитывается в стенки при прохождении потока воздуха по трубкам, а затем выдувается из осушителя под действием части осущененного воздуха, направленного обратным потоком [1, 2]. Осушители просты в конструкции и не потребляют электроэнергию, но в то же время имеют существенную потерю воздуха на обратный поток и высокие требования к чистоте воздуха на входе в блок.

Второй крупной международной компанией, поставляющей мембранные блоки на отечественный рынок, является AirProduct, выпустившая мембранные сепараторы Prism по собственной запатентованной технологии, позволяющей отказаться от необходимости выдувания влаги из модуля частью осущененного воздуха [3]. Они состоят из большого количества асимметричных полых волокон, действующих как молекулярный фильтр. Когда смесь газов под высоким давлением поступает в сепаратор, компоненты газов разделяются в результате выборочного просачивания. Быстрые газы легко просачиваются через мембранные стенки и выходят через боковое отверстие. Медленным газам труднее проходить через мембранные стенки, поэтому они двигаются по каналам волокон, выходя через отверстие в конце оболочки [4].

На территории Российской Федерации с относительно недавнего времени также появился первый отечественный производитель мембран — научно-промышленная компания «Грасис», разрабатывающая мембранные блоки по собственной запатентованной технологии. Компания разработала новые мембранные с улучшенными газоразделительными свойствами и конструкцией корпусов картриджей CarboPeek [5]. Мембранные CarboPeek обладают половиной конфигурации, другой последовательностью скоростей проникновения компонентов газа и минимальным падением давления газа на выходе из осушителя. Однако данный тип мембран несмотря на явное преимущество с точки зрения технологичности и вопроса импортозамещения еще не применялся в системах осушки воздуха, а потому для определения аппаратной конфигурации в рамках применения на стартовом комплексе требует дополнительной проработки и исследования режимов для получения исходных данных к расчетам по осушению воздуха, аналогичным расчетам по зарубежным производителям.

Задача настоящей статьи — провести сопоставительный анализ существующих разработок на отечественном рынке на предмет применения в системах термостатирования стартовых ракетных комплексов. Проведенный обзор и анализ мембранных технологий раскрывает возможные пути их применения и адаптации к реалиям и задачам по подготовке потока термостатирования на космодромах России.

## Литература

- [1] Козлов В.В., Крылов П.В., Пискун Е.С. Анализ перспективных технологических схем подготовки воздуха в системах термостатирования стартовых комплексов // Инженерный журнал: наука и инновации. 2021. № 9. С. 1–12.
- [2] Atlas Copco. Available at: <https://www.atlascopco.com/> (accessed October 12, 2021).
- [3] AirProducts. Available at: <https://www.airproducts.ru/> (accessed October 12, 2021).
- [4] Булавинов С.Л. CarboPEEK — мембранные технологии ГРАСИС для переработки и утилизации попутного нефтяного газа // Химическая технология. 2008. № 8. С. 34 – 35.
- [5] Булавинов С.Л. Мембранные технологии для переработки и утилизации попутного нефтяного газа // Экологический вестник. 2009. № 12. С. 11–14.

## Modern Trends in the Development of Membrane Technologies and Their Application in Launch Complex Temperature Control Systems

**Krylov Petr Vladimirovich** peter\_krylov@list.ru

*BMSTU; Center for Operation of Space Ground Based Infrastructure*

**Barmin Igor Vladimirovich** barminkbom@mail.ru

*BMSTU; Center for Operation of Space Ground Based Infrastructure*

**Kozlov Vladimir Vladimirovich** vladimir.kozlov@enecon.ru

*BMSTU*

**Mikhailova Irina Petrovna** irulinapetrovna@gmail.com

*BMSTU*

*The purpose of the research is to perform a comparative analysis membrane manufacturers represented on the national market and estimate the prospectivity of using the corresponding membrane blocks in the actualities of launch rocket complexes. The article discusses the main representatives of national and foreign industry using membrane technology in their products. The scientific innovation of the article consists in the development of schematic diagrams of temperature control systems using cartridges with hollow fiber membranes, structurally adapted to solve the launch rocket complex tasks.*

**Keywords:** spaceport, ground-based space infrastructure, launch complex, air temperature control system, air refrigerator, drying, membrane

### References

- [1] Kozlov V.V., Krylov P.V., Piskun E.S. Analiz perspektivnyh tehnologicheskikh shem podgotovki vozduha v sistemah termostatirovaniya startovyh kompleksov [Analysis of promising technological schemes of air preparation in the thermostating systems of launch complexes]. Inzhenernyy zhurnal: nauka i innovatsii [Engineering Journal: Science and Innovation], 2021, no. 9, pp. 1–12. (In Russ.).
- [2] Atlas Copco. Available at: <https://www.atlascopco.com/> (accessed October 12, 2021).
- [3] AirProducts. Available at: <http://www.airproducts.ru/> (accessed October 12, 2021).
- [4] Bulavinov S.L. CarboPEEK — membrannaja tehnologija GRASIS dlja pererabotki i utilizacii poputnogo neftjanogo gaza [CarboPEEK — membrane technology of GRACIS for processing and utilization of associated petroleum gas]. Himicheskaya tehnologiya [Chemical technology], 2008, no. 8, pp. 34–35. (In Russ.).
- [5] Bulavinov S.L. Membrannaja tehnologija dlja pererabotki i utilizacii poputnogo neftjanogo gaza [Membrane technology for processing and utilization of associated petroleum gas]. Ekologicheskiy vestnik [Ecological Herald], 2009, no. 12, pp. 11–14. (In Russ.).

УДК 629.423.1

## Система бесперебойного электроснабжения электровоза

**Куликов Павел Васильевич** Boltyi1@yandex.ru

Корпорация «Стратегические пункты управления»

**Чемусов Александр Викторович** kpv1018@mail.ru

Военная академия РВСН имени Петра Великого

**Аркадьев Денис Валерьевич** elizakylk2@gmail.com

Военная академия РВСН имени Петра Великого

Представлена и описана система бесперебойного электроснабжения электровоза, запатентованная Военной академией РВСН имени Петра Великого. Система бесперебойного электроснабжения предназначена для повышения готовности и мобильности ряда последовательно соединенных и взаимодополняющих объектов подвижного комплекса за счет рекуперации электрической энергии и использования многообмоточного трансформатора. Предлагаемая система бесперебойного электроснабжения электровоза обеспечивает электрической энергией электровоз и электрооборудование вагонов электропоезда, снаженных распределительными устройствами и средствами собственных нужд, как в движении, так и на стоянке.

**Ключевые слова:** электровоз, контактная сеть, бесперебойное электроснабжение, инвертор, трансформатор, аккумуляторная батарея

Известна система бесперебойного электроснабжения электровоза на постоянном токе, содержащая высоковольтную сеть системы внешнего электроснабжения, к которой подключены параллельно два канала питания, каждый из которых содержит последовательно соединенные: высоковольтный выключатель, трехобмоточный трансформатор, содержащий первичную обмотку, первую вторичную и вторую вторичную обмотки, подключенные к соответствующим схемам выпрямления, причем выходы указанных схем через высоковольтные выключатели подключены к разным частям промежуточной высоковольтной сети постоянного тока, при этом второй выход первой из названных схем и первый выход второй схемы подключены к общему участку промежуточной высоковольтной сети постоянного тока, который через высоковольтные выключатели соединен с первым и вторым конверторами, выходы каждого из которых подключены к шине постоянного тока, которая подключена к разным участкам сети постоянного тока с напряжением, используемым для питания электровоза в качестве контактной сети, причем к промежуточной сети постоянного тока через фильтры питания подключены три однофазных инвертора, соединенных параллельно, выходные напряжения которых сдвинуты по фазе на угол, равный  $120^\circ$  относительно друг друга и два выпрямителя, включенных также параллельно, при этом трансформатор первого выпрямителя соединен в звезду, а трансформатор второго выпрямителя соединен треугольником, причем выходы обоих выпрямителей подключены к шине постоянного тока, соединенный с разными участками контактной сети [1].

Данная система нашла широкое применение на железнодорожном транспорте ряда стран, поскольку ее отличает экономичность и надежность; она позволяет использовать установленные энергетические мощности железной дороги, присоединенные к системе внешнего электроснабжения.

К ее недостаткам можно отнести сложность схемы, поскольку в ней используются три напряжения: высоковольтное напряжение системы внешнего электроснабжения,

высоковольтное напряжение промежуточной сети постоянного тока и высоковольтное напряжение контактной сети (КС); большое число преобразователей электрической энергии: инверторов, выпрямителей и конверторов, что затрудняет обслуживание устройства при эксплуатации и требует высококвалифицированных специалистов.

Также нужно отметить существенный недостаток, обусловленный тем, что надежность электроснабжения ЭВ невысока, так как отсутствие напряжения в КС приводит к прекращению движения, в то время как для подвижного пункта управления такое положение является недопустимым.

Для устранения указанных недостатков предлагается применять разработанную и запатентованную Военной академией РВСН имени Петра Великого систему бесперебойного электроснабжения электровоза [2].

Предлагаемая система бесперебойного электроснабжения электровоза обеспечивает электрической энергией электровоз и электрооборудование вагонов электропоезда, снабженных распределительными устройствами и средствами собственных нужд, как в движении, так и на стоянке.

Система содержит контактную сеть подобную сетям постоянного тока, описанным в [3] для напряжения 3,3 кВ, фильтр питания, выполненный с возможностью подключения к контактной сети, инвертор, преобразующий постоянный ток в трехфазный переменный ток квазисинусоидальной формы с трансформаторным выходом [4, 5], выпрямитель управления, реле контроля напряжения с размыкающими контактами, выполняющими функции высоковольтных выключателей; блок разделительных диодов, аккумуляторную батарею, инвертор батареи с дополнительной обмоткой, введенной в трехобмоточный трансформатор, к вторичным обмоткам которого подключены трехфазные потребители вагонов.

При наличии высоковольтного напряжения в контактной сети оно проходит через фильтр питания, инвертор, трехобмоточный трансформатор и подается на все потребители вагонов, при этом батарея не разряжается из-за действий диода блока разделительных диодов.

При пропадании напряжения в контактной сети диод блока разделительных диодов открывается, батарея начинает разряжаться на инвертор батареи, обмотка которого обеспечивает создание магнитного потока в трансформаторе, и во всех обмотках последнего возникают электродвижущие силы, обеспечивая работу потребителей.

Реле контроля напряжения отключает основной инвертор и напряжение первичной обмотки подается на выпрямитель, рассчитанный на всю мощность устройства, выпрямленное напряжение поступает на фильтр питания и напряжение на контактной сети восстанавливается.

Таким образом, потребители электровоза и вагонов обеспечиваются электрической энергией непрерывно, а их мобильность сохраняется.

## Литература

- [1] Бурков А.Т. Электронная техника и преобразователи. М.: Транспорт, 2001. С. 436.
- [2] Аркадьев Д.В., Куликов П.В., Кириллов Н.П., Чемусов А.В. Система гарантированного электропитания электровоза. Патент № 2755531 Российская Федерация, 2021, бюл. 26. 12 с.
- [3] Слепцов М.А., Савина Т.И. Электроснабжение электрического транспорта. М.: МЭИ, 2001. 48 с.
- [4] Микроэлектронные электросистемы / под ред. Ю.И. Конева. М.: Радио и связь, 1987. 240 с.
- [5] Проектирование статических преобразователей / под ред. П.В. Голубева. М.: Энергия, 1974. 408 с.

## Uninterrupted Power Supply for Electric Locomotive

**Kulikov Pavel Vasilyevich** Boltyi1@yandex.ru

*Strategic Control Points Corporation*

**Chemusov Aleksandr Viktorovich** kpv1018@mail.ru

*SRTMA*

**Arkadyev Denis Valерьевич** elizakylk2@gmail.com

*SRTMA*

*The article presents and describes the system of uninterrupted power supply of an electric locomotive, patented by the Military Academy of Strategic Rocket Troops after Peter the Great. The uninterruptible power supply system is designed to increase the availability and mobility of a number of sequentially connected and complementary objects of the mobile complex due to the recovery of electrical energy and the use of a multi-winding transformer. The proposed system of uninterrupted power supply of an electric locomotive provides electric power to an electric locomotive and electrical equipment of electric train cars equipped with switchgears and means of their own needs, both in motion and in the parking lot.*

**Keywords:** locomotive, contact network, uninterrupted power supply, inverter, transformer, rechargeable battery

### References

- [1] Burkov A.T. Electronnaya technika i preobrazovately [Electronic equipment and converters]. Moscow, Transport Publ., 2001, p. 436. (in Russ.).
- [2] Arkadev D.V., Kulikov P.V., Kirillov N.P., Chemusov A.V. Sistema garantirovannogo elektropitaniya elektrovoza [System of guaranteed electric locomotive power supply]. Patent RF 2755531, 2021, byul. 26, 12 p. (in Russ.).
- [3] Sleptsov M.A., Savina T.I. Elektrosnabzhenie elektricheskogo transporta [Electrical power supply of an electrical transport]. Moscow, MPEI Publ., 2001, 48 p. (in Russ.).
- [4] Microelektronnye sistemy. Pod red. Yu.I. Koneva [Electrical microelectronic systems. Ed. by Yu.I. Konev]. Moscow, Radio and svyas Publ., 1987, 240 p. (in Russ.).
- [5] Proektirovaniye staticheskikh preobrazovateley. Pod red. P.V. Golubeva [Design of the static converters. Ed. by P.V. Golubev]. Moscow, Energya Publ., 1974, 408 p. (in Russ.).

УДК 629.423.1

## Система гарантированного электропитания электровоза

**Куликов Павел Васильевич** Boltyi1@yandex.ru

*Корпорация «Стратегические пункты управления»*

**Чемусов Александр Викторович** kpv1018@mail.ru

*Военная академия РВСН имени Петра Великого*

**Аркадьев Денис Валерьевич** elizakylk2@gmail.com

*Военная академия РВСН имени Петра Великого*

*Представлена и описана система гарантированного электропитания электровоза, запатентованная Военной академией РВСН имени Петра Великого. Система гарантированного электропитания электровоза при перерывах в электроснабжении обеспечивает по-*

*движность электровоза и сохранность информации в электронно-вычислительной технике, размещенной в последовательно соединенных и взаимодополняющих объектах. Система электропитания выполнена так, что любой вагон обеспечен электрической энергией независимо от того, входит ли данный вагон в эшелон или же он функционирует автономно. При отсутствии напряжения контактной сети функционирование электровоза и вагонов по времени определяется только напряжением соответствующих аккумуляторных батарей.*

**Ключевые слова:** электровоз, контактная сеть, гарантированное электропитание, система электроснабжения, инвертор, трансформатор, аккумуляторная батарея

Известна система гарантированного электропитания электровоза, содержащая два канала питания, каждый из которых содержит последовательно соединенные ввод, высоковольтное устройство распределительное, понижающий трансформатор, устройство распределительное среднего напряжения, преобразовательный трансформатор, выпрямитель, устройство распределительное постоянного тока, соединенное через слаживающее устройство с рельсом через рельсовый фидер и с контактным проводом через питающий фидер.

Данная система нашла широкое применение на железнодорожном транспорте из-за простоты схемы, технологичности и стабильности параметров электрической энергии, однако ей свойственны и недостатки, среди которых основными являются: высокое напряжение контактной сети, что затрудняет эксплуатацию и передачу в вагоны; род тока, что затрудняет электропитание потребителей постоянного и переменного тока и отсутствие связи между электровозом и вагонами требуемыми напряжениями.

При этом последовательно соединенные мобильные объекты являются основой передвижения по заданному маршруту ряда технических систем: машин управления, агрегатов связи, вагонов, — главной особенностью является управление всеми объектами из первого, в том числе и передача электрической энергии от первого каждого. Большое значение при такой схеме построения является бесперебойное гарантированное электроснабжение.

Ряд специалистов относит часть систем бесперебойного питания (СБП) к системам гарантированного питания (СГП), однако полной характеристики СГП не приводится. Исходя из анализа результатов исследований, произведенных профессором Ж.А. Мкртчяном, можно сделать вывод, что перерыв в питании электронно-вычислительной техники приводит к потере информации через период времени, равный 0,02 с [1].

Следовательно, система типа СБП переходит в режим СГП, если в ней переключение с аварийного источника на резервный производится за время, равное не более 0,01 с.

Такой возможностью обладает разработанная и запатентованная Военной академией РВСН имени Петра Великого система гарантированного электропитания электровоза [2]. Предлагаемая система обеспечивает гарантированным электропитанием потребителей постоянного и переменного тока как электровоза, так и всех вагонов, как в движении, так и на стоянке.

Система содержит внешнюю часть, состоящую из двух каналов питания [3], которые являются идентичными и каждый из них содержит: ввод, высоковольтное устройство распределительное, понижающий трансформатор, устройство распределительное среднего напряжения, преобразовательный трансформатор, устройство распределительное постоянного тока и контактную сеть, а также внутреннюю часть,

содержащую электромеханический блок электропоезда и электромеханические блоки (по числу вагонов). Первый из указанных блоков содержит бесконтактный высоковольтный двигатель постоянного тока, подключенный к контактной сети, при этом на одном торце вала установлен синхронный генератор с постоянными магнитами, предназначенный для питания трехфазных потребителей переменного тока электропоезда, а на другом торце размещен вентильный генератор для питания потребителей постоянного тока электровоза.

Кроме того, напряжение указанного генератора подается на бесконтактный низковольтный двигатель постоянного тока электромеханического блока первого вагона, у которого на торцах вала установлены указанные генераторы, и так от первого вагона до последнего. Соответствующие двигатели блоков всех вагонов подключены к аккумуляторным батареям, которые не разряжаются при наличии напряжения вентильного генератора из-за разделительного диода, который закрыт, таким образом электрооборудование самого электровоза и всех вагонов обеспечивается электроэнергией требуемого рода и качества непрерывно.

Напряжение всех вентильных генераторов несколько (на 1...1,5 В) больше напряжения аккумуляторных батарей вагонов, поэтому при работе каждого вентильного генератора того или иного блока соответствующая аккумуляторная батарея не разряжается, однако если по какой-либо причине напряжение вентильного генератора того или иного электромеханического блока исчезнет, то за время менее 0,01 с открывается разделительный диод и соответствующая аккумуляторная батарея начнет разряжаться.

Система электропитания выполнена так, что любой вагон обеспечен электрической энергией независимо от того входит ли данный вагон в эшелон или же он функционирует автономно. При отсутствии напряжения контактной сети функционирование электровоза и вагонов по времени определяется только напряжением соответствующих аккумуляторных батарей.

Теория бесконтактных высоковольтных двигателей постоянного тока раскрыта в [4, 5]. Основы вентильных генераторов изложены в [6], поэтому предлагаемая система реализуема, так как технология изготовления всех основных машин отработана.

## Литература

- [1] Мкртчян Ж.А. Электропитание электронно-вычислительных машин. М.: Энергия, 1980. 208 с.
- [2] Аркадьев Д.В., Куликов П.В., Кириллов Н.П., Чемусов А.В. Система гарантированного электропитания электровоза. Патент № 2755531 Российской Федерации, 2021, бюл. 26. 12 с.
- [3] Слепцов М.А., Савина Т.И. Электроснабжение электрического транспорта. М.: МЭИ, 2001. 48 с.
- [4] Бут Д.А. Бесконтактные электрические машины. М.: Высшая школа, 1990. 400 с.
- [5] Балагуров В.А., Галтеев Ф.Ф. Электрические генераторы с постоянными магнитами. М.: Энергатомиздат, 1988. 280 с.
- [6] Балагуров В.А. Проектирование специальных электрических машин переменного тока. М.: Высшая школа, 1982. 272 с.

## Locomotive Uninterruptible Power System

**Kulikov Pavel Vasilyevich**

Boltyi1@yandex.ru

*Strategic Control Points Corporation*

**Chemusov Aleksandr Viktorovich**

kpv1018@mail.ru

*SRTMA*

**Arkadyev Denis Valeryevich**

elizakylk2@gmail.com

*SRTMA*

*The article presents and describes the system of guaranteed electric locomotive power supply, patented by the Military Academy of Strategic Rocket Troops after Peter the Great. The system of guaranteed electric locomotive power supply during power supply interruptions ensures the mobility of the electric locomotive and the safety of information in electronic computing equipment placed in series connected and complementary objects. The power supply system is designed so that any car is provided with electric energy, regardless of whether this car is included in the echelon or it functions autonomously. In the absence of the voltage of the contact network, the functioning of the electric locomotive and wagons in time is determined only by the voltage of the corresponding batteries.*

**Keywords:** electric locomotive, contact network, guaranteed power supply, power supply system, inverter, transformer, rechargeable battery

### References

- [1] Mkrtchyan J.A. Elektropitaniye elektronno-vychislitelnykh mashin [Electric Power Supply of Electronic Calculating Machines]. Moscow, Energia Publ., 1980, 208 p. (in Russ.).
- [2] Arkadev D.V., Kulikov P.V., Kirillov N.P., Chemusov A.V. Sistema garantirovannogo elektropitaniya elektrovoza [System of guaranteed electric locomotive power supply]. Patent RF 2755531, 2021, byul. 26, 12 p. (in Russ.).
- [3] Sleptsov M.A., Savina T.I. Elektrosnabzhenie elektricheskogo transporta [Electrical power supply of an electrical transport]. Moscow, MPEI Publ., 2001, 48 p. (in Russ.).
- [4] But D.A. Beskontaktnye elektricheskie mashiny [Noncontact electrical machines]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1990, 400 p. (in Russ.).
- [5] Balagurov V.A., Galteev F.F. Elektricheskie generatory s postoyannymi magnitami [Electric generators with permanent magnets]. Moscow: Energoatomizdat Publ., 1988, 280 p. (in Russ.).
- [6] Balagurov V.A. Proektirovanie spetsialnykh elektricheskikh mashin peremennogo toka [Designing special alternating current electrical machines]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1982, 272 p. (in Russ.).

---

УДК 629.7.08

## **Повышение энергоэффективности систем обеспечения чистотно-температурно-влажностного режима с регулируемой производительностью монтажно-испытательного корпуса унифицированного технического комплекса космического ракетного комплекса**

**Лабинцев Александр Викторович**

lav16021@mail.ru

*1653 военное представительство Министерства обороны Российской Федерации*

**Мазлумян Григорий Сергеевич**

gmazlumyan@mail.ru

*Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)*

*Доклад посвящен обоснованию и разработке научно-методического аппарата повышения энергоэффективности систем обеспечения чистотно-температурно-влажностного режима монтажно-испытательного корпуса унифицированного технического комплекса космического ракетного комплекса с регулируемой производительностью на основе применения вентиляторных агрегатов с переменными аэродинамическими характеристиками на базе вентильно-индукторных приводов. Целью исследования является повышение энергоэффективности систем обеспечения чистотно-температурно-влажностного режима монтажно-испытательного корпуса унифицированного технического комплекса космического ракетного комплекса с регулируемой производительностью на основе применения вентиляторных агрегатов с переменными аэродинамическими характеристиками на базе вентильно-индукторных приводов.*

**Ключевые слова:** космический ракетный комплекс, унифицированный технический комплекс, монтажно-испытательный корпус, система обеспечения чистотно-температурно-влажностного режима, вентиляторный агрегат, вентильно-индукторный привод, аэродинамическая характеристика, теплопроизводительность, холодопроизводительность

Для достижения цели исследования обоснованы и разработаны приведенные ниже новые научные результаты [1–4]:

1. Методика обоснования выбора структуры и характеристик систем обеспечения чистотно-температурно-влажностного режима монтажно-испытательного корпуса унифицированного технического комплекса космического ракетного комплекса с регулируемой производительностью с применением вентиляторных агрегатов с переменными аэродинамическими характеристиками на базе вентильно-индукторных приводов, которая отличается от существующих учетом влияния на показатели энергоэффективности структуры, характеристик и алгоритмов управления вентиляторными агрегатами с переменными аэродинамическими характеристиками на базе вентильно-индукторных приводов.

2. Результаты математического моделирования систем обеспечения чистотно-температурно-влажностного режима монтажно-испытательного корпуса унифицированного технического комплекса космического ракетного комплекса с регулируемой производительностью с применением вентиляторных агрегатов с переменными аэродинамическими характеристиками на базе вентильно-индукторных приводов, которые, в отличие от известных, позволяют определить функциональные зависимости показателей энергоэффективности систем обеспечения чистотно-температурно-влажностного режима монтажно-испытательного корпуса унифицированного техни-

ческого комплекса космического ракетного комплекса с регулируемой производительностью от структуры, характеристик и алгоритмов управления вентиляторными агрегатами с переменными аэродинамическими характеристиками на базе вентильно-индукторных приводов.

3. Результаты экспериментальных исследований вентиляторных агрегатов с переменными аэродинамическими характеристиками на базе вентильно-индукторных приводов, позволяющие подтвердить и впервые определить функциональные зависимости показателей энергоэффективности систем обеспечения чистотно-температурно-влажностного режима монтажно-испытательного корпуса унифицированного технического комплекса космического ракетного комплекса с регулируемой производительностью от структуры, характеристик и алгоритмов управления вентиляторными агрегатами с переменными аэродинамическими характеристиками на базе вентильно-индукторных приводов.

4. Обоснованные предложения по созданию вентиляторных агрегатов с переменными аэродинамическими характеристиками с применением вентильно-индукторных приводов и на их основе систем обеспечения чистотно-температурно-влажностного режима монтажно-испытательного корпуса унифицированного технического комплекса космического ракетного комплекса с регулируемой производительностью.

Практическая значимость научных результатов состоит в значительном повышении энергоэффективности систем обеспечения чистотно-температурно-влажностного режима монтажно-испытательного корпуса унифицированного технического комплекса космического ракетного комплекса с регулируемой производительностью на основе применения вентиляторных агрегатов с переменными аэродинамическими характеристиками на базе вентильно-индукторных приводов и, как следствие, увеличение их ресурса, повышение долговечности и улучшение экономичности [1–4].

Результаты научных исследований проходят реализацию (внедрение) и в дальнейшем могут быть использованы:

- в научно-исследовательской работе и учебном процессе: МАДИ, МГТУ им. Н.Э. Баумана, Военной академии РВСН имени Петра Великого;
- в научно-исследовательской работе в АО «ЦНИИмаш», Военно-научного комитета РВСН;
- в опытно-конструкторской работе АО «Корпорация «СПУ — ЦКБ ТМ»;
- при планировании государственного оборонного заказа по строительству Вооруженных сил Российской Федерации: в КВ; в Военно-научном комитете РВСН;
- при планировании и осуществлении испытаний, опытной отработки, эксплуатации и модернизации вооружения, военной и специальной техники в эксплуатирующих организациях Министерства обороны Российской Федерации и государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос»: в войсковой части № 13991 (космодром «Плесецк», г. Мирный).

## Литература

- [1] Палешкин А.В., Заговорчев В.А., Шеметова Е.В. Предпосылки создания блочного имитатора на основе сетчатых нагревателей для проведения тепловой отработки // Тепловые процессы в технике. 2021. С. 418–423.
- [2] Саргсян С.В. Исследование способов организации воздухообмена и систем воздухораспределения на физических моделях в лабораторных условиях // Научное обозрение. 2015. № 16. С. 68–71.

- 
- [3] Саргсян С.В. Методика лабораторных испытаний способов организации воздухообмена на физических моделях // Научное обозрение. 2015. № 16. С. 76–79.
  - [4] Прокофьев П.С. Принципиальные схемы компоновки систем кондиционирования воздуха с использованием роторного утилизатора теплоты // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер. Стр-во и архит. 2012. Вып. 28 (47). С. 156–163.

## **Improving the Energy Efficiency of Frequency-Temperature-Humidity Control Systems with Adjustable Performance of the Installation and Testing Building of the Unified Technical Complex of the Space Rocket Complex**

**Labintsev Alexandre Victorovich**

lav16021@mail.ru

*1653 Military Representation of the Ministry of Defense of the Russian Federation*

**Mazlumyan Gregory Sergeevich**

gmazlumyan@mail.ru

*Moscow Automobile and Road Engineering State Technical University (MADI)*

*The report is devoted to the substantiation and development of a scientific and methodological apparatus for increasing the energy efficiency of systems for ensuring the clean-temperature-humidity mode of the assembly and testing building of the unified technical complex of the space rocket complex with adjustable performance based on the use of fan units with variable aerodynamic characteristics based on valve-inductor drives. The purpose of the study is to increase the energy efficiency of systems for ensuring the cleanliness, temperature and humidity conditions of the assembly and testing building of the unified technical complex of the space rocket complex with adjustable performance based on the use of fan units with variable aerodynamic characteristics based on valve-inductor drives.*

**Keywords:** the space rocket complex, unified technical complex, the assembly and testing building, systems for ensuring the cleanliness

### **References**

- [1] Paleshkin A.V., Zagovorchev V.A., Shemetova E.V. Predposylki sozdaniya blochnogo imitatora na osnove setchatykh nagrevatelei dlya provedeniya teplovoi otrobotki [Prerequisites for the creation of a block simulator based on mesh heaters for conducting thermal mining]. Teplovye protsessy v tekhnike [Thermal Processes in Technology], 2021, pp. 418–423. (In Russ.).
- [2] Sargsyan S.V. Issledovanie sposobov organizatsii vozdukhoobmena i sistem vozdukhoraspredeleniya na fizicheskikh modelyakh v laboratornykh usloviyakh [Research of methods of organizing air exchange and air distribution systems on physical models in laboratory conditions]. Nauchnoe obozrenie [Scientific Review], 2015, no. 16, pp. 68–71. (In Russ.).
- [3] Sargsyan S.V. Metodika laboratornykh ispytanii sposobov organizatsii vozdukhoobmena na fizicheskikh modelyakh [Technique of laboratory tests of methods of organizing air exchange on physical models]. Nauchnoe obozrenie [Scientific Review], 2015, no. 16, pp. 76–79. (In Russ.).
- [4] Prokof'ev P.S. Printsipl'nye skhemy komponovki sistem konditsionirovaniya vozdukh s ispol'zovaniem rotornogo utilizatora teploty [Schematic diagrams of the layout of air conditioning systems using a rotary heat exchanger]. Vestnik Volgogr. gos. arkhit.-stroit. un-ta. Ser. Str-vo i arkhit. [Herald of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and Architecture Series], 2012, iss. 28 (47), pp. 156–163. (In Russ.).

УДК 629.7.085

## Транспортно-загрузочный агрегат с механизмом подъема груза на базе телескопических гидроцилиндров с применением системы обеспечения синфазности выдвижения их штоков

**Макеев Иван Михайлович** ivanmak1997@mail.ru

*Московский автодорожный государственный технический университет (МАДИ)*

**Ерусланкин Сергей Алексеевич** riffcss@mail.ru

*Московский автодорожный государственный технический университет (МАДИ)*

*Доклад посвящен модернизированному транспортно-загрузочному агрегату с механизмом подъема груза на базе телескопических гидроцилиндров. Обоснован технический облик механизма подъема груза транспортно-загрузочного агрегата на базе телескопических гидроцилиндров с применением системы обеспечения синфазности выдвижения их штоков, а также рациональных вариантов его устройства и режимов работы. Проведен анализ общего устройства, принципа действия, описания конструкции модернизируемого транспортно-загрузочного агрегата.*

**Ключевые слова:** транспортно-загрузочный агрегат, гидроцилиндры, штоки, телескопические гидроцилиндры

В ходе испытаний транспортно-загрузочного агрегата стационарного ракетного комплекса возникла нештатная ситуация, завершившаяся аварией и разрушением агрегата и грузомакета, повлекшими значительный ущерб. Основной причиной аварии транспортно-загрузочного агрегата является некачественное изготовление и, как следствие, возникновение разности хода гидроцилиндров механизма подъема кузова, расположенных по правому и по левому бортам кузова, появлению нерабочих нагрузок и разрушение гидроцилиндра, размещенного по левому борту. Последовавшие за этим разрушение оси переходной рамы и падение кузова агрегата привели к существенному повреждению агрегата и грузомакета.

Целью исследования является повышение безопасности транспортно-загрузочного агрегата при выполнении работ по установке изделия в сооружения на основе модернизации механизма подъема кузова транспортного-загрузочного агрегата и изделия с применением системы обеспечения синфазности выдвижения штоков трехступенчатого телескопического гидроцилиндра.

Объектом исследования является модернизированный механизм подъема кузова транспортного-загрузочного агрегата и изделия с применением системы обеспечения синфазности выдвижения штоков трехступенчатого телескопического гидроцилиндра.

Предметом исследования является функциональная взаимосвязь между разностью хода штоков левого и правого гидроцилиндров модернизированного механизма подъема кузова транспортного-загрузочного агрегата с изделием и составом, параметрами и структурой системы обеспечения синфазности выдвижения штоков трехступенчатого телескопического гидроцилиндра.

Для достижения цели исследования, были решены задачи по обоснованию и разработке:

1) технического облика механизма подъема груза транспортно-загрузочного агрегата на базе телескопических гидроцилиндров с применением системы обеспече-

ния синфазности выдвижения их штоков, а также рациональных вариантов его устройства и режимов работы [1];

2) результатов оценки технических характеристик транспортно-загрузочного агрегата с предложенным механизмом подъёма груза на базе телескопических гидроцилиндров с применением системы обеспечения синфазности выдвижения их штоков [2];

3) технологий сборки гидроцилиндров механизма подъёма опорной рамы транспортно-загрузочного агрегата [3];

4) результатов цифрового проектирования силовых элементов конструкции механизма подъёма кузова транспортно-загрузочного агрегата с изделием на базе компьютерного моделирования и оценки прочности оси кантования конструкции механизма подъёма груза [4].

Практическая значимость результатов исследования состоит в обосновании и разработке конструктивно-компоновочной схемы, рабочей документации, моделей и методик по модернизации механизма подъема кузова транспортного-загрузочного агрегата и изделия с применением системы обеспечения синфазности выдвижения штоков трехступенчатого телескопического гидроцилиндра.

### **Литература**

- [1] Свешников В.Е. Гидрооборудование: междунар. справ. Кн. 3. Вспомогательные элементы гидропривода: Номенклатура, параметры, размеры, взаимозаменяемость. М.: Техинформ МАИ, 2003. 445 с.
- [2] Скрицкий В.Я., Рокшевский В.А. Синхронизация исполнительных органов гидрофицированных машин и механизмов. М.: Машиностроение, 1973. 144 с.
- [3] Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. М.: Машиностроение, 1985.
- [4] Гайдо М.Е. Проектирование объемных гидроприводов. М.: Машиностроение, 2009. 304 с.

## **Transportation and Loading Unit with Load Lifting Mechanism Based on Telescopic Hydraulic Cylinders with the Application of the System of Providing the Synphasic Extension of their Rods**

*Makeev Ivan Mikhailovich*

*ivanmak1997@mail.ru*

*Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI)*

*Eruslakin Sergei Alekseevich*

*riffcss@mail.ru*

*Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI)*

*The report is devoted to the modernized transport and loading unit with a load lifting mechanism based on telescopic hydraulic cylinders. The technical appearance of the mechanism for lifting the load of the transport-loading unit based on telescopic hydraulic cylinders with the use of a system for ensuring the in-phase extension of their rods, as well as rational options for its design and operating modes has been substantiated. The analysis of the general structure, principle of operation, description of the structure of the modernized transport and loading unit is carried out.*

**Keywords:** *transport and loading unit, stock, hydraulic cylinder, telescopic hydraulic cylinders*

### **References**

- [1] Sveshnikov V.E. Gidrooborudovanie: mezhdunar. sprav. Kn. 3. Vspomogatel'nye elementy gidroprivoda: Nomenklatura, parametry, razmery, vzaimozamenyaemost' [Hydraulic equipment: inter-

- national. Reference Book 3. Auxiliary elements of hydraulic drive: Nomenclature, parameters, dimensions, interchangeability]. Moscow, Tekhninform MAI Publ., 2003, 445 p. (In Russ.).
- [2] Skritskiy V.YA., Rokshevskiy V.A. Sinkhronizatsiya ispolnitel'nykh organov gidrofitsirovannykh mashin i mekhanizmov [Synchronization of executive bodies of hydrofected machines and mechanisms]. Moscow, Mashinostroyeniye Publ., 1973, 144 p. (In Russ.).
- [3] Spravochnik tekhnologa-mashinostroitelya [Handbook of a machine-building technologist]: in 2 vols. Moscow, Mashinostroyeniye Publ., 1985.
- [4] Goyd M.Ye. Projektirovaniye ob'yomnykh gidroprivodov [Design of volumetric hydraulic drives]. Moscow, Mashinostroyeniye Publ., 2009. 304 p. (In Russ.).

УДК 629.7.08

## **Ресурсосберегающий метод создания агрегатов подвижного заправочного оборудования перспективных ракетных комплексов с межконтинентальными ракетами в шахтных пусковых установках**

**Макеев Евгений Юрьевич**

[emakeev@yandex.ru](mailto:emakeev@yandex.ru)

*Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)*

**Мазлумян Григорий Сергеевич**

[gmazlumyan@mail.ru](mailto:gmazlumyan@mail.ru)

*Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)*

*Доклад посвящен обоснованию и разработке научных положений ресурсосберегающего метода создания агрегатов подвижного заправочного оборудования перспективных ракетных комплексов с межконтинентальными баллистическими ракетами в шахтных пусковых установках. Целью исследования является повышение оперативности и сокращение затрат ресурсов при создании агрегатов подвижного заправочного оборудования перспективных ракетных комплексов с межконтинентальными баллистическими ракетами в шахтных пусковых установках.*

**Ключевые слова:** ресурсосбережение, подвижное заправочное оборудование, заправочные системы, межконтинентальные баллистические ракеты, шахтные пусковые установки, ракетные комплексы, наземное оборудование ракетных комплексов, компоненты ракетного топлива

Доклад посвящен научным положениям ресурсосберегающего метода создания агрегатов подвижного заправочного оборудования перспективных ракетных комплексов с межконтинентальными баллистическими ракетами в шахтных пусковых установках. Цель исследования — повышение оперативности и сокращение затрат ресурсов при создании агрегатов подвижного заправочного оборудования перспективных ракетных комплексов с межконтинентальными баллистическими ракетами в шахтных пусковых установках. Для достижения этой цели обоснованы и разработаны приведенные ниже новые научные результаты [1–5]:

1. Методика дефектации и оценки технического состояния агрегатов подвижного заправочного оборудования штатных и перспективных ракетных комплексов с межконтинентальными баллистическими ракетами в шахтных пусковых установках, которая отличается от существующих учетом зависимости показателей оценки технического состояния от результатов дефектации составных частей агрегатов подвиж-

ного заправочного оборудования штатных ракетных комплексов с межконтинентальными баллистическими ракетами в шахтных пусковых установках.

2. Результаты оценки технического состояния агрегатов подвижного заправочного оборудования штатных и перспективных ракетных комплексов с межконтинентальными баллистическими ракетами в шахтных пусковых установках, которые в отличие от известных, позволяют определить зависимость показателей оценки технического состояния от результатов дефектации составных частей агрегатов подвижного заправочного оборудования штатных ракетных комплексов с межконтинентальными баллистическими ракетами в шахтных пусковых установках.

3. Результаты экспериментальных исследований технического состояния агрегатов подвижного заправочного оборудования штатных ракетных комплексов с межконтинентальными баллистическими ракетами в шахтных пусковых установках, отличающиеся тем, что позволяют экспериментально определить новые и подтвердить достоверность расчетных зависимостей показателей технического состояния от результатов дефектации составных частей агрегатов подвижного заправочного оборудования штатных ракетных комплексов с межконтинентальными баллистическими ракетами в шахтных пусковых установках.

4. Обоснованные ресурсосберегающие технические и технологические решения по созданию агрегатов подвижного заправочного оборудования перспективных ракетных комплексов с межконтинентальными баллистическими ракетами в шахтных пусковых установках.

Практическая значимость научных результатов состоит в значительном сокращении затрат ресурсов и повышении оперативности создания агрегатов подвижного заправочного оборудования перспективных ракетных комплексов с межконтинентальными баллистическими ракетами в шахтных пусковых установках.

Результаты научных исследований проходят реализацию (внедрение) и в дальнейшем могут быть использованы:

- в научно-исследовательской работе и учебном процессе: МАДИ, МГТУ им. Н.Э. Баумана, Военной академии РВСН имени Петра Великого;
- в научно-исследовательской работе в ФГБУ «4 ЦНИИ» Минобороны России, АО «ЦНИИмаш», Военно-научного комитета РВСН;
- в опытно-конструкторской работе АО «Корпорация «СПУ — ЦКБ ТМ», АО «ЦЭНКИ»;
- при планировании государственного оборонного заказа по строительству Вооруженных сил Российской Федерации: в Военно-научном комитете КВ; в Военно-научном комитете РВСН; в Военно-научном комитете Министерства обороны Российской Федерации;
- при планировании и осуществлении испытаний, опытной отработки, эксплуатации и модернизации вооружения, военной и специальной техники в эксплуатирующих организациях Министерства обороны Российской Федерации и государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос»: в войсковых частях РВСН, в войсковой части № 13991 (космодром «Плесецк», г. Мирный), на космодроме «Восточный».

## Литература

- [1] Степанов М.И., Воробьев А.М., Гранкин Б.К. Комплексы заправки ракет и космических аппаратов / под ред. М.И. Степанова. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. 240 с.

- [2] Степанов М.И. Методологические подходы и принципы обоснования конструктивных и методологических требований при проектировании комплексов заправки ракет и космических аппаратов // Космическая техника, ракетное вооружение: научно-технический журнал. 2004. № 1. С. 67–71.
- [3] Технологические объекты наземной инфраструктуры ракетно-космической техники / под ред. И.В. Бармина. М.: Полиграфикс РПК, 2005. Т. 1. 416 с.
- [4] Технологические объекты наземной инфраструктуры ракетно-космической техники / под ред. И.В. Бармина. М.: Полиграфикс РПК, 2005. Т. 2. 375 с.
- [5] Технологические объекты наземной инфраструктуры ракетно-космической техники / под ред. И.В. Бармина. М.: Полиграфикс РПК, 2005. Т. 3. 251 с.

## A Resource-Saving Method for Creating Mobile Refueling Equipment Units for Advanced Missile Systems with Intercontinental Missiles in Silo Launchers

**Makeev Evgeniy Yurievich**

emakeev@yandex.ru

*Moscow Automobile and Road Engineering State Technical University (MADI)*

**Mazlumyan Gregory Sergeevich**

gmazlumyan@mail.ru

*Moscow Automobile and Road Engineering State Technical University (MADI)*

*The report is devoted to the substantiation and development of scientific provisions of a resource-saving method for creating aggregates of mobile refueling equipment for advanced missile systems with intercontinental ballistic missiles in silo launchers. The aim of the study is to increase the efficiency and reduce the cost of resources when creating units of mobile refueling equipment for promising missile systems with intercontinental ballistic missiles in silo launchers. The aim of the study is to increase the efficiency and reduce the cost of resources when creating units of mobile refueling equipment for promising missile systems with intercontinental ballistic missiles in silo launchers.*

**Keywords:** scientific and methodological apparatus, resource-saving method, method for creating aggregates of mobile refueling equipment, mobile filling equipment, filling systems, propellant components

### References

- [1] Stepanov M.I., Vorobiev A.M., Grankin B.K. Kompleksy zapravki raket i kosmicheskikh apparatov [Complexes for refueling rockets and spacecraft]. Edited by M.I. Stepanov. Moscow, BMSTU Press, 2006. 240 p. (In Russ.).
- [2] Stepanov M.I. Metodologicheskie podhody i principy obosnovaniya konstruktivnyh i metodologicheskikh trebovaniy pri proektirovaniyu kompleksov zapravki raket i kosmicheskikh apparatov [Methodological approaches and principles of substantiation of design and methodological requirements in the design of complexes for refueling missiles and spacecraft]. Kosmicheskaja tekhnika, raketnoe vooruzhenie: nauchno-tehnicheskij zhurnal [Space technology, missile weapons: scientific and technical journal], 2004, vol. 1, pp. 67–71. (In Russ.).
- [3] Tehnologicheskie ob"ekty nazemnoj infrastruktury raketno-kosmicheskoy tekhniki [Technological objects of ground infrastructure of rocket and space technology]. Edited by I.V. Barmin. Moscow, Poligrafiks RPK Publ., 2005, vol. 1, 416 p. (In Russ.).
- [4] Tehnologicheskie ob"ekty nazemnoj infrastruktury raketno-kosmicheskoy tekhniki [Technological objects of ground infrastructure of rocket and space technology]. Edited by I.V. Barmin. Moscow, Poligrafiks RPK Publ., 2005, vol. 2, 375 p. (In Russ.).
- [5] Tehnologicheskie ob"ekty nazemnoj infrastruktury raketno-kosmicheskoy tekhniki [Technological objects of ground infrastructure of rocket and space technology]. Edited by I.V. Barmin. Moscow, Poligrafiks RPK Publ., 2005, vol. 3, 251 p. (In Russ.).

---

УДК 629.7.08

## Принципы построения адаптивной системы охлаждения химических источников тока

Матвеева Ольга Петровна

matveevaop@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Семячков Дмитрий Анатольевич

Dm777ov@yandex.ru

АО «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения»

Предложено применение адаптивной системы для охлаждения химических источников тока в составе систем автономного электроснабжения. Особенностью предлагаемой системы является использование средств интеллектуального управления, позволяющих оперативно оценивать изменение условий функционирования потребителей, формировать алгоритмы работы системы, обеспечивающие минимальные затраты электрической энергии на охлаждение. Применение подобных систем и соответствующих алгоритмов управления позволит увеличить длительность функционирования объектов при недостаточной стабильности внешнего электроснабжения.

**Ключевые слова:** алгоритм управления, холодильная машина, теплообменные аппараты, температурный режим, снижение потребления электроэнергии

В системах резервного электроснабжения различных объектов широко применяются химические источники тока (ХИТ). Тенденции в оснащении ряда современных объектов, например, центров обработки данных, направлены на плотную компоновку оборудования и повышение удельной мощности источников питания [1]. Это приводит к необходимости применения систем охлаждения для поддержания их температурных режимов.

При этом затраты электрической энергии ХИТ на организацию охлаждения снижают длительность работы оборудования в условиях недостаточной стабильности внешнего электроснабжения. Одним из путей сокращения затрат электроэнергии на охлаждение ХИТ является применение адаптируемых систем охлаждения (АСО). Такие системы позволяют обеспечить рациональные режимы работы в зависимости от условий функционирования потребителей и состояния окружающей среды. В работе рассмотрены принципы построения и функционирования АСО.

Основной способ, применяемый для охлаждения ХИТ — это организация вынужденной конвекции воздуха около их наружных поверхностей. Интенсивность охлаждения ХИТ зависит от температуры подаваемого и отводимого воздуха, его расхода и от характера его движения вдоль теплообменных поверхностей [2]. Параметры циркулирующего воздуха определяются с учетом требуемой мощности теплопотребления и условий размещения источника.

В составе типовой АСО используются средства перемещения воздуха (вентиляторы), средства тепловой обработки теплоносителей (холодильные машины и теплообменные аппараты) с системой управления, средства, обеспечивающие теплообмен с окружающей средой [3]. Данные устройства являются не только потребителями электрической энергии, но и дополнительными источниками тепла.

При функционировании АСО возможны различные алгоритмы, например: подача к потребителям наружного воздуха без тепловой обработки, подача наружного воздуха с предварительным охлаждением и осушкой или увлажнением, циркуляция

только внутреннего воздуха, охлаждаемого в теплообменных аппаратах и другие. Также возможна регулируемая подача воздуха в локальные зоны для охлаждения ХИТ с использованием и наружного и внутреннего воздуха [3]. Каждый алгоритм отличается составом оборудования АСО и режимами его работы, следовательно, потребляемой электрической мощностью. Уровень электрической мощности, потребляемой оборудованием АСО, зависит от ряда внешних факторов, имеющих как детерминированный, так и случайный характер. Основными из них являются циклограммы тепловыделений от источников питания, условия их взаимного размещения в помещениях, воздействие окружающей среды со случайным и периодическим характером изменения температуры воздуха и влагосодержания.

Особенность АСО заключается в том, что в состав ее оборудования входит интеллектуальная система управления, позволяющая проводить оперативную оценку текущих параметров теплоносителей, характеристик окружающей среды и других факторов, а также реального отвода тепловых потоков от обслуживаемых потребителей. В качестве критерия для формирования рациональных алгоритмов работы АСО предлагается рассматривать минимум затрат электрической энергии на охлаждение потребителей.

Оперативная оценка эффективности реализации различных алгоритмов, проводимая при функционировании АСО, позволит обеспечить выбор рациональных режимов работы составных частей системы (например, холодильных машин, насосов и вентиляторов, управляющих потоками теплоносителей элементов). Для повышения эффективности АСО и ее быстродействия в алгоритмах системы можно использовать эмпирические зависимости критериев подобия термодинамических систем [2], много режимные вентиляторы, насосы [4] и холодильные машины [5], перерасчет гидравлических сопротивлений в сетях теплоносителей.

Таким образом, использование адаптируемой АСО химических источников тока позволит повысить длительность функционирования объектов в условиях недостаточно стабильного внешнего электроснабжения за счет снижения затрат электрической энергии на их охлаждение.

## Литература

- [1] Fruhligner J., Kerravala Z. What are data centers? How they work and how they are changing in size and scope // Network World. November 30, 2020. Available at: <https://www.networkworld.com/article/3599213/what-are-data-centers-how-they-work-and-how-they-are-changing-in-size-and-scope.html> (accessed November 8, 2021).
- [2] Кутателадзе С.С. Теплопередача и гидравлическое сопротивление: справ. пособие. М.: Энергоатомиздат, 1990. 367 с.
- [3] Ананьев В.А., Балуев Л.Н., Мурашко В.П. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика. М.: Новая редакция, 2008. 504 с.
- [4] Дурнов П.И. Насосы, вентиляторы, компрессоры. Киев, Одесса: Вища школа, 1985. 284 с.
- [5] Чумак И.Г., Чепурненко В.П., Ларьяновский С.Ю. и др. Холодильные и установки / под ред. И.Г. Чумака. М.: Агропромиздат, 1991. 405 с.

## Principles of Construction of Adaptive Cooling System of Chemical Current Sources

**Matveeva Olga Petrovna**  
BMSTU

matveevaop@bmstu.ru

**Semyachkov Dmitry Anatolievich**  
JSC "Central Research Institute of Mechanical Engineering"

Dm777ov@yandex.ru

*The article suggests using an adaptive cooling system for chemical current sources as part of backup power supply systems. A feature of the proposed system is the use of intelligent controls that allow you to quickly assess changes in the working conditions of consumers, to form algorithms for the operation of the system that ensure minimal energy consumption for cooling. The use of such systems and appropriate control algorithms will increase the duration of operation of facilities with insufficient stability of external power supply.*

**Keywords:** control algorithm, refrigerating machine, heat exchangers, temperature regime, reduction of electricity consumption

### References

- [1] Fruhlenger J., Kerravala Z. What are data centers? How they work and how they are changing in size and scope // Network World. November 30, 2020. Available at: <https://www.networkworld.com/article/3599213/what-are-data-centers-how-they-work-and-how-they-are-changing-in-size-and-scope.html> (accessed November 8, 2021).
- [2] Kutateladze S.S. Teploperedacha i gidravlicheskoe soprotivlenie: sprav. posobie [Heat transfer and hydraulic resistance: reference. manual]. Moscow, Energoatomizdat Publ., 1990, 367 p. (In Russ.).
- [3] Anan'ev V.A., Baluev L.N., Murashko V.P. Sistemy ventilyatsii i konditsionirovaniya. Teoriya i praktika [Ventilation and air conditioning systems. Theory and practice]. Moscow, Novay redaksia Publ., 2008, 504 p. (In Russ.).
- [4] Durnov P.I. Nasosy, ventilyatory, kompressory [ Pumps, fans, compressors]. Kiev, Odessa, Vishcha shkola Publ., 1985, 284 p. (In Russ.).
- [5] Chumak I.G., Chepurnenko V.P., Lar'yanovskii S.Yu. et al. Kholodil'nye i ustanovki [Refrigeration and installations]. Edited by I.G. Chumak. Moscow, Agropromizdat Publ., 1991, 405 p. (In Russ.).

УДК 629.7.08:697.97

## Анализ результатов газодинамических расчетов для типовой задачи в процессах термостатирования на стартовых комплексах средствами отечественного программного обеспечения

**Матвеева Ольга Петровна**

matveevaop@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана

**Романяк Александр Юрьевич**

alexandr97@mail.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана

**Абдеев Артём Зуфарович**

a.z.abdeev@gmail.com

**ИП Абдеев Артём Зуфарович**

На примере решения типовой задачи о теплообмене плоской пластины с газовым потоком, актуальной в процессах термостатирования элементов ракетно-космической техники, проанализированы результаты математического моделирования в программном обеспечении отечественного производства с использованием различных моделей турбулентности и пристеночных функций. Сравнительный анализ основан на критерии подобия Нуссельта для турбулентного течения по длине пластины для определения погрешности расчета.

**Ключевые слова:** CFD, теплообмен, омывание плоской пластины, модели турбулентности, пристеночные функции, число Нуссельта, плоскопараллельные каналы, головной обтекатель

В настоящее время повышается роль математического моделирования различных физических процессов (к примеру, CFD), протекающих в элементах ракетно-космической техники, что способствует сокращению экспериментальной работы по определению параметров процессов. Это объясняется значительным ростом возможностей не только вычислительной техники, но и развитием в области программно-расчетных комплексов для решения сложных задач при создании новых образцов.

Для задачи о теплообмене плоской пластины с газовым потоком имеется экспериментальное определение числа Нуссельта при числе Прандтля равном 0,7 в диапазоне числа Рейнольдса от  $10^5$  до  $4 \cdot 10^6$  [1]. При решении этой задачи численными методами возникает вопрос о выборе программного комплекса, модели турбулентности и пристеночных функций. Актуальным является апробирование отечественного программного обеспечения и реализованных в нем моделей турбулентности, а также проведение сравнительного анализа полученных результатов с известным экспериментальным решением. С этой целью проведены расчеты параметров теплового потока при омывании газом плоской пластины для нескольких моделей турбулентности и пристеночных функций с применением отечественного программного обеспечения, а также с учетом рекомендаций по моделированию подобных теплообменных процессов при определении оптимальной расчетной сетки для пограничного слоя [2, 3], выполнен сравнительный анализ полученных результатов. Приведены также рекомендации по моделированию подобных теплообменных процессов.

В качестве типовой задачи рассматривается плоская пластина длиной 1 м с постоянной температурой 413 К, скорость потока газа составляет 1 м/с, температура газа — 353 К, число Прандтля — 0,71, а число Рейнольдса пластины — 1 500 000. Критерием для сравнительного анализа полученных результатов является изменение

числа Нуссельта по длине пластины. При решении задачи используется допущение о турбулентном характере газового потока, кроме того, пренебрегаем предполагаемыми ламинарным и ламинарно-турбулентным начальными участками.

Сравнительный анализ показал различие в значениях числа Нуссельта по длине пластины для различных моделей турбулентности ( $k$ -omega SST, SA и др.) в зависимости от принятых функций стенок (вязкого подслоя, логарифмического профиля или универсальные) [1]. Так, для модели турбулентности  $k$ -omega SST с универсальной функцией стенки относительное отклонение в значениях числа Нуссельта от полученных в работе [1] составляет от 0,01 до 1,46 % в зависимости от длины пластины.

В результате исследований установлено, что решение задачи о теплообмене плоской стенки с омываемым газом может быть с достаточной точностью проведено с применением отечественного программного обеспечения при использовании модели турбулентности  $k$ -omega SST с универсальной пристеночной функцией. Полученные результаты позволяют существенно сократить продолжительность практических расчетов параметров процессов термостатирования крупногабаритных элементов ракетно-космических систем на стартовых комплексах, таких, например, как космические головные части с перспективными головными обтекателями с плоскопараллельными щелевыми каналами, через которые осуществляется подача теплоносителя (газа) [4].

## Литература

- [1] Seban R.A., Doughty D.L. Heat transfer to turbulent boundary layers with variable free-stream velocity // Trans ASME. 1956. Vol. 78, no. 1. Pp. 217–223.
- [2] Nichols R.H. Turbulence models and their application to complex flows // University of Alabama at Birmingham, Revision. 2010. Vol. 4. P. 89.
- [3] ANSYS Fluent Theory Guide / ANSYS, Inc. 2021. Available at: [https://www.academia.edu/38091499/ANSYS\\_Fluent\\_Theory\\_Guide](https://www.academia.edu/38091499/ANSYS_Fluent_Theory_Guide) (accessed October 12, 2021).
- [4] Matveeva O., Romanyak A., Udovik I. Investigation of the process of maintaining the thermal regime of spacecraft on launch complexes with distributed circulation of coolant // AIP Conference Proceedings. 2021. Vol. 2318, no. 1. Art. ID 100002.

## Analysis of the Results of CFD for Typical Problem in Thermal Control Systems at Launch Complexes Using Russian Software

**Matveeva Olga Petrovna**  
BMSTU

matveevaop@bmstu.ru

**Romanyak Alexander Yurievich**  
BMSTU

alexandr97@mail.ru

**Abdeev Artem Zufarovitch**  
Individual entrepreneur "Artem Zufarovitch Avdeev"

a.z.abdeev@gmail.com

*The article analyzes the results of numerical simulation in Russian software using various turbulence models and wall functions. The analysis is based on the results of a typical problem of forced convection of a flat plate by fluid, which is relevant to thermal control of rocket and space equipment. The comparative analysis is based on the Nusselt number for turbulent flow over a flat plate to determine the margin of error in the calculation.*

**Keywords:** CFD, heat transfer, forced convection over a flat plate, turbulence models, wall functions, Nusselt number, plane-parallel channels, payload fairing

## References

- [1] Seban R.A., Doughty D.L. Heat transfer to turbulent boundary layers with variable free-stream velocity. Trans ASME, 1956, vol. 78, no. 1, pp. 217–223.
- [2] Nichols R.H. Turbulence models and their application to complex flows. University of Alabama at Birmingham, Revision, 2010, vol. 4, p. 89.
- [3] ANSYS Fluent Theory Guide / ANSYS, Inc. 2021. Available at: [https://www.academia.edu/38091499/ANSYS\\_Fluent\\_Theory\\_Guide](https://www.academia.edu/38091499/ANSYS_Fluent_Theory_Guide) (accessed October 12, 2021).
- [4] Matveeva O., Romanyak A., Udovik I. Investigation of the process of maintaining the thermal regime of spacecraft on launch complexes with distributed circulation of coolant. AIP Conference Proceedings, 2021, vol. 2318, no. 1, art. ID 100002.

УДК 629.7

## Анализ соответствия статистической структуры контроля технических параметров и надежности изделий ракетно-космической техники в задаче повышения достоверности их контроля при наземной отработке

Насуленко Константин Анатольевич nasulenko.k@gmail.com

ФГБОУ ВО «Амурский государственный университет»

Соловьев Владислав Викторович soloviev.1975@mail.ru

ФГБОУ ВО «Амурский государственный университет»

На основе анализа статистической структуры контроля параметров и надежности сложных изделий ракетно-космической техники впервые разработаны математические зависимости для определения достоверности контроля выполнения заданных требований к надежности изделий с учетом результатов предшествующего контроля их технических параметров. Практическое использование этих зависимостей при планировании и проведении статистического контроля изделий ракетно-космической техники на этапе наземной отработки позволит повысить достоверность контроля их надежности и снизить экономические затраты на контроль.

**Ключевые слова:** достоверность, контроль, надежность, потери, риски 1 и 2 рода, целевая функция, экономические затраты

Анализ организации и проведения контроля изделий РКТ при их наземной отработке показывает, что этап отработки [1, 2] является сложным и многообразным, включает в себя большое количество экспериментальных исследований, различного вида испытаний аппаратуры и приборов РКТ. При этом главными задачами отработки РКТ являются:

- всесторонняя проверка реализуемости разработанных принципов построения и функционирования изделий;
- оценка эффективности принятых при проектировании конструкторских и технологических решений;
- контроль технических параметров и заданных показателей надежности изделий;
- разработка и реализация мероприятий по доведению значений технических характеристик до уровней, соответствующих требованиям технического задания.

В работах [1, 2] проведен анализ и выявлены особенности организации и проведения контроля изделий РКТ при их наземной отработке к числу которых относятся:

- при отработке объемы испытаний изделий ограничены, то есть оценки вероятностных или технических характеристик, которые базируются на ограниченном объеме информации, являются случайными, что вызывает необходимость разработки специальных методов для их определения;
- изделия РКТ относятся к классу технических объектов, которые обладают высокой конструктивной и технологической сложностью, высокой надежностью и стоимостью проведения испытаний и контроля технических параметров и изготавливаются малыми партиями или в единичных экземплярах;
- при наземной отработке различных изделий РКТ контроль их технических параметров, на которые заданы допуски в документации, предшествует испытаниям и контролю заданных требований к показателям их надежности;
- по результатам контроля технических параметров изделий и по результатам испытаний на надежность принимаются определенные решения, при этом наряду с правильными решениями возможны и ошибочные решения.

Изложенные особенности являются важными и их необходимо учитывать при планировании и проведении контроля и испытаний изделий РКТ.

Заметим, что по определению [1–3] *статистический план контроля надежности изделия РКТ* ( $t_i, \alpha, \beta, c = 0$ ) — это совокупность данных о виде контроля, времени контроля (объеме контроля), контрольных нормативах и решающих правилах. Статистический план контроля (план контроля) учитывает вероятностную природу контроля, поскольку содержит риски 1-го и 2-го рода  $\alpha$  и  $\beta$ , связанные с принятием ошибочных решений. В свою очередь эти риски являются характеристиками *достоверности контроля D*, которая представляет собой *вероятность принятия правильных решений о выполнении заданных требований по результатам контроля* и является важнейшей характеристикой, т. е.

$$D = 1 - (\alpha + \beta).$$

Наличие рисков принятия ошибочных решений при недостатке статистической информации снижает достоверность контроля заданных требований к техническим параметрам и надежности изделий РКТ, что обусловлено погрешностями систем контроля технических параметров, стохастическим характером проявления отказов при испытаниях, ограниченным временем проведения испытаний при отработке (количеством циклов проведения контроля) [1, 2, 4–6].

Вместе с тем, поскольку контроль технических параметров изделий предшествует контролю заданных требований к показателям их надежности, то, очевидно, что результаты контроля параметров несут информацию не только о состоянии каждого параметра и их совокупности, определяющей работоспособное состояние изделия, но и какую-то долю информации о надежности изделия. И эту информацию необходимо учитывать при контроле надежности изделия на этапе отработки. Такой подход должен привести к снижению рисков принятия ошибочных решений при контроле заданных требований к надежности, повышению достоверности контроля надежности, то есть повышению вероятности принятия правильных решений по результатам контроля.

Важный вывод — проведение предшествующего контроля *технических параметров* изделий РКТ повышает достоверность контроля их надежности на этапе наземной отработки.

Таким образом, разработаны математические зависимости, которые позволяют учесть результаты предшествующего контроля технических параметров изделия для повышения достоверности контроля выполнения заданных требований к его надежности на этапе наземной отработки, а их практическое использование позволит снизить экономические затраты на контроль.

### **Литература**

- [1] Волков Л.И., Рудаков В.Б. Статистический контроль иерархических систем. М.: СИП РИА, 2002. 355 с.
- [2] Меньшиков В.А., Рудаков В.Б., Сычев В.Н. Контроль качества космических аппаратов при отработке и производстве. М.: Машиностроение, 2009. 400 с.
- [3] Беляев Ю.К. Вероятностные методы выборочного контроля. М.: Наука, 1975. 406 с.
- [4] Земмельман М.А. и др. О связи погрешности измерений при контроле с показателями достоверности контроля параметров образцов продукции // Измерительная техника. 1986. № 10. С. 3–5.
- [5] Донецкая Т.В., Сиднев А.Г. Инженерный метод определения вероятностей ошибок 1-го и 2-го рода при допусковом контроле параметров // Метрология: прил. к журн. «Измерительная техника». 1983. № 8. С. 3–10.
- [6] Фридман И.Д. Способ вычисления вероятностей ошибок допускового контроля // Метрология: прил. к журн. «Измерительная техника». 1984. № 10. С. 3–12.

## **Analysis of the Correspondence Between the Statistical Structure of Control of Technical Parameters and the Reliability of Rocket and Space Technology Products in the Task of Increasing the Reliability of their Control During Ground Testing**

**Nasulenko Konstantin Anatolievich**

nasulenko.k@gmail.com

*Amur State University*

**Soloviev Vladislav Vicktorovich**

soloviev.1975@mail.ru

*Amur State University*

*Based on the analysis of the statistical structure of monitoring the parameters and reliability of complex products of rocket and space technology (RKT), mathematical relationships have been developed for the first time to determine the reliability of monitoring the fulfillment of specified requirements for the reliability of products, taking into account the results of the previous control of their technical parameters. Practical use of these dependencies in planning and conducting statistical control of rocket and spacecraft products at the stage of ground testing will increase the reliability of control of their reliability and reduce the economic costs of control.*

**Keywords:** reliability, control, reliability, losses, risks of the 1st and 2nd kind, target function, economic costs

### **References**

- [1] Volkov L.I., Rudakov V.B. Statisticheskii kontrol' ierarkhicheskikh sistem [Statistical control of hierarchical systems]. Moscow, SIP RIA Publ., 2002, 355 p. (In Russ.).
- [2] Men'shikov V.A., Rudakov V.B., Sychev V.N. Kontrol' kachestva kosmicheskikh apparatov pri otrabotke i proizvodstve [Quality control of spacecraft during testing and production]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 2009, 400 p. (In Russ.).
- [3] Belyaev Yu.K. Veroyatnostnye metody vyborochnogo kontrolya [Probabilistic methods of selective control]. Moscow, Nauka Publ., 1975, 406 p. (In Russ.).

- [4] Zemmel'man M.A. et al. O svyazi pogreshnosti izmerenii pri kontrole s pokazatelyami dostovernosti kontrolya parametrov obraztsov produktsii [On the relationship of measurement error during control with indicators of reliability of control parameters of product samples]. Izmeritel'naya tekhnika [Measuring Equipment], 1986, no. 10, pp. 3–5. (In Russ.).
- [5] Donetskaya T.V., Sidnev A.G. Inzhenernyi metod opredeleniya veroyatnosti oshibok 1-go i 2-go roda pri dopuskovom kontrole parametrov [Engineering method for determining the probabilities of errors of the 1st and 2nd kind in the tolerance control of parameters]. Metrologiya: pril. k zhurn. "Izmeritel'naya tekhnika" [Metrology: adj. to the journal. "Measuring equipment"], 1983, no. 8, pp. 3–10. (In Russ.).
- [6] Fridman I.D. Sposob vychisleniya veroyatnosti oshibok dopuskovogo kontrolya [Method for calculating the probabilities of tolerance control errors]. Metrologiya: pril. k zhurn. "Izmeritel'naya tekhnika" [Metrology: adj. to the journal. "Measuring equipment"], 1984, no. 10, pp. 3–12. (In Russ.).

УДК 621.313

## **Предлагаемое устройство бесперебойного питания систем связи на основе трехмашинного агрегата с улучшенными энергетическими характеристиками**

**Раенко Роман Александрович**

varvsn2007@mail.ru

ВА РВСН

*Рассмотрено предлагаемое устройство бесперебойного питания на основе трехмашинного агрегата для питания систем связи, которое позволяет увеличить коэффициент полезного действия и надежность трехмашинного агрегата. Современные пункты управления, объекты правительственной и военной связи развиваются непрерывно, учитывая смену схем связи, ее виды, переход на новую элементную базу. Системы связи требуют для своего функционирования большие затраты электрической энергии и предъявляют повышенные требования к энергетическим устройствам питания.*

**Ключевые слова:** трехмашинный агрегат, электромеханические преобразователи электрической энергии, трехфазный асинхронный двигатель, двигатель постоянного тока, синхронный генератор с постоянными магнитами, бесконтактный двигатель постоянного тока, синхронный двигатель, КПД машины, вероятность безотказной работы, надежность

Современные пункты управления, объекты правительственной и военной связи развиваются непрерывно, исходя из роста числа решаемых задач, смены схем связи, ее видов, перехода на новую элементную базу. Системы связи — достаточно энергоемкие, требуют для своего функционирования большие затраты электрической энергии и предъявляют повышенные требования к энергетическим устройствам питания, особенно к коэффициенту полезного действия (КПД) и показателям качества электрической энергии.

Все системы военной связи подключены к устройствам бесперебойного питания (УБП) с трехмашинными агрегатами (ТМА), основу которых составляют электромеханические преобразователи энергии: трехфазный асинхронный двигатель (ТАД), двигатель постоянного тока (ДПТ) и синхронный генератор с электромагнитным возбуждением (СГЭВ), размещенные на общем валу. При этом при наличии сети работает ТАД, вращая общий вал; при отсутствии сети работает ДПТ, вращая вал СГЭВ,

который снабжает потребителей электрической энергией заданного качества при любом характере нагрузки [1].

УБП на основе ТМА нашло широкое применение на многих узлах обычной, правительской и военной связи, поскольку оно обеспечивает практически бесперебойное электроснабжение потребителей при высоком качестве выходного напряжения, при широком диапазоне мощностей от 24 до 500 кВт.

Однако ему свойственны и недостатки, среди которых наиболее существенными являются: сравнительно низкий КПД ТМА (0,51...0,71), относительно низкая надежность (0,46...0,54) наличие моментов нестабильной частоты вращения общего вала, поскольку момент ТАД зависит от стабильности напряжения сети, переход от режима работы ДПТ на режим работы ТАД, составляющий 2 с для некоторых потребителей нежелателен, большая масса электрооборудования устройства, что ограничивает область использования устройства.

В предлагаемом УБП с ТМА применены бесконтактные ДПТ БДПТ1 и БДПТ2, которые являются идентичными, каждый из которых содержит синхронный двигатель со статорной обмоткой и ротор с постоянными магнитами. На валу указанных двигателей установлен датчик положения ротора, сигналы которого поступают на формирователь импульсов, соединенный с инвертором, подключенным к статорной обмотке синхронного двигателя, а синхронный генератор выполнен в виде трехфазного синхронного генератора с постоянными магнитами (СГПМ).

В бесколлекторном электродвигателе постоянного тока (БДПТ) исключены коллектор и щетки за счет введения электромагнитных элементов вместо механических, что позволяет повысить КПД и надежность двигателей постоянного тока, потому что предельное значение КПД может достигать 98 % [2], в то время как КПД ДПТ обычной конструкции, например, тип 4ПФ мощностью 110 кВт и диапазон скоростей 500...2500 об/мин достигает 78...79 % [3], а вероятность безотказной работы при этой же мощности равна  $P_{\text{ДПТ}}(t) = 0,66$ , в то время как надежность БДПТ находится в диапазоне  $P_{\text{ДПТ}}(t) \geq 0,80...0,88$  [4].

Синхронный генератор с постоянными магнитами содержит статор с трехфазной обмоткой и ротор с постоянными магнитами с когтеобразными полюсами отличается повышенным КПД, так как в нем нет возбудителя, а возбуждение генератора обеспечивают постоянные магниты, расположенные на роторе.

Таким образом, в предлагаемом УБП систем связи на основе ТМА техническим результатом являются повышение КПД и надежности устройства за счет применения в ТМА электрических машин на новых физических принципах: несравнимая конструкция и принципы преобразования электрической энергии.

## Литература

- [1] Домрацкий О.А., ред. Электропитание устройств связи. М.: Радио и связь, 1981. 320 с.
- [2] Извеков В.И., Кузнецов В.А. Вентильные электрические двигатели. М.: МЭИ, 1998. 60 с.
- [3] Кацман М.М. Электрические машины. Справочник. М.: Кнорус, 2018. 480 с.
- [4] Кузнецов Н.Л. Надежность электрических машин. М.: МЭИ, 2006. 432 с.

## The Proposed Device for Uninterruptible Power Supply of Communication Systems Based on a Three-Machine Unit with Improved Energy Characteristics

Raenko Roman Alexandrovich

varvsn2007@mail.ru

SRTMA

*The proposed uninterruptible power supply device on the basis of a three-machine unit for powering communication systems, which allows increasing the coefficient of efficiency and reliability of the three-machine unit, is considered. Modern control points, governmental and military communication facilities develop continuously, taking into account the change of communication schemes, its types, transition to a new element base. Communication systems require large expenditures of electrical energy for their operation and impose higher requirements for power supply devices.*

**Keywords:** three-machine unit, electromechanical electric energy converters, three-phase asynchronous motor, DC motor, synchronous generator with permanent magnets, contactless DC motor, synchronous motor, probability of trouble-free operation, reliability

### References

- [1] Domratskiy O.A., red. Elektropitanie ustroystv svyazi [Power supply of communication devices. Ed. by O.A. Domoratsky]. Moscow, Radio i svyaz Publ., 1981, 320 p. (in Russ.).
- [2] Izvekov V.I., Kuznetsov V.A. Ventilnye elektricheskie dvigateli [Valve electric motors]. Moscow, MEI Press, 1998, 60 p. (in Russ.).
- [3] Katsman M.M. Elektricheskie mashiny. Spravochnik [Electric machines. Reference book]. Moscow, Knorus Publ., 2018, 480 p. (in Russ.).
- [4] Kuznetsov N.L. Nadezhnost elektricheskikh mashin [Reliability of electric machines]. Moscow, MEI Press, 2006, 432 p. (in Russ.).

УДК 621.313

## Принципы построения устройств бесперебойного питания на основе трехмашинного агрегата для электроснабжения систем связи

Раенко Роман Александрович

varvsn2007@mail.ru

ВА РВСН

*Рассмотрены принципы построения устройств бесперебойного питания, применяемых для электроснабжения систем связи, и выявлены физические противоречия в устройствах бесперебойного питания. Определено направление дальнейших исследований для улучшения энергетических характеристик устройств бесперебойного питания на основе трехмашинного агрегата. Резервирование электроснабжения предприятия связи посредством собственной автоматической дизель-электрической станции не позволяет полностью исключить перерывы в электроснабжении. Применение электрических машин, основанных на новых физических принципах в трехмашинных агрегатах, позволит уменьшить потери мощности, повысить надежность за счет исключения щеточно-коллекторного узла при заданном уровне показателя качества электрической энергии на зажимах потребителей и снизить время перехода в трехмашинном агрегате с одного источника на другой.*

**Ключевые слова:** трехмашинный агрегат, электромеханические преобразователи электрической энергии, устройства гарантированного питания, показатели качества электрической энергии, вероятность безотказной работы, надежность, устойчивость трехмашинных агрегатов

Резервирование электроснабжения предприятия связи посредством собственной автоматической дизель-электрической станции (АДЭС) не позволяет полностью исключить перерывы в электроснабжении. Поскольку такие перерывы являются недопустимыми для большинства типов аппаратуры связи, необходимо иметь устройства, которые обеспечивали бы электропитание аппаратуры связи в переходном режиме, т. е. в период от момента нарушения действия основного источника электроснабжения до момента вступления в действие резервного источника электроэнергии АДЭС, и устранили бы полностью или сокращали до минимума перерывы в электропитании аппаратуры связи. Такими устройствами являются устройства гарантированного питания (УГП) [1].

По мнению специалистов многих стран, системы связи предъявляют повышенные требования к энергетическим устройствам питания, особенно к коэффициенту полезного действия (КПД) и показателям качества электрической энергии (ПКЭЭ):

- установленное отклонение напряжения  $\delta U_y$ ;
- коэффициент искажения синусоидальности  $K_U$ ;
- отклонение частоты  $\Delta f$ ;
- длительность провала напряжения  $\Delta t_n$ .

На данный момент времени желаемые значения указанных параметров находятся в следующих диапазонах:  $\delta U_y = 1 \dots 3\%$ ;  $K_U = 1 \dots 2\%$ ;  $\Delta f = 0,1 \dots 0,5 T$ , где  $T$  — период промышленной частоты [2].

Наибольшее распространение на предприятиях связи в настоящее время получили УГП с двойным преобразованием электрической энергии и с трехмашинными агрегатами (ТМА). Электромеханические преобразователи энергии ТМА такие, как двигатель постоянного тока, трехфазный асинхронный двигатель и синхронный генератор с электромагнитным возбуждением, являются электрическими машинами, в каждой из которых заложен свой способ функционирования и особенности конструкции, поэтому все они характеризуются своей вероятностью безотказной работы.

При оценке надежности электромеханических преобразователей энергии (ЭПЭ) следует учитывать надежность электрической машины, пускорегулирующей аппаратуры и механических узлов ТМА. Относительно низкая надежность ЭПЭ, ТМА и устройства бесперебойного питания (УБП) с ТМА послужила причиной тому, что в состав УБП с ТМА входят один или два рабочих агрегата и обязательно резервный агрегат [3–4].

Практика и история создания электромашинных УБП для центров связи сталкивается с двумя физическими противоречиями:

- принципы создания УБП с электромашинными установками (ЭМУ) позволяют получить структуры систем, не подверженных влиянию внешних полей, однако масса и объем получаемых структур систем сравнительно велики (противоречие между возможностями системы и ее конструкцией);
- повышение устойчивости ТМА, применяемых электромеханических преобразователей в ТМА, используемых в системах электроснабжения, приведет к усложнению конструктивных и электрических схем электромашинных агрегатов.

Основу исследований составляет ТМА, в котором будут использованы электрические машины, отличающиеся от известных, конструктивными решениями, ста-

бильностью характеристик при повышенных КПД и надежности, а также сроке службы. Применение электрических машин, основанных на новых физических принципах в ТМА, позволит уменьшить потери мощности, повысить надежность за счет исключения щеточно-коллекторного узла при заданном уровне ПКЭЭ на зажимах потребителей и снизить время перехода в ТМА с одного источника на другой.

### Литература

- [1] Домрацкий О.А., ред. Электропитание устройств связи. М.: Радио и связь, 1981. 320 с.
- [2] Атрощенко В.А. Силовая преобразовательная техника систем электроснабжения. Краснодар: КВВКИ, 1994. 332 с.
- [3] Кузнецов Н.Л. Надежность электрических машин. М.: МЭИ, 2006. 432 с.
- [4] Колодеев И.Д. Системы автономного электроснабжения. М.: МО СССР, 1987. 374 с.

## Principles of Construction of Uninterruptible Power Supply Devices Based on a Three-Machine Unit for Power Supply of Communication Systems

Raenko Roman Alexandrovich

varvsn2007@mail.ru

SRTMA

*The principles of construction of uninterruptible power supply devices used for power supply of communication systems are considered, and physical contradictions in uninterruptible power supply devices are revealed. The direction of further research to improve the energy characteristics of uninterruptible power supply devices on the basis of a three-machine unit is defined. Redundancy of power supply of communication enterprise by means of own automatic diesel-electric station does not allow to exclude completely interruptions in power supply. The application of electric machines based on new physical principles in three-machine units will reduce power losses, increase reliability due to the exclusion of brush-collector unit at a given level of electrical energy quality indicator at consumer terminals and reduce the transition time in a three-machine unit from one source to another.*

**Keywords:** electric energy quality indicators, guaranteed power supply devices, three-machine unit, electromechanical electric energy converters, probability of trouble-free operation, reliability

### References

- [1] Domratskiy O.A., red. Elektropitanie ustroystv svyazi [Power supply of communication devices. Ed. by O.A. Domoratsky]. Moscow, Radio i svyaz Publ, 1981, 320 p. (in Russ.).
- [2] Atroshchenko V.A. Silovaja preobrazovatel'naja tekhnika sistem jelektrosnabzhenija [Power converter equipment of power supply systems]. Krasnodar: Kazan Higher Tank Command School Press, 1994, 332 p. (in Russ.).
- [3] Kuznetsov N.L. Nadezhnost elektricheskikh mashin [Reliability of electric machines]. Moscow, MEI Press, 2006, 432 p. (in Russ.).
- [4] Kolodeev I.D. Sistemy avtonomnogo jelektrosnabzhenija [Systems of autonomous power supply]. Moscow, Ministry of Defense of the USSR Press, 1987, 374 p. (in Russ.).

УДК 621.313

## Методы, способы и подходы по созданию устройств бесперебойного питания систем связи на основе трехмашинного агрегата

Раенко Роман Александрович

varvsn2007@mail.ru

ВА РВСН

*Рассмотрены системы электропитания аппаратуры связи, которые строятся с использованием источника внешнего электроснабжения предприятия. Внешняя сеть переменного тока — основной источник электроэнергии. Для современной аппаратуры связи перерывы в питании недопустимы, поэтому на предприятиях имеются устройства гарантированного питания, которые позволяют осуществлять бесперебойное электропитание. Методы создания трехмашинных агрегатов в практике недостаточны, поэтому целевой направленностью и ожидаемой практической значимостью проведения научного исследования в рассматриваемой предметной области является устранение физических противоречий в трехмашинном агрегате и устройстве бесперебойного питания с трехмашинными агрегатами.*

**Ключевые слова:** устройство гарантированного питания, система бесперебойного питания, трехфазный асинхронный двигатель, двигатель постоянного тока, статический преобразователь тока, автономный инвертор напряжения, высшие гармоники

Системы электропитания аппаратуры связи строятся с использованием источника внешнего электроснабжения предприятия, т. е. внешняя сеть переменного тока является основным источником электроэнергии. При пропадании напряжения внешнего источника включается либо другой независимый его фидер, либо автономная дизельная электростанция. Для переключения питания нагрузки с одного фидера на другой используют устройства автоматического ввода резерва. Время переключения их составляет 600 мс, время включения резервных дизель-генераторов — не более 30 с.

Для современной аппаратуры связи перерывы в питании недопустимы, поэтому на предприятиях имеются устройства гарантированного питания, которые позволяют осуществлять бесперебойное электропитание следующими способами:

- сменой привода генератора в устройства гарантированного питания с трехмашинными агрегатами, т. е. автоматическим переключением вращения генератора, от которого питается нагрузка, с двигателя переменного тока на двигатель постоянного тока, подключаемого к аккумуляторной батарее;
- обеспечением вращения генератора за счет запасенной энергией маховика до момента включения автономной дизельной электростанции, резервирующей внешнюю сеть переменного тока;
- изменением режима работы выпрямительно-инверторного устройства путем автоматического перевода питания инверторов непосредственно от аккумуляторной батареи при отключении выпрямителей.

Таким образом, для аппаратуры связи, требующей наличия гарантированного переменного тока, используются устройства гарантированного питания с электрическими машинами или выпрямительно-инверторными устройствами в сочетании с аккумуляторной батареей [1, 2].

Изложенное позволяет установить, что есть несколько методов создания электромашинного агрегата:

• оба двигателя являются двигателями постоянного тока, один из которых подключен к аккумуляторной батарее, а второй — к сети, но посредством выпрямителя, установленного между двигателем и сетью;

• агрегат содержит одну или две электрические машины и статический преобразователь тока, в качестве которого, используется автономный инвертор напряжения. Одним из основных недостатков автономного инвертора напряжения является наличие высших гармоник в выходном напряжении, что по результатам исследования профессора И.В. Жежеленко сопровождается нежелательными процессами.

В [3] изложено, что получить выходное напряжение в автономном инверторе напряжения с  $K_U = 1$  возможно только при схеме, содержащей четыре трехфазных инвертора с трансформаторным выходом, соединенных попарно с фазовыми сдвигом, равным  $15^\circ$  и  $30^\circ$ . Методы создания трехмашинных агрегатов в практике недостаточны, поэтому целевой направленностью и ожидаемой практической значимостью проведения научного исследования в рассматриваемой предметной области является устранение физических противоречий в трехмашинных агрегатах и устройствах бесперебойного питания с трехмашинными агрегатами. Применяемые подходы по созданию трехмашинных агрегатов с установившимися техническими характеристиками можно назвать удовлетворительными, потому что двигатели постоянного тока и трехфазный асинхронный двигатель постоянно совершенствуются: у двигателя постоянного тока совершенствуются конструкции коллектора и щеток и разработано несколько серий до 4П включительно; у трехфазного асинхронного двигателя осуществляется модернизация конструкции от АИ и 4А до 7А, что приводит к увеличению сроков службы [4].

В устройствах бесперебойного питания с трехмашинными агрегатами постоянно совершенствуются способы и подходы по увеличению быстродействия схем стабилизаторов, различных датчиков, что позволяет совершенствовать устройства бесперебойного питания как систему бесперебойного питания, однако основным недостатком трехмашинных агрегатов является внутренняя модернизация без смены принципов действия указанных двигателей, поэтому характеристики трехмашинных агрегатов и устройств бесперебойного питания с трехмашинными агрегатами улучшаются незначительно.

## Литература

- [1] Шейкина Т.С., Ханин Ц.И., Шалашова Л.М. Эксплуатация электропитающих установок систем передачи. М.: Радио и связь, 1982. 224 с.
- [2] Китаев В.Е., ред. Электропитание устройств связи. М., Связь, 1982. 328 с.
- [3] Бедфорд Б., Хофт Р. Теория автономных инверторов. М.: Энергия, 1969. 280 с.
- [4] Герасимов В.Г. Электротехнический справочник Т. 2. М.: МЭИ, 2003. 518 с.

## **Methods, Techniques and Approaches for Creating Uninterruptible Power Supply Devices for Communication Systems Based on a Three-Machine Unit**

**Raenko Roman Alexandrovich**

varvsn2007@mail.ru

**SRTMA**

*Considered power supply systems of communication equipment, which are built using external power supply source of the enterprise. External alternating current mains is the main source of electricity. For modern communication equipment power interruptions are unacceptable, so enterprises have guaranteed power supply devices, which allow uninterrupted power supply. Methods of creating three-machine units in practice are insufficient, so the target focus and the expected practical importance of conducting scientific research in the considered subject area is the elimination of physical contradictions in the three-machine unit and uninterrupted power supply device with three-machine units.*

**Keywords:** device guaranteed power supply, uninterrupted power supply system, three-phase asynchronous motor, DC motor, static current converter, tand-alone voltage inverter, higher harmonics

### **References**

- [1] Sheykina T.S., Khanin Ts.I., Shalashova L.M. Ekspluatatsiya elektropitayushchikh ustavovok sistem peredachi [Operation of power supply installations of transmission systems]. Moscow, Radio i svyaz Publ., 1982, 224 p. (in Russ.).
- [2] Kitaev V.E., red. Elektropitanie ustroystv svyazi [Power supply of communication devices. Ed. by V.E. Kitaev]. Moscow, Svyaz Publ., 1982, 328 p. (in Russ.).
- [3] Bedford B.D., Hoft R.G. Teoriya avtonomnykh invertorov [Principles of inverter circuits]. Moscow, Energiya Publ., 1969, 280 p. (in Russ.).
- [4] Gerasimov V.G. Elektrotekhnicheskiy spravochnik T. 2 [Electrotechnical handbook. Vol. 2]. Moscow, MEI Press, 2003, 518 p. (in Russ.).

УДК 629.7.08

## **Обоснование тактико-технических требований к подвижности автономных пусковых установок подвижных грунтовых ракетных комплексов с регулируемыми магнитореологическими и магнитострикционными системами подрессоривания**

**Сова Владислав Александрович**

vladislavsovaa@gmail.com

**ООО «Инстамарт Технолоджис»**

*Доклад посвящен обоснованию и разработке научно-методического аппарата обоснования тактико-технических требований к подвижности автономных пусковых установок подвижных грунтовых ракетных комплексов с регулируемыми магнитореологическими и магнитострикционными системами подрессоривания. Целью исследования является увеличение быстроходности и, как следствие, повышение подвижности автономных пусковых установок подвижных грунтовых ракетных комплексов с регулируемыми системами подрессоривания на основе амортизаторов, управляемых с применением магнитореологического и магнитострикционного эффектов.*

**Ключевые слова:** подвижный грунтовый ракетный комплекс, автономная пусковая установка, регулируемая система подрессоривания, магнитореологические и магнитострикционные амортизаторы, проходимость, тактико-технические требования, математическое моделирование, моделирование дорожного воздействия, управления характеристиками амортизаторов

Основными направлениями увеличения подвижности автономных пусковых установок (АПУ) подвижных грунтовых ракетных комплексов (ПГРК) являются [1–4]:

- 1) увеличение быстроходности АПУ ПГРК;
- 2) повышение поперечной устойчивости к опрокидыванию АПУ ПГРК;
- 3) улучшение плавности хода АПУ ПГРК;
- 4) повышение быстродействия систем вывешивания и горизонтирования, в том числе на основе применения систем неполного вывешивания;
- 5) повышение тягово-скоростных свойств АПУ ПГРК, в том числе с применением управляемого распределения мощности силового потока и систем дополнительной энергетики и активизации колесного хода специальных колесных шасси или специальных агрегатов транспортирования специальных грузов.

Для увеличения подвижности автономных АПУ ПГРК с регулируемыми системами подрессоривания на основе амортизаторов, управляемых с применением магнитореологического и магнитострикционного эффектов, необходимо учесть влияние на показатели подвижности и быстроходности АПУ ПГРК алгоритмов управления, структуры и характеристик регулируемых систем подрессоривания на основе амортизаторов, управляемых с применением магнитореологического и магнитострикционного эффектов [1–4].

Для достижения цели исследования обоснованы и получены приведенные ниже новые научные результаты.

1. Методика обоснования тактико-технических требований к подвижности АПУ ПГРК с регулируемыми магнитореологическими и магнитострикционными системами подрессоривания, которая отличается от существующих методик учетом влияния на показатели подвижности и быстроходности АПУ ПГРК алгоритмов управления, структуры и характеристик регулируемых систем подрессоривания на основе амортизаторов, управляемых с применением магнитореологического и магнитострикционного эффектов.

2. Результаты математического моделирования АПУ ПГРК с регулируемыми магнитореологическими и магнитострикционными системами подрессоривания, которые, в отличие от известных, позволяют определить функциональные зависимости показателей подвижности и быстроходности АПУ ПГРК от алгоритмов управления, структуры и характеристик регулируемых систем подрессоривания на основе амортизаторов, управляемых с применением магнитореологического и магнитострикционного эффектов.

3. Результаты экспериментальных исследований амортизаторов, управляемых с применением магнитореологического и магнитострикционного эффектов, позволяющие подтвердить и впервые определить функциональные зависимости характеристик регулируемых систем подрессоривания от алгоритмов управления, структуры и параметров амортизаторов, управляемых с применением магнитореологического и магнитострикционного эффектов.

4. Обоснованные предложения по созданию регулируемых систем подрессоривания на основе амортизаторов, управляемых с применением магнитореологического и

магнитострикционного эффектов, для применения в составе АПУ перспективных ПГРК.

Практическая значимость научных результатов состоит в значительном увеличении быстроходности и, как следствие, повышении подвижности АПУ ПГРК с регулируемыми системами подпрессоривания на основе амортизаторов, управляемых с применением магнитореологического и магнитострикционного эффектов, с учетом влияния на показатели подвижности и быстроходности АПУ ПГРК алгоритмов управления, структуры и характеристик регулируемых систем подпрессоривания на основе амортизаторов, управляемых с применением магнитореологического и магнитострикционного эффектов.

Результаты научных исследований проходят реализацию (внедрение) и в дальнейшем могут быть использованы:

- в научно-исследовательской работе и учебном процессе: МАДИ, МГТУ им. Н.Э. Баумана, Военной академии РВСН имени Петра Великого;
- в научно-исследовательской работе АО «ЦНИИмаш», Военно-научного комитета РВСН, 21-го ЦНИИ ВАТ Минобороны России;
- в опытно-конструкторской работе АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева», АО «ЦЭНКИ», АО «Мовен»;
- при планировании государственного оборонного заказа по строительству Вооруженных Сил Российской Федерации: в КВ; в Военно-научном комитете РВСН;
- при планировании и осуществлении испытаний, опытной отработки, эксплуатации и модернизации вооружения, военной и специальной техники в эксплуатирующих организациях Министерства обороны Российской Федерации и государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос»: в войсковой части № 13991 (космодром «Плесецк», г. Мирный), в филиале АО «ЦЭНКИ» — КЦ «Восточный» (космодром «Восточный», г. Благовещенск).

## Литература

- [1] Sova V.A., Mazlumyan G.S., Egorov O.V., Shadrin S.S., Eruslankin S.A., Sova A.N. The results of modeling and evaluating the dynamics of a road train with an active trailer link based on valve-inductor electric machines // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 832. Art. no. 012015. 12 p. DOI: 10.1088/1757-899X/832/1/012015
- [2] Sova V.A., Mazlumyan G.S., Egorov O.V., Shadrin S.S., Sova A.N. The results of modeling and evaluating the relative slip coefficients during the interaction of the pneumatic tire with the supporting surface to determine the forces acting in the contact patch // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 832. Art. no. 012011. 7 p. DOI: 10.1088/1757-899X/832/1/012011
- [3] Sova V.A., Mazlumyan G.S., Egorov O.V., Shadrin S.S., Sova A.N. The results of modeling the physical processes of interaction of a pneumatic tire with a supporting surface to determine the forces acting in the contact patch // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 832. Atr. no. 012012. 6 p. DOI: 10.1088/1757-899X/832/1/012012
- [4] Егоров О.В., Мазлумян Г.С., Сова А.Н., Сова В.А., Шадрин С.С. Метод и результаты синтеза алгоритмов управления вентильно-индукторными приводами экспериментального двухзвенного автопоезда с активным прицепным звеном // Двойные технологии. 2020. № 1 (90). С. 43–50.

## Substantiating of Tactical and Technical Requirements to the Mobility of Mobile Missile Launcher with Adjustable Magnetorheological and Magnetostrictive Suspension Systems

Sova Vladislav Aleksandrovich

vladislavsovaa@gmail.com

Instamart Technologies LLC

*The report is devoted to the substantiation and development of a scientific and methodological apparatus for substantiating of tactical and technical requirements to the mobility of mobile missile launcher with adjustable magnetorheological and magnetostrictive suspension systems. The aim of the study is to increase speed and the mobility of autonomous launchers of mobile ground-based missile systems with adjustable suspension systems based on shock absorbers controlled using magnetorheological and magnetostrictive effects.*

**Keywords:** mobile ground missile system, autonomous launcher, adjustable suspension system, magnetorheological and magnetostrictive shock absorbers, cross-country ability, tactical and technical requirements, math modeling, road impact modeling, control of characteristics of shock absorbers

### References

- [1] Sova V.A., Mazlumyan G.S., Egorov O.V., Shadrin S.S., Eruslakin S.A., Sova A.N. The results of modeling and evaluating the dynamics of a road train with an active trailer link based on valve-inductor electric machines. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, vol. 32, art. no. 012015, 12 p. DOI: 10.1088/1757-899X/832/1/012015
- [2] Sova V.A., Mazlumyan G.S., Egorov O.V., Shadrin S.S., Sova A.N. The results of modeling and evaluating the relative slip coefficients during the interaction of the pneumatic tire with the supporting surface to determine the forces acting in the contact patch. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, vol. 832, art. no. 012011, 7 p. DOI: 10.1088/1757-899X/832/1/012011
- [3] Sova V.A., Mazlumyan G.S., Egorov O.V., Shadrin S.S., Sova A.N. The results of modeling the physical processes of interaction of a pneumatic tire with a supporting surface to determine the forces acting in the contact patch. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, vol. 832, art. no. 012012, 6 p. DOI: 10.1088/1757-899X/832/1/012012
- [4] Egorov O.V., Mazlumjan G.S., Sova A.N., Sova V.A., Shadrin S.S. Metod i rezul'taty sinteza algoritmov upravlenija ventil'no-induktornymi privodami jekperimental'nogo dvuhzvennogo avtopoezda s aktivnym pricepnym zvenom [Method and results of synthesis of control algorithms for valve-inductor drives of an experimental two-link road train with an active trailed link]. Dvojnye tehnologii [Dual Technologies]. 2020, no. 1 (90), pp. 43–50. (In Russ.).

УДК 620.179.16

## Обоснование выбора датчиков электромагнитно-акустических преобразователей для системы мониторинга напряженно-деформированного состояния транспортно-установочных агрегатов

Соловьев Владислав Викторович

soloviev.1975@mail.ru

Амурский государственный университет

Сова Александр Николаевич

slsova@mail.ru

АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева», КБ «Салют» им. В.М. Мясищева

Установка электромагнитно-акустических преобразователей значительно расширяет возможности ультразвукового контроля при более высоких и низких температурах, в случае большой шероховатости и загрязненности поверхности объекта контроля, а также в ряде случаев, когда применение контактной жидкости оказывается недопустимым. Проведено моделирование возникновения упругих волн в стали 10ХСНД при электромагнитном воздействии. Выполненный анализ выявил наиболее эффективную частоту ультразвуковых волн для использования электромагнитно-акустических преобразователей.

**Ключевые слова:** электромагнитно-акустические преобразователи, транспортно-установочный агрегат, ультразвуковой контроль, диагностика дефектов материала

Одной из наиболее важных задач, которые может решать система мониторинга, это увеличение сроков межремонтных работ на основе постоянного наблюдения за конструкциями и сооружениями [1]. Ремонт назначается не по графику проведения, а на основе оценки технического состояния конструкций на основе контрольных показателей, в роли которых могут выступать собственные частоты колебаний, показатели прогиба, осадки, наклона и предела прочности материала, определяемые с использованием автоматически работающих измерительных устройств.

Для более полной оценки состояния объекта необходим контроль и диагностика дефектов, это позволит спрогнозировать развитие дефектной структуры и предотвратить возникновение аварийной ситуации, в том числе и при автономных испытаниях [2].

Оценить состояние агрегата можно с использованием ультразвукового контроля напряженного состояния основан на явлении акустоупругости, который отражает влияние механических напряжений на скорость распространения упругих волн [3] и создания на их основе систему мониторинга. Конструкция платформы и стрелы транспортно-установочных агрегатов не предусматривает удаления лакокрасочных покрытий для ультразвукового контроля. Возможна установка электромагнитно-акустических преобразователей (ЭМАП) значительно расширяют возможности ультразвукового контроля при более высоких и низких диапазонах температур, в случае большой шероховатости и загрязненности поверхности объекта контролирования, а также в ряде случаев, в которых применение контактной жидкости иногда недопустимо. Выбор параметров датчиков ультразвуковых волн для системы мониторинга является отдельной задачей. Каждый материал имеет собственные параметры распространения упругих волн [4]. Определение параметров упругих волн возбуждаемых электромагнитно-акустическим преобразователем может быть определено с помощью моделирования процесса взаимодействия магнитной волны и поверхностью контроля.

Для определения частоты возбуждения ультразвуковых волн воспользуемся программным обеспечением Comsol Multiphysics, которое позволяет смоделировать ЭМАП, а также благодаря заданию различных частот оценить действие магнитных волн на поверхность объекта контроля и выявить наиболее подходящую частоту, необходимую для возбуждения ультразвуковых волн и выбора датчика.

Для определения распространения ультразвуковых волн зададим материал образца (сталь 10ХСНД) и толщину пластины (14 мм). При моделировании были выбраны следующие частоты: 0,4; 2; 4; 6 МГц.

Возбуждающее воздействие зададим законом Ампера и силой Лоренца. Возникающие вихревые токи в проводящей пластине будут образовываться только в тонком слое поверхности, который учитывается толщиной скин-слоя. Для стали 10ХСНД толщина скин-слоя составляет 0,0008 м. Расчет модели будем выполнять методом конечных элементов.

При частоте 4 МГц наблюдается выраженная упругая ультразвуковая волна, которая отражается от дефекта. На частотах 0,4 и 2 МГц приведены деформации поверхности объекта контроля со слабым проявлением волны. Генерирование волны на частоте 6 МГц характеризуется образованием волн, также отражающимися от дефекта. Возникновение нескольких волн и их взаимное влияние создают мнимый сигнал, в результате чего возникающие помехи снижают достоверность обнаружения дефектов структуры.

Проведено моделирование электромагнитно-акустических преобразователей для использования при ультразвуковом контроле стали 10ХСНД. Выявлено, что частота 4 МГц наиболее эффективна для использования ЭМАП.

## Литература

- [1] Ишин Н.Н., Гоман А.М., Скороходов А.С., Дакало Ю.А., Натурьева М.К. Диагностика и мониторинг технического состояния на пути к индустрии 4.0 // Актуальные вопросы машиноведения. 2018. Т. 7. С. 245–250.
- [2] Челноков А.В., Панкин Д.А. Оценка влияния длительной эксплуатации на трещиностойкость металлоконструкций ракетной техники // VII Междунар. конф. «Деформация и разрушение материалов и наноматериалов»: сб. матер. Москва, 2017. С. 749–750.
- [3] Курашкин К.В. О способе ультразвукового контроля механических напряжений // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2018. Т. 84, № 7. С. 62–66.
- [4] Данилов В.Н., Ермолов И.Н., Щербаков А.А. К определению частоты колебаний при ультразвуковом контроле // Дефектоскопия. 2003. № 3. С. 3–11.

## **Justification of the Selection of Sensors of Electromagnetic and Acoustic Transducers for the Monitoring System of the Stress-Strain State of Transport and Installation Units**

**Soloviev Vladislav Vicktorovich**

[soloviev.1975@mail.ru](mailto:soloviev.1975@mail.ru)

*Amur State University*

**Sova Aleksandr Nikolayevich**

[s1sova@mail.ru](mailto:s1sova@mail.ru)

*Khrunichev Space Center, Salyut Design Bureau*

*The installation of electromagnetic and acoustic transducers (EMAP) is significantly expanding the possibilities of narrow at higher and low temperatures, in the case of large roughness and contamination of the surface of the control object, as well as in some cases, in*

*which the use of contact fluid is sometimes unacceptable. The work carried out modeling the occurrence of elastic waves in steel 10xst under electromagnetic effects. The analysis performed revealed the most efficient frequency of ultrasonic waves to use electromagnetic and acoustic transducers.*

**Keywords:** *electromagnetic-acoustic transducers, transport and installation unit, ultrasonic testing, diagnostics of material defects*

## References

- [1] Ishin N.N., Goman A.M., Skorokhodov A.S., Dakalo Yu.A., Natur'eva M.K. Diagnostika i monitoring tekhnicheskogo sostoyaniya na puti k industrii 4.0 [Diagnostics and monitoring of technical condition on the way to Industry 4.0]. Aktual'nye voprosy mashinovedeniya [Actual problems of mechanical engineering], 2018, vol. 7, pp. 245–250. (In Russ.).
- [2] Chelnokov A.V., Pankin D.A. Otsenka vliyaniya dlitel'noi ekspluatatsii na treshchinostikoost' metal-lokonstruktii raketnoi tekhniki [Assessment of the influence of long-term operation on the crack resistance of metal structures of rocket technology]. VII Mezhdunar. konf. «Deformatsiya i razrushenie materialov i nanomaterialov»: sb. mater [VII International Conference "Deformation and Fracture of Materials and Nanomaterials". Collection of materials], Moscow, 2017, pp. 749–750. (In Russ.).
- [3] Kurashkin K.V. O sposobe ul'trazvukovogo kontrolya mekhanicheskikh napryazhenii [About the method of ultrasonic testing of mechanical stresses]. Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov [Factory laboratory. Diagnostics of materials], 2018, vol. 84, no. 7, pp. 62–66. (In Russ.).
- [4] Danilov V.N., Ermolov I.N., Shcherbakov A.A. K opredeleniyu chastoty kolebanii pri ul'trazvukovom kontrole [Determination of the vibration frequency during ultrasonic testing]. Defektoskopiya, 2003, no. 3, pp. 3–11. (In Russ.).

УДК 629.7.082.6

## Мобильные малогабаритные средства заправки для проведения экспериментальных исследований и испытаний заправочного оборудования

**Судариков Иван Олегович**

iw.sudarikov2012@gmail.com

**Московский автодорожный государственный технический университет (МАДИ)**

**Валяев Олег Алексеевич**

Valyaev.oleg@bk.ru

**Московский автодорожный государственный технический университет (МАДИ)**

*Представлены мобильные малогабаритные средства заправки для проведения экспериментальных исследований и испытаний, а также обеспечения практической подготовки боевых расчетов заправки перед проведением работ по заправке изделий. Обоснован метод многопорционного дозирования, а также представлен технический облик мобильных малогабаритных средств заправки для проведения экспериментальных исследований и испытаний весоизмерительного оборудования средств заправки разгонных блоков и космических аппаратов ракет космического назначения.*

**Ключевые слова:** *средства заправки, многопорционное дозирование, космический аппарат, разгонный блок*

Повышение рентабельности запусков ракет космического назначения, обеспечение неснижаемой надежности и безаварийности подготовки к пуску являются основными задачами в ракетно-космической отрасли [1].

Целью исследования является обоснование и разработка метода многопорционного дозирования и технического облика мобильных малогабаритных средств заправки для проведения экспериментальных исследований и испытаний весоизмерительного оборудования средств заправки разгонных блоков и космических аппаратов ракет космического назначения, для подготовки, повышения квалификации и пере-подготовки боевых расчетов заправки.

Для достижения цели исследования обоснованы и разработаны приведенные ниже новые научные результаты:

1. Результаты анализа общего устройства, принципа действия и конструкции модернизируемых мобильных малогабаритных средств заправки для проведения экспериментальных исследований и испытаний заправочного оборудования [2].

2. Результаты обоснования, разработки и внедрения метода многопорционного дозирования для заправки баков космических аппаратов и разгонных блоков в широком диапазоне выдаваемых доз заправляемых компонентов [3].

3. Результаты проведения испытаний на стенде многопорционного дозирования для заправки баков космических аппаратов и разгонных блоков в широком диапазоне выдаваемых доз заправляемых компонентов.

4. Результаты анализа опасных и вредных факторов при технологических процессах создания и эксплуатации мобильных малогабаритных средств заправки и обоснования организационно-технических мероприятий по обеспечению их безопасности.

5. Результаты обоснования состава и технологии работ по обеспечению работоспособности мобильных малогабаритных средств заправки при подготовке к заправке и заправке разгонных блоков и космических аппаратов ракет космического назначения.

6. Результаты оценки затрат на создание и эксплуатацию мобильных малогабаритных средств заправки разгонных блоков и космических аппаратов ракет космического назначения.

Практическая значимость научных результатов заключается в значительном (более, чем в три раза) повышении точности заправки баков разгонных блоков и космических аппаратов в широком диапазоне выдаваемых доз с применением предлагаемых метода многопорционной заправки и систем заправки на базе высокоточных весоизмерительных установок дозирования, в существенном повышении работоспособности в условиях непростых ситуаций при пропадании электроснабжения от внешней сети, от систем внутреннего и автономного электроснабжения, а также в обеспечении повышения безопасности выполнения работ по заправке ракет космического назначения за счет повышения квалификации и уровня подготовки расчетов заправки, что способствует значительному сокращению вероятности ошибки оператора и, как следствие, повышает безаварийность заправки ракет космического назначения [4].

## Литература

- [1] Рулев С.В., Лебедев А.Г., Николаев А.В., Шульга В.М., Телепнев П.П., Кузнецов Д.А., Ермаков В.Ю. Весоизмерительные устройства для заправки баков разгонного блока «Фрегат» (К 50-летию космической деятельности НПО имени С.А. Лавочкина) // Вестник НПО им. С.А. Лавочкина. 2015. № 3. С. 74–80.

- [2] Шульга В.М., Лебедев А.Г., Сова А.Н., Валяев О.А. Методическое и экспериментальное обоснование метода заправки баков космических аппаратов компонентами ракетного топлива из транспортно-заправочных контейнеров с использованием мобильных весов // Проблемные вопросы развития наземных комплексов, стартового оборудования и эксплуатации летательных аппаратов: сб. науч. тр. филиала ФГУП «ЦЭНКИ» — КБТХМ № 12. Ч. 2. М.: Филиал ФГУП «ЦЭНКИ» — КБТХМ, 2017. С. 90–97.
- [3] Шульга В.М., Сова А.Н., Киц А.В., Пучков А.А., Баурова Н.И., Ефименко Д.Б., Валяев О.А. Универсальный стенд для проведения экспериментальных исследований и испытаний заправочного оборудования и результаты отработки технологий и методик заправки космических аппаратов и разгонных блоков компонентами топлива // Проблемные вопросы развития наземных комплексов, стартового оборудования и эксплуатации летательных аппаратов: сб. науч. тр. филиала ФГУП «ЦЭНКИ» — КБТХМ № 12. Ч. 1. М.: Филиал ФГУП «ЦЭНКИ» — КБТХМ, 2017. С. 145–152.
- [4] Башилов А.И., Шульга В.М., Валяев О.А. Научно-методический аппарат обоснования состава и параметров универсального стенда для проведения экспериментальных исследований и испытаний заправочного оборудования с применением весоизмерительного оборудования и результаты отработки технологий и методик заправки космических аппаратов и разгонных блоков компонентами топлива // Проблемные вопросы развития наземных комплексов, стартового оборудования и эксплуатации летательных аппаратов: сб. науч. тр. филиала ФГУП «ЦЭНКИ» — КБТХМ № 11. Ч. 2. М.: Филиал ФГУП «ЦЭНКИ» — КБТХМ, 2016. С. 127–133.

## **Mobile Small-Sized Fueling Equipment for Experimental Research and Testing of Filling Equipment**

**Sudarikov Ivan Olegovich**

iw.sudarikov2012@gmail.com

*Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI)*

**Valyaev Oleg Alekseevich**

Valyaev.oleg@bk.ru

*Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI)*

*The report presents mobile small-sized refueling facilities for conducting experimental research and testing, as well as providing practical training for combat crews of refueling before carrying out work on refueling products. The method of multi-portion dosing is substantiated, and the technical appearance of mobile small-sized refueling facilities for experimental research and testing of weighing equipment for refueling upper stages and spacecraft of space rockets is presented.*

**Keywords:** refueling means, multi-portion dosing, spacecraft, booster block

### **References**

- [1] Rulev S.V., Lebedev A.G., Nikolaev A.V., Shul'ga V.M., Telepnev P.P., Kuznetsov D.A., Ermakov V.Yu. Vesoizmeritel'nye ustroistva dlya zapravki bakov razgonnogo bloka «Fregat» (K 50-letiyu kosmicheskoi deyatel'nosti NPO imeni S.A. Lavochkina) [Weighing devices for refueling the tanks of the Fregat upper stage (To the 50th anniversary of the space activity of S.A. Lavochkin NPO)]. Vestnik NPO im. S.A. Lavochkina [Bulletin of S.A. Lavochkin NPO], 2015, vol. 3, pp. 74–80. (In Russ.).
- [2] Shul'ga V.M., Lebedev A.G., Sova A.N., Valyaev O.A. Metodicheskoe i eksperimental'noe obosnovanie metoda zapravki bakov kosmicheskikh apparatov komponentami raketnogo topliva iz transportno-zapravochnykh konteynerov s ispol'zovaniem mobil'nykh vesov [Methodological and experimental substantiation of the method of refueling spacecraft tanks with rocket fuel components from transport and refueling containers using mobile scales]. Problemye voprosy razvitiya nazemnykh kompleksov, startovogo oborudovaniya i ekspluatatsii letatel'nykh apparatov [Problematic issues of the development of ground complexes, launch equipment and operation of aircraft]: collection of scientific tr. branch of FGUP "TsENKI" — KBTKhM. No. 12. Part 2. Moscow, Filial FGUP "TsENKI" — KBTKhM, 2017, pp. 90–97. (In Russ.).

- [3] Shul'ga V.M., Sova A.N., Kits A.V., Puchkov A.A., Baurova N.I., Efimenko D.B., Valyaev O.A. Universal'nyi stend dlya provedeniya eksperimental'nykh issledovanii i ispytanii zapravochnogo oborudovaniya i rezul'taty otrabotki tekhnologii i metodik zapravki kosmicheskikh apparatov i razgonnykh blokov komponentami topliva [Universal stand for experimental research and testing of refueling equipment and the results of testing technologies and techniques for refueling spacecraft and upper stages with fuel components ]. Problemnye voprosy razvitiya nazemnykh kompleksov, startovogo oborudovaniya i ekspluatatsii letatel'nykh apparatov [Problematic issues of the development of ground complexes, launch equipment and operation of aircraft]: collection of scientific tr. branch of FGUP "TsENKI" — KBTKhM. No. 12. Part 1. Moscow, Filial FGUP "TsENKI" — KBTKhM, 2017, pp. 145–152. (In Russ.).
- [4] Bashilov A.I., Shul'ga V.M., Valyaev O.A. Nauchno-metodicheskii apparat obosnovaniya sostava i parametrov universal'nogo stenda dlya provedeniya eksperimental'nykh issledovanii i ispytanii zapravochnogo oborudovaniya s primeneniem vesoizmeritel'nogo oborudovaniya i rezul'taty otrabotki tekhnologii i metodik zapravki kosmicheskikh apparatov i razgonnykh blokov komponentami topliva []. Problemnye voprosy razvitiya nazemnykh kompleksov, startovogo oborudovaniya i ekspluatatsii letatel'nykh apparatov [Problematic issues of the development of ground complexes, launch equipment and operation of aircraft]: collection of scientific tr. branch of FGUP "TsENKI" — KBTKhM. No. 11. Part 2. Moscow, Filial FGUP "TsENKI" — KBTKhM, 2016, pp. 127–133. (In Russ.).

УДК 629.764.7

## О возможностях использования разовых амортизаторов для возвращаемых ракетных блоков

**Тихомиров Игорь Владимирович**

tigor49@mail.ru

Филиал АО «Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры» — КБ «Мотор»

**Забегаев Александр Иванович**

zabegaev1951@gmail.com

Филиал АО «Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры» — КБ «Мотор»

**Нетрусов Антон Николаевич**

a.netrusov@mail.ru

Филиал АО «Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры» — КБ «Мотор»

**Ломакин Владимир Владимирович**

lomakin\_vv@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Сформулированы требования к техническому облику конструкции посадочных опор, включая амортизаторы как узлы разового или многоразового деформирования, в рамках новой научно-технической задачи обеспечения многоразового использования ракетных блоков. Предложены варианты исполнения разовых амортизаторов, обладающих достаточным восстановительным ресурсом: с металлической и эластомерной муфтами трения. Для динамических расчетов допустимых рабочих характеристик разового амортизатора предложено создание математической модели. Показано, что конкурентоспособность разовых амортизаторов определяется их низкой стоимостью, высокой надежностью, простотой конструкции и низкими массогабаритными характеристиками.

**Ключевые слова:** посадочная опора, возвращаемый ракетный блок, разовый амортизатор, муфта трения, программно-деформируемая конструкция

Актуальной задачей в рамках работ по обеспечению многоразового использования блоков I и II ступеней ракет-носителей (РН) тяжелого класса [1] является создание но-

вых элементов совместно возвращаемых ракетных блоков (ВРБ) — посадочных опор, работающих в режиме посадки совместно с двигателями с выполнением функций:

- снижения нагрузок при посадке ВРБ РН до допустимых уровней в условиях взаимодействия посадочных опор РН с посадочной площадкой для заданных ветровых и климатических воздействий, начальных условий по ориентации положения ВРБ и кинематических параметров посадки;
- обеспечения требуемых амортизационных ходов;
- снижения перегрузки на ВРБ до требуемых уровней в горизонтальном и вертикальном направлениях;
- обеспечения устойчивого положения ВРБ в процессе посадки;
- обеспечения устойчивого вертикального положения ВРБ после посадки для проведения демонтажных и других работ, связанных с послеполетными операциями на ВРБ, в течение длительного времени (до двух месяцев);
- обеспечения расчетного ресурса применения амортизаторов и опор (10…100 посадок с учетом замены узлов разового действия), послеполетного обследования и восстановления.

После срабатывания амортизатор находится в обжатом состоянии, которое может быть неравномерным для разных опор ВРБ. Во избежание наклона ВРБ в целях обеспечения безопасности послепосадочных работ амортизатор требует восстановления в исходное положение. Разница ходов амортизаторов посадочных опор при различных начальных условиях посадки ВРБ может достигать 1,5…2 м, что приводит к значительному наклону ВРБ.

В отличие от амортизаторов многократного действия разовые амортизаторы (РА), построенные на принципе поглощения энергии за счет необратимой деформации (разрушения) или за счет трения, не восстанавливают свою начальную длину после однократного применения. Для определения возможного технического облика посадочных опор с разовыми рабочими элементами необходимо грамотно сформулировать задачи:

- какой объект проектируется (места возможного крепления опор, в каких условиях он эксплуатируется, какие требования предъявляются в процессе работы одно- и многоразовых узлов, и какое состояние должна иметь конструкция посадочных опор в ВРБ после их срабатывания);
- какая часть посадочной опоры подвергается необратимой деформации без повреждения или падения амортизируемого объекта после срабатывания;
- вид необратимого изменения части посадочной опоры — деформация изгиба, растяжения, реза, с применением узлов локальной или общей деформации, с возможностью восстановления узла или без возможности восстановления (например, замена, возможен ли ремонт, его глубина);
- безопасность статического состояния ВРБ после посадки при наличии в посадочных опорах неупруго деформированных звеньев;
- допустимость отклонения амортизируемого объекта, в данном случае ВРБ в целом, от вертикали. Для двух последних случаев наличие остаточных деформаций после срабатывания одноразовых опор предполагает проведение работ на ВРБ, имеющем после посадки отклонение от вертикального положения, что усложняет технологию и не способствует безопасности ведения работ, особенно учитывая неопределенность установившегося положения ВРБ.

При выборе деформируемых узлов посадочных опор следует ограничить поиск в области конструктивных элементов, сведя его к амортизаторам, которые представ-

ляют собой узлы разового или многоразового деформирования и рассчитаны на передачу значительных сосредоточенных нагрузок. С учетом изложенного рассмотрена возможность применения в составе конструкций посадочных опор упрощенных и облегченных конструкций РА в двух вариантах исполнения.

*Первый вариант.* РА с металлической муфтой трения, например, муфтой сухого трения. Практически для реализации такой схемы может рассматриваться аналог пневмогидравлического амортизатора [2], в котором сохранена телескопическая компоновка, удобная для передачи нагрузок на амортизуемый объект. Поглощение энергии движения ВРБ осуществляется за счет создания тормозной силы в муфтах трения РА.

Пространственный характер внешнего воздействия на ВРБ требует создания математической модели для динамических расчетов допустимых рабочих характеристик РА, при этом задаются координаты, точек приложения переменных по времени внешних сил [3, 4].

Этот вариант реализует процессы поглощения энергии движения ВРБ в контактных парах трения скольжения, где разжимная муфта имеет внутренний посадочный диаметр меньший, чем диаметр штока. Конструктивно рабочий узел муфты может представлять собой одновитковое разрезное кольцо (одно или несколько), а шток запрессовывается в муфту. При разнице в диаметрах штока и муфты можно, задавая размеры, создавать требуемый натяг, за счет которого создаются заданные контактные давления и за счет этого формируется осевая тормозная сила на штоке. Существуют ограничения по допустимым контактным давлениям (во избежание задиров), которые учитываются при проектировании. Фактически это новый тип РА, обладающих достаточным восстановительным ресурсом. Необратимых изменений в конструкции силовых узлов РА не происходит, а после дефектации и ремонтно-восстановительных работ и испытаний они могут повторно использоваться не менее 7–10 раз. Контактная пара «букса — шток» может быть заменена и направлена на заводской контроль и восстановление для последующего применения. В корпусе РА может быть размещено две и более муфт трения; ход РА может достигать 2...3 м. Задавая коэффициент трения скольжения в паре «муфта — шток» от 0,2 (мягкие сорта сталей) до 0,8...1,0 (специальные сплавы) можно получать требуемые тормозные усилия РА, а для облегчения конструкции (до 40 %) его корпус и шток могут быть выполнены из стали или металло-композитными.

*Второй вариант.* РА с эластомерной муфтой трения: корпус РА металлокомпозитный, намотанный из угольного или органического волокна с металлическими (сталь, титан) законцовками; ход амортизатора — 2,7 м.

Силовая характеристика РА формируется в двух фрикционных узлах в каждом штVOKE. Сила трения 25 тс, создаваемая во фрикционном узле, формируется при перемещении штока из титанового сплава через сжатый в режиме объемного сжатия резиновый массив, установленный в буксах. Сила, вызывающая объемное сжатие резинового массива, задается вращением регулировочной гайки для получения нужной силовой характеристики и облегчения восстановления длины РА после монтажа и демонтажа. При установке 2–3 муфт в корпусе амортизатора развиваемое усилие может достигать 50...80 тс; масса РА — 300 кг.

РА обладает значительными преимуществами с учетом низкой стоимости, высокой надежности, простоты конструкции и низких массогабаритных характеристик, что при соответствующем развитии конструкции делает его конкурентоспособным по отношению к другим известным решениям.

## Литература

- [1] Гудилин В.Е., Слабкий Л.И. Ракета-носитель «Ангара» (История. Развитие. Перспективы). М., 1996. 326 с.
- [2] Анопов В.М., Забегаев А.И., Садков А.А. Пневмогидравлический амортизатор. Патент № 2481507 Российской Федерации, 2013, бюл. № 13. 8 с.
- [3] Зенкевич О., Морган К. Конечные элементы и аппроксимация / пер. с англ. Б.И. Квасова, ред.пер. Н.С. Бахвалова. М.: Мир, 1986. 318 с.
- [4] Бате К., Вилсон Е. Численные методы анализа и метод конечных элементов / пер. с англ. А.С. Алексеева; ред. А.Ф. Смирнова. М.: Стройиздат, 1982. 446 с.

## On the Possibility of Using One-Time Shock Absorbers for Reentry Rocket Blocks

**Tikhomirov Igor Vladimirovich**

tigor49@mail.ru

*Branch of Center for operation of space ground based infrastructure facilities JSC — Motor Design Bureau*

**Zabegaev Aleksander Ivanovich**

zabegaev1951@gmail.com

*Branch of Center for operation of space ground based infrastructure facilities JSC — Motor Design Bureau*

**Netrusov Anton Nikolaevich**

a.netrusov@mail.ru

*Branch of Center for operation of space ground based infrastructure facilities JSC — Motor Design Bureau*

**Lomakin Vladimir Vladimirovich**

lomakin\_vv@bmstu.ru

*BMSTU*

*As part of the new scientific and technical task of ensuring the multiple use of rocket blocks, the requirements for the technical appearance of the landing support structure, including shock absorbers as single or reusable deformation units, are formulated. Variants of one-time shock absorbers with a sufficient recovery resource: with metal and elastomeric friction clutches are proposed. For dynamic calculations of permissible operating characteristics of a one-time shock absorber, it is proposed to create a mathematical model. It is shown that the competitiveness of one-time shock absorbers is determined by their low cost, high reliability, simplicity of design and low mass-dimensional characteristics.*

**Keywords:** landing support, reentry rocket block, one-time shock absorber, friction clutch, program-compliance structure

## References

- [1] Gudilin V.E., Slabkiy L.I. Raketa-nositel “Angara” (Istoriya. Razvitie. Perspektivy) [Launch vehicle “Angara” (History. Development. Prospects)]. Moscow, 1996, 326 p. (in Russ.).
- [2] Anopov V.M., Zabegaev A.I., Sadkov A.A. Pnevmodravlicheskii amortizator [Pneumohydraulic shock absorber]. Patent RF 2481507, 2013, byul. no. 13, 8 p. (in Russ.).
- [3] Zenkevich O., Morgan K. Konechnye elementy i approksimatsiya [Finite elements and approximation]. Moscow, Mir Publ., 1986, 318 p. (in Russ.).
- [4] Bate K., Vilson E. Chislennye metody analiza i metod konechnykh elementov [Numerical methods in finite element analysis]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1982, 446 p. (in Russ.).

УДК 629.764.7

## Исследование возможности доработки существующих ракетных блоков космических ракет тяжелого класса в целях обеспечения их повторного использования

**Тихомиров Игорь Владимирович**

tigor49@mail.ru

Филиал АО «Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры» — КБ «Мотор»

**Забегаев Александр Иванович**

zabegaev1951@gmail.com

Филиал АО «Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры» — КБ «Мотор»

**Нетрусов Антон Николаевич**

a.netrusov@mail.ru

Филиал АО «Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры» — КБ «Мотор»

**Ломакин Владимир Владимирович**

lomakin\_vv@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Рассмотрена оценка возможности доработки существующих ракетных блоков ракет тяжелого класса в целях обеспечения их повторного использования. Представлены существующие способы посадки ракетно-космической техники. Выявлены их достоинства и недостатки. Предложена новая конструктивно-компоновочная схема посадочной опоры и выполнена оценка её массово-инерционных характеристик. Проведено математическое моделирование процесса посадки. Определены посадочные режимы, а также сформулированы требования к посадочной площадке.

**Ключевые слова:** возвращаемая ракета-носитель, многоразовая ракета-носитель, посадочные режимы, конечно-элементный анализ, математическое моделирование

При разработке образцов ракетно-космической техники появились требования на создание возвращаемых ступеней блоков ракетных двигателей. В настоящий момент существует лишь незначительное число эксплуатируемых решений, таких как возвращаемая первая ступень Falcon 9 [1], многоразовые космические корабли New Shepard [2], Star Ship. Научно-технические материалы, являющиеся собственностью указанных компаний, находятся в ограниченном доступе. Это обуславливает процесс проектирования подобного вида изделий практически с нуля. В этой связи представляются целесообразными исследования, направленные на анализ и поиск наиболее эффективных способов, обеспечивающих возвращение объектов ракетно-космической техники.

Кроме эксплуатируемых схем, в которых посадка обеспечивается работой двигателей, существуют другие способы посадки, например, горизонтальная посадка за счет аэродинамических свойств ракеты, которая предполагает установку дополнительных рулевых двигателей и шасси. Подобная концепция посадки проработана в проекте «Байкал», унаследована проектом «Иркут». Существует идея посадки посредством ловителей, выполненных из податливого материала, который обеспечивает равномерное перераспределение нагрузки на возвращаемый элемент и плавное уменьшение его кинетической энергии. Подобные идеи активно прорабатываются в компании SpaceX с целью посадки блоков ракетных двигателей, однако это требует создания и отработки технологии извлечения элементов ракет из подобных ловителей, которая в настоящий момент полностью отсутствует. Существуют попытки компании Rocket Lab разрабо-

тать технологию возвращения аппаратов при помощи парашютов с последующим зацеплением в воздухе и дальнейшей буксировкой их к месту посадки.

Наиболее используемыми в данный момент являются схемы, при которых посадка осуществляется на посадочные опоры различного конструктивного исполнения при помощи двигателей, спроектированных для этой задачи. В ходе данного исследования рассмотрены две используемые схемы: с треугольной схемой звеньев опоры (первая ступень Falcon 9), с параллелограммным механизмом звеньев (корабль New Shepard). Схожие по принципу действия, раскрываясь, они образуют опорную базу для возвращаемого аппарата, обеспечивая при этом ее устойчивость при ветровом воздействии или морской качке при посадке на плавучую платформу. Схема этих опор, образуя силовой треугольник, передает вертикальную составляющую на оболочку ракеты, при этом горизонтальное усилие замыкается на силовом шпангоуте. Характерным для этой схемы является то, что чем шире опорная база, тем большей массой будут рычаги опоры и тем большие горизонтальные силы будут действовать на корпус изделия. Важным обстоятельством является то, что у всех схем точки крепления должны быть связаны с силовыми шпангоутами. Другими словами, размер между шпангоутами определяет конфигурацию опоры и должен быть одним из варьируемых параметров в процессе проектирования конструкции. Другим недостатком таких опор является то, что для их раскрытия необходимы системы механического привода и стопорения, которые могут иметь значительную массу, а также снижать общую надежность конструкции.

Вышеописанные недостатки могут быть устранены путем отказа от системы рычагов в опорном механизме. Поэтому в данном исследовании предложена лифтовая схема, в которой отсутствуют недостатки, связанные с дополнительными массами звеньев, но при этом невозможно управлять размерами опорной базы. Однако в некоторых случаях опорная база уже создана самой конструкцией возвращаемого аппарата, например, в случае совместного возвращения блоков ракет тяжелого класса с использованием пакетной схемы. В этом случае опорная база в 7...8 м обеспечивается при установке посадочных опор на силовые шпангоуты баков боковых блоков.

В условиях отсутствия принципиально новых типов ракет и учитывая, что только к 2024 г. предполагаются летные испытания ракеты среднего класса — Союз-5, ракеты сверхлегкого класса «Иркут», представляется целесообразным рассмотреть возможность доработки существующих объектов с целью обеспечения многоразового использования. Наиболее перспективными для доработки в нашей стране являются ракеты тяжелого класса, например, Ангара. Однако существующие двигатели не приспособлены в полной мере к режиму посадки и, как следствие, не имеют возможности обеспечить около нулевую скорость в момент касания земли. Дополнительно к этому, в момент касания посадочный блок обладает некоторой скоростью горизонтального сноса, действует боковой ветер и возможно отклонение от вертикали, что обуславливает требования к размерам площадки, и системе посадочной амортизации, которая уменьшает нагрузки до заданного значения.

Таким образом, посадочная опора будет состоять из следующих элементов: амортизатор, корпус амортизатора с крепежными элементами на возвращаемой ступени, кожухи и обтекатели. В ходе исследования рассматривался двухштоковый амортизатор пневмогидравлического типа. По результатам прочностного анализа установлено, что использование современных композиционных материалов, а также высокопрочных титановых сплавов позволяет создать подобную опору массой в диапазоне 0,05...0,07 от массы возвращаемого аппарата.

На основании данных [3, 4] выполнено математическое моделирование процесса посадки возвращаемого разгонного блока пакетной схемы в программном комплексе Sadas методом конечных элементов [5]. В ходе расчетов установлено, что посадка с заданными требованиями может быть выполнена в условиях ограниченных режимов приземления. Для этого была выполнена серия расчетов для различных скоростей посадки и высот, при этом варьировался ход амортизации.

По результатам исследования установлено, что после приземления в условиях наличия скорости горизонтального сноса и ветрового воздействия посадочный блок переместится и остановится на 20...40 м от первичной точки контакта с посадочной площадкой. Это обстоятельство обуславливает требование к размерам посадочной площадки, ориентировано, не менее 60×60 м для обеспечения безопасного торможения, что объясняется влиянием высоты центра масс при вертикальной посадке.

Результаты проведенных исследований показали, что амортизирующие опоры являются перспективным способом посадки ракеты-носителя в условиях смешанных нагрузок, а также при отсутствии возможности существенной переработки конструкции возвращаемых аппаратов. Также установлены массово-габаритные характеристики опор, их конструктивно-компоновочная схема, а также сформулированы требования к наземной посадочной инфраструктуре. При анализе опыта разработки существующих возвращаемых блоков установлено, что для обеспечения безопасной посадки требуется большое число экспериментальных данных, что обуславливает необходимость создания стендового оборудования. На основании вышеизложенного требуется проведение дополнительных расчетов с целью обоснования экономической целесообразности, с учетом затрат на обеспечение экологической безопасности использования ракетной техники.

## Литература

- [1] Falcon 9. First orbital class rocket capable of reflight. SpaceX. URL: <https://spacex.com/vehicles/falcon-9> (дата обращения 11.11.2021).
- [2] Grande première spatiale, une fusée décolle et atterrit sur son pas de tir. Brevet d'Initiation Aéronautique. URL: <https://www.space.com/30549-how-blue-origin-s-suborbital-rocket-ride-works-infographic.html> (дата обращения 11.11.2021).
- [3] Пресс-релизы ГКНПЦ имени М.В.Хруничева. URL: <https://www.khrunichev.ru> (дата обращения 11.11.2021).
- [4] Гудилин В.Е., Слабкий Л.И. Ракета-носитель «Ангара» (История. Развитие. Перспективы). М., 1996. 326 с.
- [5] Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. М.: Мир, 1975. 541 с.

## Investigation of the Possibility of Modifying the Existing Stages of Heavy Rockets in Order to Ensure Their Reuse

**Tikhomirov Igor Vladimirovich**

tigor49@mail.ru

*Branch of Center for operation of space ground based infrastructure facilities JSC — Motor Design Bureau*

**Zabegaev Aleksander Ivanovich**

zabegaev1951@gmail.com

*Branch of Center for operation of space ground based infrastructure facilities JSC — Motor Design Bureau*

**Netrusov Anton Nikolaevich**

a.netrusov@mail.ru

*Branch of Center for operation of space ground based infrastructure facilities JSC — Motor Design Bureau*

**Lomakin Vladimir Vladimirovich**

lomakin\_vv@bmstu.ru

*BMSTU*

*The assessment of the possibility of upgrading the existing stages of heavy-class rockets with the aim of ensuring their reuse is considered. The existing methods of landing rocket and space technology are presented. Their advantages and disadvantages are revealed. A new design and layout scheme of the landing support is proposed and its mass-inertia characteristics are evaluated. Mathematical modeling of the landing process is carried out. The landing modes are defined, as well as the requirements for the landing site are formulated.*

**Keywords:** rocket capable of reflight, reusable rocket, landing modes, finite element analysis, mathematical modelling

### References

- [1] Falcon 9. First orbital class rocket capable of reflight. SpaceX. Available at: <https://spacex.com/vehicles/falcon-9> (accessed November 11, 2019).
- [2] Grande première spatiale, une fusée décolle et atterrit sur son pas de tir. Brevet d'Initiation Aéronautique. Available at: <https://www.space.com/30549-how-blue-origin-s-suborbital-rocket-ride-works-infographic.html> (accessed November 11, 2019).
- [3] Press office of the Khrunichev State Research and Production Space Center. Available at: <https://www.khrunichev.ru> (accessed November 11, 2019).
- [4] Gudilin V.E., Slabkiy L.I. Raketa-nositel "Angara" (Istoriya. Razvitie. Perspektivy) [Launch vehicle "Angara" (History. Development. Prospects)]. Moscow, 1996. 326 p. (in Russ.).
- [5] Zenkevich O. Metod konechnyh elementov v tekhnike [Finite element method in engineering]. Moscow, Mir Publ., 1975, 541 p. (in Russ.).

УДК 629.7.08

## **Идентификация параметров трещин в конструкции транспортно-установочных агрегатов методом модального анализа конечно-элементной модели**

**Удовик Илья Сергеевич**

iltaria@mail.ru

**МГТУ им. Н.Э. Баумана**

**Бармин Игорь Владимирович**

barminkbom@mail.ru

**МГТУ им. Н.Э. Баумана**

*Рассмотрены перспективы использования акустического метода свободных колебаний для обнаружения и прогнозирования накопления механических повреждений типа «трещина» в элементах транспортно-установочных агрегатов. Построены зависимости размера трещины, ее формы и места расположения от спектра частот и форм собственных колебаний модели стрелы транспортно-установочного агрегата для ракеты-носителя «Ангара-А5». Расчет выполнен методом модального анализа конечно-элементной модели стрелы в среде Solidworks Simulation. Проведенный анализ позволит разработать подход для оценки технического состояния транспортно-установочных агрегатов.*

**Ключевые слова:** транспортно-установочный агрегат, модальный анализ, метод свободных колебаний, дефектоскопия, трещина, повреждение

## **Идентификация параметров трещин в конструкции транспортно-установочных агрегатов методом модального анализа конечно-элементной модели**

В процессе эксплуатации транспортно-установочных агрегатов (ТУА) стартовых комплексов [1] после некоторой наработки в их конструкции, как и в любых других механических системах, неизбежно возникают различные механические повреждения: трещины, обломы, разрывы, поры и пр. Повреждения появляются в результате развития усталостных процессов в материале, коррозионных и эрозионных процессов, изнашивания трущихся частей, а также неправильной эксплуатации оборудования.

Одной из основных причин усталостного разрушения считается образование и развитие трещин [2]. Данные повреждения могут приводить к критическому снижению работоспособности агрегатов или вовсе делать их непригодными для дальнейшей эксплуатации. Своевременное обнаружение данных повреждений, идентификация их параметров, а также предсказание их дальнейшего изменения, позволяют оценивать техническое состояние отдельных элементов ТУА, а также агрегата в целом, оперативно проводить их техническое обслуживание, прогнозировать постепенные отказы элементов ТУА. Таким образом, существует потребность в наличии системы непрерывного мониторинга повреждений типа «трещина» в составе ТУА, основанной на применении методов неразрушающего контроля и позволяющей в реальном времени контролировать трещинообразование.

Одним из самых древних и простых методов неразрушающего контроля для достижения поставленной цели является акустический метод свободных колебаний (МСК), основанный на измерении частот собственных колебаний (ЧСК) контролируемого объекта [3–5]. В его основу положено существование зависимостей между упругими константами материала исследуемого объекта и его физико-

механическими свойствами, такими как прочность, твердость, пористость, плотность и пр. При развитии в агрегате каких-либо повреждений ЧСК изменяются, что можно использовать как информативный признак наличия повреждения (в данном случае — трещин). Выделяют локальный и интегральный МСК. В первом случае используются колебания отдельных частей исследуемого объекта, во втором — агрегата в целом.

По части нарушения целостности (трещины, обломы, разрывы и т. п.) МСК имеет особое преимущество перед другими методами неразрушающего контроля — возможность контроля крупногабаритных механических систем со сложной геометрией. Это обуславливается возможностью возбуждения в агрегате акустических волн большой мощности, которые имеют существенно более низкое затухание, чем, например, ультразвуковые волны и которые могут распространяться на достаточно большие расстояния. ТУА как объект исследования имеет большие размеры и весьма сложную геометрию, поэтому для идентификации трещин в нем МСК просто незаменим.

Цель настоящей работы — определить целесообразность применения интегрального МСК для обнаружения и прогнозирования накопления механических повреждений типа «трещина» в элементах транспортно-установочных агрегатов. Для достижения данной цели необходимо решить следующую задачу: проанализировать, как изменяется спектр ЧСК и формы собственных колебаний рассматриваемого объекта (о нём далее по тексту) в интегральной постановке (интегральный МСК) при появлении в нём трещины с различными параметрами. В качестве варьируемых параметров принимаются: длина, форма и место расположения трещины на агрегате.

В качестве исследуемого объекта выбрана стрела ТУА для ракеты-носителя тяжелого класса «Ангара-А5». Для решения поставленной задачи в среде Solidworks Simulation построена конечно-элементная модель (КЭМ) стрелы ТУА, проведён предварительный расчет напряженно-деформированного состояния модели для различных расчетных случаев (анализ статической прочности). На основе данных расчетов выделены наиболее нагруженные элементы стрелы ТУА, которые выбраны в качестве основных мест возможного расположения трещины на агрегате для данной работы (в местах концентрации напряжений и резких изменений геометрии элементов). Далее в той же расчетной среде проведен частотный анализ собственных колебаний модели стрелы ТУА для случая агрегата без повреждений и случаев наличия трещины.

В результате исследования построены зависимости между размерами трещины, ее формы и места расположения от спектра ЧСК. Результаты расчёта являются базовой основой создания системы мониторинга технического состояния ТУА. Закономерности, выявленные в результате модального анализа КЭМ стрелы, позволяют судить о вкладе каждого из параметров трещины в изменения значений ЧСК исследуемого объекта как целого (в сравнении со случаем объекта без повреждений) и, самое главное, говорить о целесообразности применения интегрального МСК для дефектоскопии такого крупногабаритного объекта как ТУА.

## Литература

- [1] Соловьев В.В. Опыт эксплуатации объектов космодрома «Восточный» // XLIV Академические чтения по космонавтике (Королёвские чтения — 2020); в 2 т. Т 2. Москва, 2020. С. 603–605.
- [2] Абиштаев А.Д., Салгарин Р.И. Влияние трещины на собственные частоты колебаний тонкостенной балки // Шаг в науку. 2018. №. 2. С. 103–106.

- [3] Ваньков Ю.В., Казаков Р.Б., Яковлева Э.Р. Собственные частоты изделия как информативный признак наличия дефектов // Техническая акустика. 2003. Т. 3, № 3. URL: <http://www.ejta.org/ru/vankov1> (дата обращения 12.11.2021).
- [4] Хатьков Д.Н. Применение информационного подхода к решению задачи дефектоскопии методом свободных колебаний // Труды МАИ. 2016. № 88. С. 15–15.
- [5] Матвеев В.В., Бовсуновский А.П., Токарь И.Г. Методы вибрационной диагностики элементов конструкций с трещинами // Вибрации в технике и технологиях. 2001. № 4 (20). С. 31–36.

## **Identification of Crack Parameters in the Structure of Transporter Erector Launchers by Modal Analysis**

**Udovik Ilya Sergeyevich**

iltaria@mail.ru

**BMSTU**

**Barmin Igor Vladimirovich**

barminkbom@mail.ru

**BMSTU**

*In this paper, we discuss the prospects of using the method of acoustic oscillations generating to detect and predict the accumulation of cracks in the elements of transporter erector launchers. The dependences between the crack size, its shape, location on the natural frequencies of the transporter erector launcher model for Angara-A5 launch vehicle are defined. The calculation was carried out by the modal analysis method in the Solidworks Simulation. The analysis will allow us to develop an approach for assessing the technical state of the transporter erector launchers.*

**Keywords:** transporter erector launcher, modal analysis, free oscillation method, flaw detection, crack, damage

### **References**

- [1] Solov'ev V.V. Opyt ekspluatatsii ob"ektov kosmodroma "Vostochnyi" [Experience of operation of objects of the Vostochny cosmodrome]. XLIV Akademicheskie chteniya po kosmonavtike (Korolevskie chteniya — 2020) [ XLIV Academic readings on cosmonautics (Korolev Readings — 2020)]: in 2 vols, vol. 2. Moscow, 2020, pp. 603–605. (In Russ.).
- [2] Abishtaev A. D., Salgarin R. I. Vliyanie treshchiny na sobstvennye chastoty kolebanij tonkostennoj balki []. SHag v nauku [], 2018, vol. 2, pp. 103–106. (In Russ.).
- [3] Vankov YU. V., Kazakov R. B., Yakovleva E. R. Sobstvennye chastoty izdeliya kak informativnyj priznak nalichiya defektov [The natural frequencies of a product as an informative sign of the presence of defects]. Tekhnicheskaya akustika [Technical Acoustics], 2003, vol. 3, no. 3. Available at: <http://www.ejta.org/ru/vankov1> (accessed 12.11.2021). (In Russ.).
- [4] Hatkov D.N. Primenie informacionnogo podhoda k resheniyu zadachi defektoskopii metodom svobodnyh kolebanij [Application of an information approach to solving the task of flaw detection by the method of free oscillations]. Trudy MAI [Proceedings of MAI], 2016, vol. 88, pp. 15–15. (In Russ.).
- [5] Matveev V.V., Bovsunovskii A.P., Tokar' I.G. Metody vibratsionnoi diagnostiki elementov konstruktsii s treshchinami [Methods of vibration diagnostics of structural elements with cracks]. Vibratsii v tekhnike i tekhnologiyakh [Vibrations in engineering and technologies], 2001, vol. 4 (20), pp. 31–36. (In Russ.).

УДК 629.7.085

## Оценка эффективности температурной подготовки ракетного топлива в емкостях наземных комплексов с теплообменной рубашкой

**Чугунков Владимир Васильевич**

chvbmstu@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана

**Александров Анатолий Александрович**

a.alexandrov@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана

**Бармин Игорь Владимирович**

barminkbom@mail.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, АО «Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры»

**Денисова Ксения Игоревна**

denisova-ksenya@inbox.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, АО «Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры»

**Золин Анатолий Владимирович**

pochtatoli@mail.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана

**Павлов Семен Константинович**

Pavlov.s.k@yandex.ru

ПАО «Криогенмаш»

*Проанализирована эффективность температурной подготовки ракетного топлива с использованием разработанных методик расчета и численного моделирования процессов теплообмена в емкостях наземных комплексов, оборудованных теплообменной рубашкой. Приведены результаты исследований по оценке эффективности процессов охлаждения и нагрева компонентов ракетного топлива (КРТ) при использовании в режиме охлаждения КРТ жидкого азота, которым осуществляется барботаж антифриза в полостях теплообменной рубашки емкости-хранилища, а в режиме нагрева КРТ – трубчатых электронагревателей, обеспечивающих нагрев антифриза, циркулирующего в теплообменной рубашке емкости-хранилища.*

**Ключевые слова:** ракетное топливо, емкость с теплообменной рубашкой, охлаждение, жидкий азот, барботаж

Для повышения эффективности ракет космического назначения (РКН) компоненты ракетного топлива (КРТ) перед заправкой в топливные баки РКН должны подвергаться температурной подготовке с помощью оборудования наземных комплексов космодромов. Процессы подготовки КРТ, которыми заправляются топливные баки ракет космического назначения и космических аппаратов, по многим параметрам, таким как температура, влагосодержание и газосодержание, имеют существенное значение для надежной и эффективной работы их двигательных установок [1–3]. Проведение температурной подготовки КРТ осуществляется также перед испытаниями жидкостных ракетных двигателей на испытательных стендах ракетных баз. При этом, как правило, требуется проводить охлаждение топлива для увеличения его плотности.

В ряде существующих систем температурной подготовки (СТП) топлива для охлаждения КРТ используется жидкий азот.

Применение жидкого азота для охлаждения ракетного топлива обусловлено его производством на космодромах в больших объемах, значительными массами ракет-

ного топлива, подвергаемого охлаждению в относительно короткие промежутки времени, а также невысокой интенсивностью пусков, выполняемых различными стартовыми комплексами, исчисляемой, как правило, несколькими пусками в год [4]. Поэтому на многих стартовых комплексах охлаждение ракетного топлива осуществляется с помощью жидкого азота.

Подготовка КРТ по температуре является наиболее длительной и энергозатратной операцией, требующей применения рациональных технологий и режимов охлаждения (нагрева) топлива.

В наземной космической инфраструктуре космодромов реализовано несколько вариантов построения систем охлаждения, основанных на теплообменных процессах с жидким азотом [2, 3]: при непосредственном вводе жидкого азота в резервуар с топливом, бесконтактное охлаждение топлива кипящим жидким азотом в теплообменниках «труба в трубе», а также понижение температуры топлива посредством теплообмена в рекуперативном теплообменнике с антифризом, охлаждаемым в отдельном резервуаре при барботаже жидким азотом.

Отметим, что контактное охлаждение топлива жидким азотом характеризуется изменением состава топлива и приводит к его некондиционности по газосодержанию с потребностью проведения дегазации топлива перед его заправкой в топливные баки [4].

Бесконтактное охлаждение топлива жидким азотом наиболее часто происходит в системах с теплообменниками типа «труба в трубе» и осуществляется перекачиванием топлива насосами через внутреннюю трубу теплообменника по замкнутому контуру при подаче жидкого азота во внешнюю трубу теплообменника. После охлаждения топлива азот отводится в окружающую среду. Эксплуатация подобных систем характеризуется высокой недорекуперацией температуры паров азота на выходе из теплообменника, составляющей более 100 К, и, как следствие, повышенными затратами жидкого азота на охлаждение топлива [4].

В ряде существующих систем температурной подготовки КРТ охлаждение (нагрев) ракетного топлива осуществляется посредством процессов теплообмена во внешних по отношению к резервуарам хранения КРТ теплообменниках. При этом эксплуатация систем с применением внешних теплообменников и жидкого азота характеризуется недостаточной эффективностью, что приводит к повышенным затратам жидкого азота на выполнение операции охлаждения топлива, особенно в тех случаях, когда требуется проводить охлаждение КРТ до температур, близких к температуре замерзания топлива [4]. Данное обстоятельство связано с существенными энергозатратами на процесс циркуляции топлива через теплообменник при повышенной вязкости топлива.

Рассматриваются методики температурной подготовки КРТ в емкостях наземных комплексов с теплообменной рубашкой, заполненной антифризом. Операции температурной подготовки осуществляются в режиме охлаждения КРТ посредством барботажа жидким азотом антифриза в полостях теплообменной рубашки емкости-хранилища, а в режиме нагрева КРТ — посредством использования трубчатых электронагревателей, обеспечивающих нагрев антифриза, циркулирующего в теплообменной рубашке емкости-хранилища.

На основе анализа с применением разработанных методик расчета, использованных показателей эффективности СТП при охлаждении КРТ жидким азотом [4] и численного моделирования процессов теплообмена в емкостях наземных комплексов с теплообменной рубашкой, заполненной антифризом, получены данные о влиянии параметров емкости, свойств антифриза и организации процессов теплообмена анти-

фриза с топливом на характеристики охлаждения и нагрева КРТ и даны рекомендации по повышению показателей эффективности температурной подготовки топлива в емкостях, оборудованных теплообменной рубашкой.

### **Литература**

- [1] Александров А.А., Бармин И.В., Денисова К.И., Чугунков В.В. Повышение эффективности охлаждения топлива жидким азотом в емкостях со встроенными теплообменниками // XLV Академические чтения по космонавтике (Королёвские чтения): сб. тез.: в 4 т. М., 2021. Т. 2. С. 471–472.
- [2] Chugunkov V.V., Denisova K.I., Pavlov S.K. Effective models of using liquid nitrogen for cooling liquid media // AIP Conference Proceedings. 2019. Vol. 2171. Art. no. 200002. DOI: 10.1063/1.5133360
- [3] Chugunkov V.V., Denisova K.I. Fuel cooling with liquid nitrogen in a tank with a built-in heat exchanger // AIP Conference Proceedings. 2021. Vol. 2318. Art. no. 100003. DOI: 10.1063/5.0036228
- [4] Александров А.А., Бармин И.В., Денисова К.И., Чугунков В.В. Показатели эффективности охлаждения топлива с использованием жидкого азота в емкостях со встроенными теплообменниками // Инженерный журнал: наука и инновации. 2021. № 3. DOI: 10.18698/2308-6033-2021-3-2064

### **Evaluation of the Efficiency of the Temperature Preparation of Rocket Fuel in the Tanks of Ground Complexes with a Heat Exchange Jacket**

**Chugunkov Vladimir Vasilevich**

chvbmstu@bmstu.ru

*BMSTU*

**Alexandrov Anatoly Alexandrovich**

a.alexandrov@bmstu.ru

*BMSTU*

**Barmin Igor Vladimirovich**

barminkbom@mail.ru

*BMSTU, JSC "Center for the Operation of Ground-based Space Infrastructure"*

**Denisova Ksenya Igorevna**

denisova-ksenya@inbox.ru

*BMSTU, JSC "Center for the Operation of Ground-based Space Infrastructure"*

**Zolin Anatoliy Vladimirovich**

pochtatoli@mail.ru

*BMSTU*

**Pavlov Semen Konstantinovich**

Pavlov.s.k@yandex.ru

*PJSC "Cryogenmash"*

*Based on the computational analysis using the developed methods of calculation and numerical modeling of heat exchange processes in the tanks of ground complexes equipped with a heat exchange jacket, the results of studies on the evaluation of the efficiency of the processes of cooling and heating of rocket fuel components (CRT) when using liquid nitrogen in the cooling mode of the CRT, which is carried out antifreeze bubbling in the cavities of the heat exchange jacket of the storage tank, and in the heating mode of the CRT – tubular electric heaters that provide heating of antifreeze circulating in the heat exchange jacket of the storage tank.*

**Keywords:** rocket fuel, tank with heat exchange jacket, cooling, liquid nitrogen, bubbling

### **References**

- [1] Aleksandrov A.A., Barmin I.V., Denisova K.I., Chugunkov V.V. Povyshenie effektivnosti ohlazhdeniya topliva zhidkim azotom v emkostyah so vstroennymi teploobmennikami [Improving the efficien-

- cy of fuel cooling with liquid nitrogen in tanks with built-in heat exchangers]. XLV Akademicheskie chtenija po kosmonavtike (Koroljovskie chtenija): sbornik tezisov [XLV Academic readings on cosmonautics (Korolev Readings): collection of abstracts]: v 4 t. Moscow, 2021, vol. 2, pp. 471–472. (In Russ.).
- [2] Chugunkov V.V., Denisova K.I. and Pavlov S.K. Effective models of using liquid nitrogen for cooling liquid media. AIP Conference Proceedings, 2019, vol. 2171, art. no. 200002. DOI: 10.1063/1.5133360
  - [3] Chugunkov V.V., Denisova K.I. Fuel cooling with liquid nitrogen in a tank with a built-in heat exchanger. AIP Conference Proceedings, 2021, vol. 2318, art. no. 100003. DOI: 10.1063/5.0036228
  - [4] Aleksandrov A.A., Barmin I.V., Denisova K.I., CHugunkov V.V. Pokazateli jeffektivnosti ohlazhdelenija topliva s ispol'zovaniem zhidkogo azota v emkostjah so vstroennymi teploobmennikami [Fuel cooling efficiency indicators using liquid nitrogen in tanks with integrated heat exchangers]. Inzhenernyj zhurnal: nauka i innovacii [Engineering Journal: Science and Innovation], 2021, no. 3. DOI: 10.18698/2308-6033-2021-3-2064 (In Russ.).

УДК 621.865.8

## Выбор основных параметров роботизированных систем

**Шевченко Святослав Александрович**

svatoslavsevcenko350@gmail.com

ГБОУ г. Москвы «Школа № 1517»

**Рулев Сергей Васильевич**

xan-rule@ya.ru

Военная академия РВСН имени Петра Великого

Рассмотрены вопросы развития и совершенствования робототехнических комплексов. Проанализированы только самые основные параметры роботизированных средств с учетом выбора направлений их улучшения. Подвергнуты анализу колебания механической руки робота при сложном движении в процессе перемещения грузов. Представлено сложное движение руки робота в виде совместных движений «жесткого скелета» руки (переносное движение), и упругих перемещений руки по отношению к «жесткому скелету» (относительное движение). Сделан вывод, что механизмы робота должны обладать одновременно и жесткостью и упругостью, а манипуляторы — определенной силой захвата и удержания объектов заданных габаритных размеров.

**Ключевые слова:** роботизация войск, робототехнический комплекс, робот, колебания, движение руки

Одна из важнейших тенденций развития современной промышленности в мире заключается во все более широком применении роботов. Применение роботов обеспечивает технологически развитым странам большое преимущество в создании новых передовых технологий с использованием технических устройств, а также в соперничестве за рынки сбыта высокотехнологической продукции. Таким образом, создается стратегическая ситуация, когда развитые страны могут иметь военно-индустриальное превосходство, и добиться победы как в преобладании своих технических устройств на мировом рынке, так и в условиях ведения военных действий [1].

В связи с этим, совершенствование элементов структур роботов и роботизированных средств для Российской Федерации является актуальной задачей.

При выборе основных параметров роботизированных средств и направлений их совершенствования на первое место необходимо поставить — автономное энергоснабжение, так как невозможно выполнение ни одной функции без энергии. При со-

здании элементов питания нового поколения необходимо уделять внимание снижению их массогабаритных показателей при одновременном увеличении мощности. Обязательным требованием к системе питания является возможность многократной подзарядки.

Вторым основным параметром, который важен для оценки технического уровня всех типов робототехнических комплексов (РТК), является возможность надежно функционировать в сложных условиях эксплуатации. Во многом эффективность роботов зависит от чувствительных элементов датчиков информации. С учетом всё более нарастающей по объему информации следует совершенствовать существующие алгоритмы обработки данных и выбор датчиков, а также разрабатывать новые средства управления аппаратурой и программное обеспечение робототехнических комплексов.

РТК, имея достаточный запас энергии и возможность работать при любых условиях эксплуатации, в процессе своего функционирования должен осуществлять обмен данными с пунктом управления. При этом важен способ получения сигнала. При пассивном режиме энергия будет расходоваться минимально, в основном для питания сигнального процессора приемной аппаратуры. При активном способе передачи сигнала возрастет энергопотребление, а в случае применения РТК в военных действиях — он демаскирует себя. Поэтому необходимо выделить еще такой параметр, как защиту и маскировку передаваемой информации с целью снижения своей заметности.

Важную роль играет наличие и развитие приводов устройств и механизмов с целью совершенствования электромеханических и гидравлических систем в направлении повышения запаса прочности, а также увеличения времени наработки на отказ. Технические средства должны обеспечивать быстрое и эффективное выполнение поставленных задач по передвижению в сложных условиях обстановки и перемещению предметов по любой траектории, в том числе и в ограниченном пространстве.

Цель исследований в данной области — создание относительно недорогих манипуляторов, способных заменить человека в работе с опасными объектами [2–4]. При этом по скорости работы при дистанционном управлении манипулятор должен выполнять команды без заметной задержки.

Например, движение руки робота при переносе груза из начальной точки в конечную можно разделить на три этапа: разгон (первый этап); движение со скоростью, близкой к максимально возможной (второй этап); торможение (третий этап).

Для повышения быстродействия увеличивают скорости и ускорения на всех этапах движения. Однако при быстром разгоне и резком торможении возбуждаются интенсивные колебания механической руки-манипулятора, обусловленные упругими свойствами конструкции робота.

Упругие колебания, возникающие при разгоне, не имеют существенного значения, так как они успевают затухать во время второго этапа движения. Колебания, возникающие при торможении, снижают точность доставки груза в заданную конечную точку позиционирования, а время их затухания до допустимого уровня увеличивает время выполнения операции.

Характерной особенностью электромеханических роботов является расположение электродов вблизи соответствующих суставов руки и наличия редукторов с большими передаточными числами.

При горизонтальном расположении полностью вытянутой руки с грузом вертикальное перемещение схвата под действием силы тяжести может составить примерно 0,1 мм из-за изгиба звеньев и примерно 7 мм из-за закручивания редукторов.

Сложное движение руки робота можно представить, как результат совместных движений: «жесткого скелета» руки (переносное движение), которое задается приводами и характеризуется вектором-столбцом обобщенных координат; и упругих перемещений руки по отношению к «жесткому скелету» (относительное движение), которое характеризуется вектором обобщенных координат, являющихся малыми величинами.

Таким образом, механизмы робота должны обладать одновременно и жесткостью и упругостью. А манипуляторы кроме гибкости и прочности — должны обладать определенной силой захвата и удержания объектов заданных габаритных размеров.

По мере развития электронных приборов, сенсоров, элементов питания с повышенным запасом энергии, механических устройств диапазон применения робототехнических комплексов гражданского и военного назначения будет только расширяться.

## Литература

- [1] Батанов А.Ф, Грицынин С.Н., Муркин С.В. Робототехнические комплексы для обеспечения специальных операций // Специальная техника. 1999. № 6.
- [2] Рулев С.В., Шевченко С.А. Создание робототехнической машины восстановления готовности комплексов // XLV Академические чтения по космонавтике (Королёвские чтения — 2020): сб. тез.: в 4 т. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021. Т. 2. С. 490–491.
- [3] Батанов А.Ф, Грицынин С.Н., Муркин С.В. Робототехнические системы для применения в условиях чрезвычайных ситуаций // Специальная техника. 2000. № 2.
- [4] Батанов А.Ф, Грицынин С.Н., Муркин С.В. Технология применения дистанционно управляемых мобильных комплексов // Специальная техника. 2000. № 2.

## Selection of the Main Parameters of Robotic Systems

**Shevchenko Svyatoslav Aleksandrovich**  
GBOU of Moscow "School no. 1517"

svatoslavsevcenko350@gmail.com

**Rulev Sergey Vasilyevich**  
SRTMA

xan-rule@ya.ru

*The issues of development and improvement of robotic complexes are considered. Only the most basic parameters of robotic tools are analyzed, taking into account the choice of directions for their improvement. The vibrations of the robot's mechanical arm during complex movement during the movement of goods are analyzed. The complex movement of the robot arm is presented in the form of joint movements of the "rigid skeleton" of the arm (portable movement), and elastic movements of the arm in relation to the "rigid skeleton" (relative movement).*

**Keywords:** robotization of troops, robot, robotic complex, vibrations, hand movement

## References

- [1] Batanov A.F, Gritsynin S.N., Murkin S.V. Robototekhnicheskiye kompleksy dlya obespecheniya spetsial'nykh operatsiy [Robotic complexes for providing special operations]. Spetsial'naya tekhnika [Special equipment], 1999, no. 6. (In Russ.).
- [2] Rulev S.V., Shevchenko S.A. Sozdaniye robototekhnicheskoy mashiny vosstanovleniya gotovnosti kompleksov [Creation of a robotic machine for restoring the readiness of complexes]. XLV Akademicheskie chteniya po kosmonavtike (Korolevskie chteniya — 2021) [XLV Academic Readings on cosmonautics (Korolev Readings — 2021)]: collection of abstracts: in 4 vols. Moscow, BMSTU Press, 2020, vol. 2, pp. 490–491. (In Russ.).

- 
- [3] Batanov A.F, Gritsynin S.N., Murkin S.V. Robototekhnicheskiye sistemy dlya primeneniya v usloviyakh chrezvychaynykh situatsiy [Robotic systems for use in emergency situations]. Spetsial'naya tekhnika [Special equipment], 2000, no. 2, (In Russ.).
  - [4] Batanov A.F, Gritsynin S.N., Murkin S.V. Tekhnologiya primeneniya distantsionno upravlyayemykh mobil'nykh kompleksov [Technology of application of remotely controlled mobile complexes]. Spetsial'naya tekhnika [Special equipment], 2000, no. 2, (In Russ.).

УДК 629.052

## Выбор датчика для системы управления и контроля специального устройства

Шевченко Владислав Александрович vlad-schevchenko@mail.ru

Военная академия РВСН имени Петра Великого

Рулеев Сергей Васильевич xan-rule@ya.ru

Военная академия РВСН имени Петра Великого

Рассмотрены вопросы выбора датчиков для измерений, требующих определенной точности. Предложен состав преобразователей сложного измерительного устройства в системе управления и контроля для существенного повышения точности измерений при требуемом уровне измерительного сигнала. Точность систем управления и контроля в основном определяется точностью датчиков информации. По этой причине совершенствование информационных элементов для систем управления и контроля является весьма актуальной задачей.

**Ключевые слова:** система управления и контроля, измерительное устройство, преобразователь, датчик, измерение

Точность систем управления и контроля в основном определяется точностью датчиков информации. По этой причине совершенствование информационных элементов для систем управления и контроля является весьма актуальной задачей. Так как информацию необходимо передавать на определенные расстояния в каком-либо виде, наиболее удобным видом передачи информации является электрический сигнал, поэтому электрические сигналы получили наибольшее распространение в системах управления и контроля.

Следует отметить, что датчики информации должны содержать чувствительные элементы, измеряющие действие физического параметра, и преобразующие элементы, предназначенные для преобразования результата воздействия физической величины в электрический сигнал. В качестве чувствительных элементов используются различного рода упругие устройства (мембранны, трубы, сильфоны), биметаллические пластины, поплавки, маятники, грузы и т. п. [1].

Все измерительные устройства по своей структурной схеме, независимо от физической природы измеряемой величины, можно подразделить на простые и сложные. К первым относятся измерительные элементы, состоящие из одного первичного преобразователя. Ко вторым — измерительные устройства, в состав которых входит несколько преобразователей, иногда совершенно различных по физической природе. В простых измерительных устройствах один и тот же преобразователь служит как для восприятия изменений измеряемой величины, так и для формирования измеритель-

ного сигнала. В сложных измерительных устройствах функции различных преобразователей разграничены. Один из них, как правило, используется в качестве чувствительного элемента, обеспечивая восприятие измеряемой величины. Ряд других преобразователей служит как для осуществления промежуточных преобразований, так и для формирования измерительного сигнала [2].

В простом устройстве изменение измеряемой величины приводит к процессу ее преобразования в некоторый промежуточный внутренний параметр, который затем сравнивается с другим промежуточным параметром и преобразуется в измерительный сигнал. В зависимости от физических свойств преобразователя этим внутренним параметром может служить та или иная физически определенная величина. Для упругих преобразователей, например, такой величиной будет внутреннее напряжение.

Простые измерительные устройства не обеспечивают дистанционной передачи измерительного сигнала и поэтому применяются в регуляторах, допускающих только непосредственное соединение измерительного устройства со звеном регулятора.

Необходимость согласования выходных сигналов измерительного устройства с остальными элементами системы управления, усиления сигнала и передачи на большие расстояния приводят к применению сложных измерительных устройств. В сложных измерительных устройствах кроме чувствительного элемента, осуществляющего первичное преобразование измеряемой величины в промежуточный сигнал, используются различные дополнительные преобразователи и обратные связи [3–5].

Предлагается сложное измерительное устройство в качестве измерителя линейных ускорений компенсационного типа. В состав схемы входят четыре преобразователя и усилитель. Первым из них является маятниковый чувствительный элемент, предназначенный для преобразования измеряемой величины — линейного ускорения в угловое отклонение оси подвеса маятника. На оси маятника установлен индуктивный преобразователь, с выходной обмотки которого снимается напряжение, пропорциональное углу. Далее этот промежуточный сигнал усиливается в усилителе и подается на моментный двигатель, используемый в качестве вспомогательного преобразователя в цепи обратной связи измерительного устройства. Компенсирующий момент развиваемый двигателем, пропорционален величине тока навыходной нагрузке усилителя.

Применением двух вспомогательных преобразователей и усилителя достигается существенное повышение точности измерения при требуемом уровне измерительного сигнала, заданным условиями дальнейшего его использования в управляемой системе.

## Литература

- [1] Шевченко А.С., Савин С.А., Шевченко В.А. Воздушная система терmostатирования подвижной пусковой установки // XLV Академические чтения по космонавтике (Королёвские чтения — 2021): сб. тез.: в 4 т. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021. Т. 2. С. 492–493.
- [2] Сиротинкин П.И., Ивановский Б.П., Гавриленков В.И. Принципы построения технических систем и автоматических систем производственного оборудования. М.: МО РФ, 1997. 156 с.
- [3] Сабуров П.С. Учебное пособие по дисциплине «Датчики и системы автоматики». Владимир: Владимирский гос. ун-т, 2016. 101 с.
- [4] Теория автоматического управления: в 2 ч. / под ред. А.А. Воронова. М.: Высш.шк., 1986. Ч. 1. 367 с.; Ч. 2. 504 с.
- [5] Кирюшин О.В. Управление техническими системами: курс лекций. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2003. 80 с.

## **Selection of a Sensor for the Control and Monitoring System of a Special Device**

**Shevchenko Vladislav Aleksandrovich**

vlad-schevchenko@mail.ru

SRTMA

**Rulev Sergey Vasilyevich**

xan-rule@ya.ru

SRTMA

*The questions of the choice of sensors for measurements requiring a certain accuracy are considered. The composition of converters of a complex measuring device in the control and monitoring system is proposed to significantly increase the accuracy of measurements at the required level of the measuring signal. The accuracy of control and monitoring systems is mainly determined by the accuracy of information sensors. For this reason, the improvement of information elements for management and control systems is a very urgent task.*

**Keywords:** control and monitoring system, measuring device, converter, sensor, dimension

### **References**

- [1] Shevchenko A.S., Savin S.A., Shevchenko V.A. Vozdushnaya sistema termostatirovaniya podvizhnoi puskovoi ustanovki [The air temperature control system of a mobile launcher]. XLV Akademicheskie chteniya po kosmonavtike (Korolevskie chteniya — 2021) [Academic readings on cosmonautics (Korolev Readings — 2021): collection of abstracts: in 4 vols. Moscow, BMSTU Press, 2021, vol. 2, pp. 492–493. (In Russ.)].
- [2] Sirotinkin P.I., Ivanovskii B.P., Gavril'kov V.I. Printsipy postroeniya tekhnicheskikh sistem i avtomaticheskikh sistem proizvodstvennogo oborudovaniya [Principles of construction of technical systems and automatic systems of production equipment]. Moscow, MO RF Publ., 1997, 156 p. (In Russ.).
- [3] Saburov P.S. Uchebnoe posobie po distsipline "Datchiki i sistemy avtomatiki" [Textbook on the discipline "Sensors and automation systems"]. Vladimir, Vladimir State University Publ., 2016, 101 p.
- [4] Teoriya avtomaticheskogo upravleniya [Theory of automatic control]: in 2 parts. Edited by A.A. Voronov. Moscow, Vyssh. shk. Publ., 1986, part 1. 367 p.; part 2. 504 p. (In Russ.).
- [5] Kiryushin O.V. Upravlenie tekhnicheskimi sistemami: kurs lektssi [Management of technical systems: a course of lectures]. Ufa, Izd-vo UGNTU Publ., 2003, 80 p. (In Russ.).

УДК 629.198.22

## **Исследование направления повышения эффективности элементов упругопластических систем амортизации**

**Шевченко Александр Сергеевич**

23061972@bk.ru

Военная академия РВСН имени Петра Великого

**Алаев Олег Юрьевич**

alaev.oleg99@yandex.ru

Военная академия РВСН имени Петра Великого

*Рассмотрен один из путей совершенствования элементов систем амортизации. Исследован вопрос повышения энергоемкости торсионных энергопоглощающих элементов упругопластических систем амортизации путем создания оптимальной текстуры материала. Проведены расчеты, подтверждающие способность металлических стержней*

рассеивать энергию при деформации кручением, при которой обеспечивается большее удельное энергопоглощение и проще организовывается процесс знакопеременного циклического нагружения. Сделан вывод о предпочтительности использования в качестве энергопоглощающих элементов, рассеивающих энергию воздействия, торсионов, изготовленных из заготовок, получивших продольный наклеп при производстве прокатом без последующего рекристаллизационного отжига.

**Ключевые слова:** система амортизации, торсион, энергопоглощающий элемент, текстура материала

Основным источником динамического воздействия на объекты, расположенные внутри шахтных сооружений, является движение сооружения и вибрация его конструктивных элементов, возникающие в результате взрывов ядерных или обычных боеприпасов. Объектам при этом сообщаются ускорения, вызывающие инерционные нагрузки, которые могут привести к механическим повреждениям или разрушениям объектов. В случае пребывания в сооружениях личного состава он также будет подвержен динамическим воздействиям, которые могут оказаться выше допустимых пределов и приведут к поражениям жизненно важных органов или временной потере работоспособности [1].

Система амортизации (СА) позволяет существенно снизить нагрузки, передаваемые на защищаемый объект, но при этом значительное повышение защищенности специальных фортификационных сооружений (СФС) от механического воздействия может быть достигнуто на основе совершенствования существующих и разработки новых систем амортизации [2, 3]. Совершенствования систем амортизации можно добиться:

- выбором оптимальных параметров СА;
- разработкой новых конструктивных решений СА;
- использованием энергоемких процессов поглощения энергии;
- повышением удельных характеристик элементов СА.

Проведенный анализ существующих и перспективных систем противоударной защиты позволил сделать вывод, что во многих случаях наиболее целесообразно для снижения динамических нагрузок использовать телескопические торсионные амортизаторы, принцип действия которых основан на рассеивании энергии воздействия при упругопластическом кручении металлических стержней. Торсионные упругопластические системы амортизации на телескопических связях способны защитить объекты от ударных воздействий различного уровня и обеспечить снижение перегрузок до допустимых значений.

Целесообразность разработки пластических систем, обусловлена высокой удельной энергоемкостью, оптимальностью силовой характеристики, относительной простотой и технологичностью конструкций. К настоящему времени предложено много конструктивных решений, использующих практически все виды пластической деформации и их комбинации. Сравнительный анализ процессов рассеяния энергии при различных видах пластических деформаций показал, что для целей амортизации наиболее целесообразно использовать способность металлических стержней рассеивать энергию при деформации кручением, при которой обеспечивается большее удельное энергопоглощение и проще организовывается процесс знакопеременного циклического нагружения, что особенно актуально при многократном воздействии на объекты РВЧН высокоточным оружием [4].

В работе исследуются пути повышения энергоемкости торсионных энергопоглощающих элементов упругопластических систем амортизации путем создания оптимальной текстуры материала.

Для создания эффективных торсионных систем амортизации необходимо получение оптимальных силовых характеристик рабочих элементов в совокупности с максимальным ресурсом их работы. Эти характеристики определяют качество системы амортизации. Наиболее близкой характеристикой обладают амортизаторы, использующие пластическую деформацию металлических элементов, сопровождающуюся максимально возможной, по сравнению с любыми другими способами, удельной диссипацией энергии.

По результатам расчетов при исследовании кручения при статических и квазистатических режимах нагружения, и металлографических исследований торсионов разных групп (без наклена, с предварительным продольным наклепом, осуществленным прокатом и наклепом кручением), сделан вывод о предпочтительности использования в качестве энергопоглощающих элементов, рассеивающих энергию воздействия, торсионов, изготовленных из заготовок, получивших продольный наклеп при производстве прокатом без последующего рекристаллизационного отжига. Для снятия внутренних напряжений торсионы могут подвергаться только неполному отжигу или, для формирования требуемых свойств, закалке и последующему отпуску при температуре нагрева ниже рекристаллизационной.

## Литература

- [1] Чикалов Н.В., Дерюшев В.В. Пусковые установки и командные пункты ракетных комплексов. М.: МО РФ, 2005. 350 с.
- [2] Суровцев Ю.А. Амортизация радиоэлектронной аппаратуры. М.: Сов. радио, 1974. 176 с.
- [3] Круглов Ю.А., Зюзников В.П., Синильщиков Б.Е., Синильщиков В.Б. Разработка методов и средств повышения эффективности пусковых установок для вертикального старта ракет из транспортно-пусковых контейнеров на основе математического моделирования процессов в пусковых установках. Этап 4. Разработка математических моделей процессов в газогидравлических амортизаторах ПУ, схемных решений амортизаторов. Отчет по научно-исследовательской работе. СПб.: БГТУ, 2011. 124 с.
- [4] Шевченко А.С., Жапов Ц.Б. Разработка технологии повышения эффективности упругопластических систем амортизации // XLIII Академические чтения по космонавтике (Королёвские чтения — 2019): сб. тез.: в 2 т. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019. Т. 1. С. 337–338.

## Investigation of the Direction of Increasing the Efficiency of Elements of Elastic-Plastic Shock Absorption Systems

*Shevchenko Aleksandr Sergeevich*

23061972@bk.ru

SRTMA

*Alaev Oleg Yuryevich*

alaev.oleg99@yandex.ru

SRTMA

*One of the ways to improve the elements of depreciation systems is presented. The issue of increasing the energy intensity of torsion energy-absorbing elements of elastic-plastic shock absorption systems by creating an optimal texture of the material is investigated. Calculations have been carried out confirming the ability of metal rods to dissipate energy during torsion deformation, in which a greater specific energy absorption is provided and the process of alternating cyclic loading is easier to organize.*

**Keywords:** shock absorption system, torsion, energy absorbing element, material texture

## References

- [1] Chikalov H.B., Deryushev V.V. Puskovyye ustavok i komandnyye punkty raketnykh kompleksov [Missile launchers and command posts]. Moscow, MO RF Publ., 2005, 350 p. (In Russ.).
- [2] Surovtsev Yu.A. Amortizatsiya radioelektronnoy apparatury [Depreciation of electronic equipment]. Moscow, Sov. Radio Publ., 1974, 176 p. (In Russ.).
- [3] Kruglov Yu.A., Zyuzlikov V.P., Sinil'shchikov B.E., Sinil'shchikov V.B. Razrabotka metodov i sredstv povysheniya effektivnosti puskovykh ustavok dlya vertikal'nogo starta raket iz transportno-puskovykh konteynerov na osnove matematicheskogo modelirovaniya protsessov v puskovykh ustavokakh. Etap 4. Razrabotka matematicheskikh modeley protsessov v gazogidravlicheskikh amortizatorakh PU, skhemnykh resheniy amortizatorov [Development of methods and means to improve the efficiency of launchers for vertical launch of missiles from transport and launch containers based on mathematical modeling of processes in launchers. Stage 4. Development of mathematical models of processes in gas-hydraulic shock absorbers PU, circuit solutions of shock absorbers]. Otchet po nauchno-issledovatel'skoy rabote. Saint Petersburg, BGTU Publ., 2011, 124 p. (In Russ.).
- [4] Shevchenko A.S., Zhapov TS.B. Razrabotka tekhnologii povysheniya effektivnosti uprugoplasticheskikh sistem amortizatsii [Development of technology to improve the efficiency of elastic-plastic shock absorption systems]. XLIII Akademicheskiye chteniya po kosmonavtike (Korolevskie chteniya — 2019) [XLIII Academic Readings on cosmonautics (Korolev Readings — 2019)]: collection of abstracts: in 2 vols. Moscow, Bauman Press, 2019, vol. 1, pp. 337–338. (In Russ.).

УДК 697.9

## Методика разработки системы вентиляции для специального сооружения

**Шевченко Александр Сергеевич**

23061972@bk.ru

Военная академия РВСН имени Петра Великого

**Ошкин Дмитрий Алексеевич**

1klass-98-98@mail.ru

Военная академия РВСН имени Петра Великого

Проведен анализ современных требований, предъявляемых к приточно-рециркуляционной и вытяжной системе вентиляции, известных технических решений, методов их проектирования и монтажа. Обоснован рациональный состав, параметры и режимы работы системы вентиляции, обеспечивающие необходимые состав и параметры воздуха, при более экономичном ее функционировании. Проведена разработка математических моделей и обоснование выбора исполнительных элементов приточно-рециркуляционной и вытяжной системы вентиляции.

**Ключевые слова:** система вентиляции, проектирование, рабочие параметры, состав воздуха, методика

Системы вентиляции и кондиционирования воздуха имеют общее предназначение — создание требуемого температурно-влажностного режима (ТВР) в помещениях, хотя каждая из них имеет свои специфические свойства и возможности. Ввиду широкого диапазона изменения внешних условий и внутренних факторов в изолированных помещениях далеко не всегда можно с помощью отдельно взятой системы вентиляции или кондиционирования воздуха обеспечить необходимый ТВР [1].

Основной задачей, решаемой с помощью систем вентиляции и кондиционирования воздуха, является поддержание в различных сооружениях и объектах определён-

ных параметров внутреннего воздуха (температура, влажность, подвижность, чистота), соответствующих как требованиям технологических процессов, так и медико-техническим требованиям по обитаемости объектов. При этом автоматически поддерживающим постоянство микроклиматических условий являются системы кондиционирования воздуха. Эффективность и долговечность систем вентиляции и кондиционирования воздуха зависят от качества проекта, монтажа, наладки и эксплуатации их людьми [2].

Приточные системы вентиляции обеспечивают подачу наружного воздуха в помещения. Определяющим признаком приточной вентиляции является избыточное давление в вентилируемом помещении. Это обстоятельство исключает поступление воздуха в вентилируемое помещение из соседних помещений или окружающей среды. Избыток воздуха из помещения удаляется под действием избыточного давления через клапаны избыточного давления или неплотности в ограждающих конструкциях.

Эффективность общеобменной вентиляции по поддержанию требуемых параметров воздушной среды изолированных помещений в значительной мере зависит от параметров наружного воздуха, которые, в свою очередь, широко изменяются со сменой времени года, суток, состояния погоды. Поэтому всегда приходится прибегать к искусственноому изменению параметров вентиляционного воздуха. Эффективность работы общеобменной вентиляции определяется как количеством подаваемого в вентилируемые помещения воздуха, так и схемой организации воздухообмена внутри помещений.

Под рабочими параметрами систем вентиляции и кондиционирования будем понимать их производительность по воздуху и теплоте, которая обеспечивает удаление из помещения избытков теплоты, влаги и газовых примесей или их разбавление до допустимых концентраций.

При проектировании систем и выборе режима их работы отдельно определяется потребный воздухообмен для удаления избытков теплоты, влаги и газовых примесей. В качестве рабочего принимается тот, который окажется наибольшим.

Предлагается методика разработки системы вентиляции для специального сооружения. Предлагаются состав оборудования и проведенные расчеты для элементов оборудования входящих в систему. Система спроектирована с использованием в ней максимального количества покупных, заимствованных и унифицированных сборочных единиц, и деталей. Оригинальные сборочные единицы и детали могут иметь перспективу применения в новых разработках этой тематики.

Системы вентиляции и кондиционирования воздуха в специальных сооружениях хотя и имеют важное значение, но не являются основными для выполнения боевой задачи. Поэтому управление их оборудованием и контроль за их работой должны быть автоматизированными [3].

В ходе создания методики разработки системы вентиляции для специального сооружения решались следующие задачи:

1. Анализ современных требований, предъявляемых к приточно-рециркуляционной и вытяжной системе вентиляции, известных технических решений, методов их проектирования и монтажа [4].

2. Разработка математических моделей и обоснование выбора исполнительных элементов приточно-рециркуляционной вентиляции.

3. Разработка методики обоснования структуры и параметров приточно-рециркуляционной системы вентиляции специального сооружения.

Таким образом, был обоснован рациональный состав, параметры и режимы работы приточно-рециркуляционной системы вентиляции, обеспечивающие необходимые состав и параметры воздуха, при более экономичном ее функционировании.

### **Литература**

- [1] Чикалов Н.В., Дерюшев В.В. Пусковые установки и командные пункты РК. МО РФ, 2005. 350 с.
- [2] Краснов Ю.С., Борисоглебская А.П., Антипов А.В. Системы вентиляции и кондиционирования. Рекомендации по проектированию, испытаниям и наладке. М.: ТермоKул, 2004. 373 с.
- [3] Шевченко А.С., Еналеев Э.Р. Система обеспечения температурно-влажностного режима специального сооружения // XLV Академические чтения по космонавтике (Королёвские чтения — 2021): сб. тез.: в 4 т. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021. Т. 2. С. 493–494.
- [4] Афанасьева Р.Ф., Константинов Е.И., Кузьмин М.С., Павлов Н.Н. Вентиляция. Оборудование и технологии. М.: Стройинформ, 2007. 424 с.

## **Methodology for the Development of a Ventilation System for a Special Facility**

**Shevchenko Aleksandr Sergeevich**

23061972@bk.ru

SRTMA

**Oshkin Dmitriy Alekseevich**

1klass-98-98@mail.ru

SRTMA

*The analysis of modern requirements for the supply-recirculation and exhaust ventilation system, known technical solutions, methods of their design and installation is carried out. The rational composition, parameters and modes of operation of the ventilation system, providing the necessary composition and parameters of the air, with its more economical functioning, are substantiated. The development of mathematical models and justification of the choice of executive elements of the supply-recirculation and exhaust ventilation system has been carried out.*

**Keywords:** ventilation system, design, operating parameters, composition of air, methodology

### **References**

- [1] Chikalov H.B., Deryushev V.V. Puskovye ustanovki i komandnye punkty RK [Missile launchers and command posts]. MO RF Publ., 2005. 350 p. (In Russ.).
- [2] Krasnov Yu.S., Borisoglebskaya A.P., Antipov A.V. Sistemy ventilyatsii i konditsionirovaniya. Rekomendatsii po proektirovaniyu, ispytaniyam i naladke [Ventilation and air conditioning systems. Recommendations for design, testing and commissioning]. Moscow, TermoKul Publ., 2004. 373 p. (In Russ.).
- [3] Shevchenko A.S., Enaleev E.R. Sistema obespecheniya temperaturno-vlazhnostnogo rezhima spetsial'nogo sooruzheniya [System for ensuring the temperature and humidity regime of a special structure]. XLV Akademicheskie chteniya po kosmonavtike (Korolevskie chteniya — 2021) [Academic Readings on cosmonautics (Korolev Readings — 2021)]: collection of abstracts: in 4 vols. Moscow, BMSTU Press, 2021, vol. 2, pp. 493–494. (In Russ.).
- [4] Afanas'eva R.F., Konstantinov E.I., Kuz'min M.S., Pavlov N.N. Ventilyatsiya. Oborudovanie i tekhnologii [Ventilation. Equipment and technologies]. Moscow, Stroyinform Publ., 2007. 424 p. (In Russ.).

УДК 629.7.071

## Сравнительный анализ динамических режимов работы компоновочных вариантов системы вертикализации для перспективной ракеты космического назначения сверхтяжелого класса

Языков Андрей Владиславович

andr\_yaz@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Никитин Александр Олегович

Alexandr\_nikitin1997@mail.ru

Филиал АО «Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры» — НИИ стартовых комплексов имени В.П.Бармина

Зотов Василий Глебович

alexandr\_nikitin1997@bk.ru

Филиал АО «Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры» — НИИ стартовых комплексов имени В.П.Бармина

Проведен сравнительный анализ динамических процессов, протекающих на различных этапах работы одного из рассматриваемых видов исполнения системы вертикализации и установки перспективной ракеты космического назначения сверхтяжелого класса «Енисей» на пусковой стол — подъемно-установочного агрегата с двумя осями кантования для нескольких вариантов его компоновки. Сделаны выводы о достоинствах и недостатках предлагаемых для реализации в агрегате конструктивных решений, предложены методы снижения динамических нагрузок в специфичных режимах работы рассмотренных вариантов подъемно-установочных агрегатов.

**Ключевые слова:** ракета космического назначения, установщик, подъемно-установочный агрегат, система вертикализации

В настоящее время во многих странах мира, осуществляющих активную космическую деятельность, планируется или уже ведется разработка космических ракетных комплексов сверхтяжелого класса, имеющих в своем составе ракету космического назначения (РКН), позволяющую выводить на низкую опорную орбиту полезный груз массой свыше 100 т. В России рассматривается вариант создания РКН сверхтяжелого класса (СТК) «Енисей», предназначенный для реализации перспективных программ освоения Луны и дальнего космоса [1].

Одним из рассматриваемых вариантов системы вертикализации и установки РКН «Енисей» на пусковой стол (ПС) является подъемно-установочный агрегат (ПУА) оригинальной конструкции с двумя осями кантования. Агрегаты такого типа ранее не применялись в отечественных ракетных комплексах [2, 3]. Наличие двух осей кантования позволяет снизить нагрузки на стрелу и механизм вертикализации ПУА, а также частично на транспортно-установочную тележку (ТУТ) за счет передачи части веса РКН и тележки непосредственно на ПС через шарнирный узел стартово-стыковочного блока (ССБ), входящего в состав РКН. В силу того что часть нагрузки от изделия передается на стрелу ПУА, принцип действия агрегата в целом аналогичен работе установщика с подъемной рамой, однако имеются и специфичные режимы работы с высоким динамическим нагружением элементов конструкции, характерные только для агрегатов с двумя осями кантования.

Первый специфичный режим «Перевешивание» реализуется при подъеме стрелы в момент перехода, вызванного перемещением центра масс системы ССБ — ТУТ — ПС за ось поворота ТУТ, в результате чего возникает скачкообразное изменение знака

опрокидывающего момента и, как следствие, удар в узле стыковки ТУТ — ПУА ввиду свободной выборки технологического зазора между элементами механизма узла.

Вторым специфичным режимом является режим «Передача веса», связанный в одних вариантах компоновки с выдвижением опор стартового стола, в других — с разновременным началом нагружения жестких опор ввиду организации передачи веса непосредственно в процессе вращательного движения ракеты при кантовании на ПУА. Способ передачи веса путем выдвижения опор редко применялся в отечественной практике, в основном на стартовых комплексах (СК) РН легкого класса, а также в пусковой установке ракеты-носителя сверхтяжелого класса «Н1». Установка на жесткие опоры применялась на СК для РКН СТК «Энергия», однако в этом комплексе в процессе передачи веса ракета перемещалась вертикально и опоры пускового стола нагружались одновременно.

Для оценки параметров динамического нагружения элементов конструкции системы вертикализации РКН в исследуемых режимах работы были составлены конечно-элементные модели с использованием разработанного на кафедре «Стартовые ракетные комплексы» МГТУ им. Н.Э. Баумана программного комплекса Sadas [4–6]. В ходе расчета рассматривались различные комбинации приложения эксплуатационных воздействий от веса изделия, ветра, а также воздействие от выдвижения опор пускового стола по предварительно заданному алгоритму без выравнивания усилий при подъеме.

В результате проведенных расчетов были получены графики усилий в нелинейных связях в узлах сопряжения ТУТ с ПУА и стартово-стыковочного блока РКН с ПС, графики перемещений, скоростей и ускорений центра масс космической головной части РКН для всех рассматриваемых вариантов исполнения узлов стыковки ТУТ — ПУА системы вертикализации и способов передачи веса РКН на пусковой стол.

На основе результатов расчетов проведен сравнительный анализ параметров динамических процессов, протекающих на различных этапах работы рассматриваемых компоновочных вариантов подъемно-установочного агрегата для РКН «Енисей». Сделаны выводы о достоинствах и недостатках предлагаемых для реализации вариантов компоновки системы вертикализации РКН, проведен подбор рабочих параметров конструктивных элементов, предлагаемых к включению в состав системы для снижения динамических нагрузок на изделие в специфичных режимах работы рассмотренных вариантов компоновки подъемно-установочного агрегата.

## Литература

- [1] НТС по космическому ракетному комплексу сверхтяжелого класса. URL: <https://www.roscosmos.ru/27720/> (дата обращения 29.11.2021).
- [2] Технологические объекты наземной инфраструктуры ракетно-космической техники: инженерное пособие. Кн. 2 / под общей ред. И.В. Бармина, М.: Полиграфикс РПК, 2006. 376 с.
- [3] Бирюков Г.П., Манаенков Е.Н., Левин Б.К. Технологическое оборудование отечественных ракетно-космических комплексов / под ред. А.С. Фадеева, А.В. Торпачева. М.: Рестарт, 2011. 600 с.
- [4] Абакумов В.С., Зверев В.А., Ломакин В.В., Чугунков В.В., Языков А.В. Методический аппарат для расчетного анализа прочности конструкций стартового комплекса ракет-носителей серии «Союз» // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение. 2008. Спец. выпуск. С. 124–130.
- [5] Зверев В.А., Ломакин В.В., Языков А.В. Расчет нагрузок на ферменные конструкции агрегатов стартового комплекса при газодинамическом и ветровом воздействии // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2013. № 3. С. 179–190.
- [6] Ломакин В.В. Построение открытой системы динамического анализа конечно-элементного комплекса // Инженерный вестник. 2016. № 10. С. 3.

## Comparative Analysis of the Dynamic Modes of Operation of the Layout Variants of the Verticalization System for a Promising Super-Heavy Space Rocket

**Yazykov Andrey Vladislavovich**

andr\_yaz@bmstu.ru

BMSTU

**Nikitin Alexander Olegovich**

Alexandr\_nikitin1997@mail.ru

Branch of JSC "Center for the Operation of Ground-based Space Infrastructure" — Research Institute of Launch Complexes named after V.P. Barmin

**Zotov Vasiliy Glebovich**

alexandr\_nikitin1997@bk.ru

Branch of JSC "Center for the Operation of Ground-based Space Infrastructure" — Research Institute of Launch Complexes named after V.P. Barmin

*The paper presents a comparative analysis of the dynamic processes occurring at various stages of operation of one of the considered types of verticalization system and the installation of a promising space rocket of the super-heavy class "Yenisei" on the launch pad — a lifting and installation unit with two tilting axes for several variants of its layout. Conclusions are made about the advantages and disadvantages proposed for implementation in the unit of design solutions, methods for reducing dynamic loads in specific operating modes of the considered options of lifting and installation units are proposed.*

**Keywords:** space rocket, installer, launch vehicle, lifting and installation unit, verticalization system

### References

- [1] NTS po kosmicheskому raketnomu kompleksu sverkhtyazhelogo klassa [NTS on the superheavy-class space rocket complex]. Available at: <https://www.roscosmos.ru/27720/> (accessed November 29, 2021) (In Russ.).
- [2] Tekhnologicheskie ob"ekty nazemnoi infrastruktury raketno-kosmicheskoi tekhniki: inzhenernoe posobie [Technological objects of the ground infrastructure of rocket and space technology: an engineering manual]. Book 2. Edited by I.V. Barmin. Moscow, Polygrafix PKK Publ., 2006, 376 p. (In Russ.).
- [3] Biryukov G.P., Manaenkov E.N., Levin B.K. Tekhnologicheskoe oborudovanie otechestvennykh raketno-kosmicheskikh kompleksov [Technological equipment of domestic rocket and space complexes]. Edited by A.S. Fadeev, A.V. Torpachev. Moscow, Restart Publ., 2011, 600 p. (In Russ.).
- [4] Abakumov V.S., Zverev V.A., Lomakin V.V., Chugunkov V.V., Yazykov A.V. Metodicheskii apparat dlya rascheta analiza prochnosti konstruktsii startovogo kompleksa raket-nositelei serii "Soyuz" [Methodological apparatus for computational analysis of structural strength of the launch complex of Soyuz series launch vehicles]. Vestnik MGTU im. N.E. Baumana. Ser. Mashinostroenie [Bulletin of Bauman Moscow State Technical University. Ser. Mashinostroenie], 2008, special issue, pp. 124–130. (In Russ.).
- [5] Zverev V.A., Lomakin V.V., Yazykov A.V. Raschet nagruzok na fermennye konstruktsii agregatov startovogo kompleksa pri gazodinamicheskem i vetrovom vozdeistvii [Calculation of loads on truss structures of launch complex units under gas-dynamic and wind action]. Nauka i obrazovanie: nauchnoe izdanie MGTU im. N.E. Baumana [ Science and Education: Scientific edition of BMSTU], 2013, vol. 3, pp. 179–190. (In Russ.).
- [6] Lomakin V.V. Postroenie otkrytoi sistemy dinamicheskogo analiza konechno-elementnogo kompleksa [Construction of an open system of dynamic analysis of a finite element complex]. Inzheinerney vestnik [Engineering Bulletin], 2016, vol. 10, p. 3. (In Russ.).

УДК 629.7.08

## Развертывание тросовой сети для обеспечения передвижения и работы на поверхности астероида методом набрасывания

**Якубенко Яна Геннадьевна** yana.jakubenko@yandex.ru

*МГТУ им. Н.Э. Баумана*

**Игрицкий Владимир Александрович** igritsky\_v\_a@mail.ru

*МГТУ им. Н.Э. Баумана*

**Майорова Вера Ивановна** mayorova@bmstu.ru

*МГТУ им. Н.Э. Баумана*

**Павлов Владимир Дмитриевич** pavlovvladimir1999@gmail.com

*МГТУ им. Н.Э. Баумана*

*Рассмотрены вопросы развертывания на поверхности небесных тел с малой гравитацией тросовой сети для обеспечения передвижения по их поверхности и проведения других операций на примере межзвездного астероида 1I/Оумуамуа. Показаны возможные различные варианты форм, материалов и способов закрепления сети. С помощью специально разработанного программного обеспечения проанализирована динамика движения сети при ее развертывании методом накидывания.*

**Ключевые слова:** исследование астероида, развертывание тросовой системы, сеть, передвижение по поверхности астероидов, астероид

Одной из наиболее существенных сложностей, возникающих при планировании долговременных контактных исследований и освоении малых небесных тел, является характерные для их поверхности условия экстремально низких значений ускорения свободного падения. Эти условия делают невозможным или существенно осложняют перемещение космических аппаратов по поверхности этих небесных тел с помощью традиционных видов шасси, а также проведение бурильных и землеройных работ для получения образцов породы и грунта.

В рамках Международной молодежной научной школы «Исследование космоса: теория и практика — 2021» (SDTP-2021), проводимой онлайн Учебно-научным молодежным космическим центром МГТУ им. Н.Э. Баумана был выполнен междисциплинарный коллективный научно-технический проект «Разработка концепции создания космической системы для комплексного исследования астероида 1I/Оумуамуа». Первый достоверно известный межзвездный объект в Солнечной системе — астероид 1I/Оумуамуа — был обнаружен в 2017 г. [1, 2]. Астероид имеет ранее не встречавшуюся среди небесных тел степень удлинения, вследствие чего он является очень интересным объектом для исследований. В рамках проекта была, помимо прочего, проанализирована возможность развертывания на поверхности астероида 1I/Оумуамуа тросовой сети для дальнейшего ее использования в качестве транспортной инфраструктуры при контактном долговременном исследовании этого астероида.

Отличительной особенностью по сравнению с ранее рассмотренными случаями использования подобной инфраструктуры [3] является возможность полного покрытия такого небольшого небесного тела, как астероид 1I/Оумуамуа, системой тросов, обеспечивающих удержание аппаратов для исследования астероида на его поверхности. Развертывание тросовой сети на поверхности астероида предлагается выполнить

методом набрасывания раскрытой сети на астероид, ранее предлагавшимся для борьбы с космическим мусором [4]. В работе предложена конструкция модуля космического аппарата для хранения сложенной сети в течение длительного полета к астероиду и обеспечения её равномерного раскрытия в процессе вылета. Выброс сети из космического аппарата и ее предварительное развертывание предложено выполнять с использованием твердотопливных ракет.

Для подтверждения возможности такого развертывания было разработано специальное программное обеспечение, позволяющее осуществлять расчет процесса взаимодействия тросовой сети с поверхностью астероида при ее развертывании. Было рассмотрено несколько вариантов формы сети, обеспечивающих полное покрытие поверхности астероида при минимальном количестве тросов в системе, построена расчетная схема сети для анализа внутренних силовых факторов, возникающих при захвате астероида, и анализа динамики взаимодействия сети с поверхностью небесного тела. Подобраны материалы сети, обеспечивающие необходимые прочностные и массовые характеристики. С помощью этого программного обеспечения было проведено численное моделирование процесса обрачивания сети вокруг астероида, подтвердившее возможность развертывания тросовой сети предложенной конструкцией на поверхности астероида методом накидывания.

В работе рассмотрены различные варианты закрепления сети на астероиде после ее развертывания. В качестве основного способа, обеспечивающего высокую надежность выполнения поставленной задачи, предлагается использование специальных автоматических космических аппаратов (робототехнических комплексов), которые при окончании обертывания астероида сетью должны обеспечить скрепление основных тросов сети между собой. Способ предполагает одновременную работу нескольких космических аппаратов, размещенных на концах диаметральных тросов сети. Эти космические аппараты, уже прикрепленные к одному из тросов, при касании астероида во время обертывания сети должны захватить другой трос, уже находящийся на астероиде, после чего обеспечить их надежное скрепление с требуемым натяжением сети. Для обеспечения попадания в трос эти космические аппараты могут быть оснащены собственными двигательными установками, либо иметь возможность двигаться вдоль троса, на котором они закреплены. Альтернативным вариантом закрепления сети может служить использование специальных крюковых захватов, расположенных на некотором протяжении на концах диаметральных тросов сети таким образом, чтобы при падении каждого из этих концов тросов на уже обернутый сетью астероид обеспечивался достаточно надежный захват как минимум одного из уже находящихся на его поверхности тросов сети.

Полученные в работе результаты могут быть применены как в перспективных проектах по исследованию и освоению различных малых небесных тел, так и при решении задач борьбы с крупногабаритным космическим мусором.

## Литература

- [1] Small Asteroid or Comet “Visits” from Beyond the Solar System. URL: <https://www.nasa.gov/feature/jpl/small-asteroid-or-comet-visits-from-beyond-the-solar-system> (дата обращения 07.11.2021).
- [2] Jewitt D., Luu J., Rajagopa J., Kotulla R., Ridgway S., Liu W. Interstellar Interloper 1I/2017 U1: Observations from the NOT and WIYN Telescopes. URL: <http://www2.ess.ucla.edu/~jewitt/papers/2017/JLR17.pdf> (дата обращения: 17.07.2021).

- [3] Игрицкая А.Ю., Игрицкий В.А., Майорова В.И., Павлюченко В.А., Денисов М.А., Тепло Ф.А., Грэхэм К.Л., Содано М.А. Концепция создания обитаемой базы на Фобосе // XLIV Академические чтения по космонавтике, посвященные памяти С.П. Королёва и других выдающихся отечественных ученых — пионеров освоения космического пространства «Королёвские чтения»: сб. тезисов. В 2 т. М., 2020. С. 609–612.
- [4] Qingquan C., Zhang Q., Gao Q., Feng Z., Tang Q., Zhang G. Design and optimisation of a space net capture system based on a multi-objective evolutionary algorithm // Acta Astronautica. 2019. Vol. 167. DOI: 10.1016/j.actaastro.2019.11.003

## The Deployment of Space Net System for Providing Spacecraft Movement and Operating on the Asteroid Surface

**Yakubenko Yana Gennadievna**

yana.jakubenko@yandex.ru

*BMSTU*

**Igritskii Vladimir Alexandrovich**

igritsky\_v\_a@mail.ru

*BMSTU*

**Mayorova Vera Ivanovna**

mayorova@bmstu.ru

*BMSTU*

**Pavlov Vladimir Dmitrievich**

pavlovvladimir1999@gmail.com

*BMSTU*

*This paper considers issues of capturing celestial bodies with low gravity by net system to provide the possibility of movement on their surface and other operations by the example of the interstellar asteroid 1I/Oumuamua. Possible variants of the forms, materials and fixing tools for the net system were proposed. Special software was developed to analyze the dynamics of network movement during its deployment.*

**Keywords:** asteroid, net system, net, throwing, movement on the surface of asteroids, low-gravity celestial bodies

## References

- [1] Small Asteroid or Comet “Visits” from Beyond the Solar System. Available at: <https://www.nasa.gov/feature/jpl/small-asteroid-or-comet-visits-from-beyond-the-solar-system> (accessed November, 07, 2021)
- [2] Jewitt D., Luu J., Rajagopa J., Kotulla R., Ridgway S., Liu W. Interstellar Interloper 1I/2017 U1: Observations from the NOT and WIYN Telescopes. Available at: <http://www2.ess.ucla.edu/~jewitt/papers/2017/JLR17.pdf> (accessed July, 17, 2021).
- [3] Igritskaya A.Yu., Igritskiy V.A., Mayorova V.I., Pavlyuchenko V.A., Denisov M.A., Teplo F.A., Grekhem K.L., Sodano M.A. Kontseptsiya sozdaniya obitaemoy bazy na Fobose [he concept of creating a habitable base on Phobos]. Proceedings of the XLIV Academic Space Conference, dedicated to the memory of academician S.P. Korolev and other outstanding national scientists — pioneers of space exploration “Korolev Academic Space Conference”. In 2 vol. Moscow, 2020, pp. 609–612. (in Russ.).
- [4] Qingquan C., Zhang Q., Gao Q., Feng Z., Tang Q., Zhang G. Design and optimisation of a space net capture system based on a multi-objective evolutionary algorithm. Acta Astronautica, 2019, vol. 167. DOI: 10.1016/j.actaastro.2019.11.003

УДК 629.78.085

## Оценка теплозащитных покрытий стартовых сооружений

**Ярославцева Мария Михайловна**

lostgalaxy74@yandex.ru

Филиал ФГУП «ЦЭНКИ» — Научно-исследовательский институт  
стартовых комплексов имени В.П. Бармина

**Абдурашидов Темирлан Олегович**

lexx.957.lq@gmail.com

Филиал ФГУП «ЦЭНКИ» — Научно-исследовательский институт  
стартовых комплексов имени В.П. Бармина

*Рассмотрена пассивная защита газоотражателей. Приведены результаты сравнительного анализа стойкости материалов теплозащитных покрытий к разрушающему воздействию газодинамического разрушения. Для обеспечения большей долговечности подобных защитных покрытий разработаны новые способы закрепления листов, которые допускают деформацию листа при газодинамическом воздействии. На примере образцов проведен сравнительный имитационный анализ для каждого способа закрепления.*

**Ключевые слова:** теплозащитное покрытие, газоотражатель, газодинамическая нагрузка, металлооблицовка

Газоотражатели используются для отвода горячих газов от донной части ракеты. В сочетании с активной системой защиты в виде подачи воды главным образом снижаются только акустические нагрузки. Другая часть нагрузок, от давления продуктов сгорания и теплового шока, полностью передается в газоотражатель [1].

В газоотражателях в качестве пассивной защиты конструкции сооружения используются различные виды огнестойких материалов. В отечественной практике такой защитой является металлооблицовка, в зарубежной практике — огнеупорные бетоны различных марок.

Длительная эксплуатация показала, что при многократных пусках образуются обширные повреждения на газоотражателях [2]. Повреждения со временем приобретают характер, способствующий такому состоянию, при котором устройство начинает представлять опасность для космических ракет-носителей вследствие разрушения. К тому же разрушение отражателя несет дополнительные финансовые убытки на капитальный ремонт конструкции и отсрочку окон запуска полезной нагрузки.

В данной работе проводится сравнительный анализ используемых материалов теплозащитных покрытий и технологий монтажа облицовки. Описываются функциональные возможности, достоинства и недостатки теплозащитных покрытий и способов их монтажа. Определяются перспективные направления развития пассивной защиты для стартовых сооружений различного базирования.

Анализ показал, что на сегодняшний день наилучшую сопротивляемость газодинамической нагрузке оказывает металлооблицовка в виде пластин [3]. Для обеспечения большей долговечности таких защитных покрытий были разработаны новые способы закрепления листов, которые допускают деформацию листа при воздействии газовой струи от ракетного двигателя. Предложенные варианты закрепления позволяют увеличить промежутки времени между проведением очередных ремонтно-восстановительных работ.

Был проведен динамический анализ напряженно-деформированного состояния для каждого способа закрепления облицовочных листов при действии газодинамиче-

ской нагрузки. По результатам имитационного компьютерного моделирования, была определена теоретическая долговечность для каждого из образцов.

Результаты данной работы могут использоваться для определения ресурса металлооблицовки. Методика проведения расчетного анализа может использоваться для оценки новых теплозащитных покрытий, состоящих из бетонов или композиционных материалов [4].

## **Литература**

- [1] Zhou Z., Lu C., Zhao C., Le G. Numerical simulations of water spray on flame deflector during the four-engine rocket launching // Advances in Space Research. 2020. Vol. 65, no. 4. Pp. 1296–1305.
- [2] Calle L.M., Hintze P.E., Parlier C.R., Coffman B.E., Kolody M.R., Curran J.P., Trejo D., Relnschmldt K., Hyung J.K. Refractory Materials for Flame Deflector Protection System Corrosion Control: Flame Deflector Protection System Life Cycle Cost Analysis Report / National Aeronautics and Space Administration. Kennedy Space Center. Hanover, 2009. 74 p.
- [3] Бирюков Г.П., Бут А.Б., Хотулев В.А., Фадеев А.С. Газодинамика стартовых комплексов. М.: Рестарт, 2012. 364 с.
- [4] Cox S. Processing and characterization of continuous basalt fiber reinforced ceramic matrix composites using polymer derived ceramics. Orlando, Florida: University of Central Florida, 2014. 118 p.

## **Assessment of Thermal Protective Coatings of Launch Facilities**

**Yaroslavtseva Maria Mihailovna**

lostgalaxy74@yandex.ru

*Branch of FSUE "TSENKI" — Research Institute of Launch Complexes named after V.P. Barmin*

**Abdurashidov Temirlan Olegovich**

lexx.957.lq@gmail.com

*Branch of FSUE "TSENKI" — Research Institute of Launch Complexes named after V.P. Barmin*

*The paper considers passive protection of gas reflectors. The results of a comparative analysis of the resistance of materials of heat-protective coatings to the destructive effects of gas-dynamic destruction are presented. To ensure greater durability of such protective coatings, new methods of fixing sheets have been developed, which allow the deformation of the sheet under gas dynamic action. A comparative simulation analysis was carried out for each method of fixing, using the example of samples.*

**Keywords:** heat-protective coating, gas reflector, gas dynamic load, metal plating

## **References**

- [1] Zhou Z., Lu C., Zhao C., Le G. Numerical simulations of water spray on flame deflector during the four-engine rocket launching. Advances in Space Research, 2020, vol. 65, no. 4, pp. 1296–1305.
- [2] Calle L.M., Hintze P.E., Parlier C.R., Coffman B.E., Kolody M.R., Curran J.P., Trejo D., Relnschmldt K., Hyung J.K. Refractory Materials for Flame Deflector Protection System Corrosion Control: Flame Deflector Protection System Life Cycle Cost Analysis Report. National Aeronautics and Space Administration. Kennedy Space Center. Hanover, 2009, 74 p.
- [3] Бирюков Г.П., Бут А.Б., Хотулев В.А., Фадеев А.С. Газодинамика стартовых комплексов [Gas dynamics of launch complexes]. Moscow, Restart Publ., 2012, 364 p. (In Russ.).
- [4] Cox S. Processing and characterization of continuous basalt fiber reinforced ceramic matrix composites using polymer derived ceramics. Orlando, Florida, University of Central Florida, 2014, 118 p.

# **Содержание**

---

<b>Участники .....</b>	<b>3</b>
<b>Руководители оргкомитета .....</b>	<b>5</b>
<b>Программный комитет .....</b>	<b>5</b>
<b>Секция 8. Экономика космической деятельности .....</b>	<b>6</b>
<i>Белоусов Н.А., Сухорукова Н.А., Сухоруков А.В.</i> Повышение экономической эффективности при проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ .....	6
<i>Бондаренко А.В., Бурдина А.А., Москвичева Н.В., Мелик-Асланова Н.О.</i> Комплексная оценка интеллектуального потенциала предприятий авиационной промышленности .....	8
<i>Василевский В.В., Недбайло Н.Ю.</i> Метод статистического оценивания и управления при реализации высокотехнологичных проектов аэрокосмической промышленности .....	11
<i>Вашлаев А.Д.</i> Анализ дефицита кадров в российской ракетно-космической отрасли: проблемы и пути их решения .....	15
<i>Володин С.В., Володина С.А.</i> Формирование подхода к оценке соотношения трудозатрат на выполнение сопоставимых задач между различными категориями сотрудников предприятия .....	19
<i>Герцик Ю.Г., Омельченко И.Н.</i> Биотехнологии как основа развития биоэкономики .....	22
<i>Гутенев А.В., Анищенко С.А.</i> Стратегическая оценка потенциала коммерциализации результатов научно-исследовательских работ по созданию перспективных образцов космической техники .....	26
<i>Давыдов А.Д., Горелов Б.А.</i> Формирование критерия эффективности авиационных систем по моделям оценки технико-экономического потенциала .....	30
<i>Дегтярев Ю.А.</i> Методические подходы к формированию систем материального стимулирования основного персонала на высокотехнологичных инновационных предприятиях .....	34
<i>Дианова Е.В., Калошина М.Н.</i> Применение имитационного моделирования при управлении жизненным циклом помодульно распределенных систем авиационно-космической техники .....	38
<i>Дробкова О.С.</i> Подход к оценке эффективности интеграционных процессов в интегрированных промышленных структурах космической отрасли .....	42
<i>Дроговоз П.А., Коренькова Д.А., Павлов М.А.</i> Кибербезопасность в международной космической индустрии: кооперативно-игровой подход к гармонизации экономических интересов стейкхолдеров .....	48

---

<i>Дубинский М.О., Геращенко Н.Н., Дубовик М.В.</i> Влияние синергии рисков на развитие авиационных предприятий .....	54
<i>Ильяхинская Г.В., Бунак В.А.</i> Использование матричной структуры управления на инновационных научоемких предприятиях ракетно-космической отрасли ..	58
<i>Калинина О.А.</i> Современные цифровые технологии как элемент стратегии устойчивого развития предприятий аэрокосмической отрасли .....	61
<i>Кашеварова Н.А.</i> Анализ современного состояния концепции устойчивого развития космической деятельности .....	65
<i>Коновалова Н.Н., Молчанский А.В., Барабаш Ж.А.</i> Исследование возможностей предприятий оборонно-промышленного комплекса на предмет внедрения гражданской продукции .....	69
<i>Королёв С.А., Бром А.Е.</i> Теория расписаний и интервальное планирование в условиях позаказного производства .....	71
<i>Куциев Н.О.</i> Перспективы устойчивого развития авиакосмической отрасли .....	75
<i>Леун Е.В., Гупалова Т.Н., Пчелкин С.Е.</i> Некоторые аспекты информационной безопасности долгосрочных космических проектов .....	79
<i>Ляхович Д.Г.</i> Проектирование организационной структуры управления предприятия ракетно-космической промышленности: принципы, методы и подход к реализации .....	82
<i>Ляхович Д.Г.</i> Модульная организационная структура предприятия ракетно-космической промышленности: особенности и функциональная схема .....	84
<i>Марченкова О.В., Шиболовенков В.А.</i> Анализ перспективных технологий цифровизации в научоемком секторе экономики .....	87
<i>Масленникова Ю.Л., Бром А.Е.</i> Проблемы управления сроками выполнения заказов в ракетно-космической отрасли .....	89
<i>Мелик-Асланова Н.О., Горбунов Г.Л., Алисенов А.С.</i> Влияние развития космической промышленности на показатель валового внутреннего продукта страны .....	93
<i>Меняев М.Ф.</i> Цифровая экономика в индустриальном обществе .....	96
<i>Михненко П.А.</i> Стохастический анализ динамики стратегического соответствия факторов внешней и внутренней среды ПАО РКК «Энергия» .....	100
<i>Морозова Н.Г., Корзоватых Ж.М.</i> Налоговые преференции как инструмент развития государственно-частного партнерства в научоемких отраслях экономики .....	104
<i>Москевичева Н.В., Захаров А.С.</i> Анализ моделей организационного управления информационной безопасностью предприятий ракетно-космической промышленности .....	109
<i>Набиева Д.Г., Горелов Б.А., Бурдина А.А.</i> Подходы к оценке комплексной эффективности разработки и создания авиационных двигателей нового поколения .....	113
<i>Найдис О.А.</i> Комплексный подход к управлению проектами предприятий ракетно-космической отрасли .....	116
<i>Николенко Т.Ю., Сёмина Л.В.</i> Влияние неликвидных активов на эффективность деятельности предприятий космической отрасли .....	120

---

Панкова Л.В. Мировой космический кластер: экономика и безопасность .....	123
Подрезов А.С. Венчурные инвестиции как драйвер развития инновационного развития космической отрасли .....	126
Полукеев Д.С., Каишеварова Н.А., Шиболденков В.А. Анализ тенденций развития и современного состояния сферы универсальных цифровых платформ для повышения эффективности наукоемкого производства .....	129
Попкович Т.Г. Искусственный интеллект систем электронного документооборота в аэрокосмической отрасли .....	133
Попович А.Л. Механизмы государственно-частного партнерства в реализации транспортных проектов специального назначения при создании объектов наземной космической инфраструктуры .....	137
Постникова Е.С. Организационно-экономическая устойчивость предприятий машиностроения в условиях цифровой трансформации производства .....	143
Прохорова Е.П., Фролов А.М. Оценка эффективности использования результатов прикладных исследований и экспериментов, проводимых на борту модуля «Наука» Российского сегмента Международной космической станции .....	146
Родионов Н.В., Загидуллин Р.С. Проблемы и перспективы инновационного управления в ракетно-космической технике .....	149
Романенко А.О., Шиболденков В.А. Анализ эффективности инструментария корпоративных социальных сетей для повышения производительности организаций стратегических отраслей промышленности .....	153
Рыжикова Т.Н., Щеглов Г.А., Верещако Е.А. Экономическая эффективность объекта в ракетно-космической отрасли .....	159
Савкин Н.В. Классификация кооперационных связей головного исполнителя высокотехнологичного проекта .....	163
Смирнов А.В., Сафонова Д.А Обоснование выбора вида топлива при проектировании ракеты .....	167
Суматохин В.А., Шиболденков В.А. Исследование применения технологий искусственного интеллекта при решении экономических задач наукоемкого производства .....	170
Томаев И.И., Соколянский В.В., Лобачева Е.Н. Подходы к оценке клиентского капитала зарубежных высокотехнологичных инновационных предприятий ракетно-космической отрасли .....	174
Фокина И.И., Герцик Ю.Г. Перспективы внедрения принципов экономики замкнутого цикла в кластерных структурах на основе промышленного симбиоза .....	177
Харин Н.И. Организационно экономические подходы к платформенной интеграции космических геосервисов для экомониторинга нефтегазовой инфраструктуры .....	180
Чабанасан Д.Д., Еланская Т.М., Соколянский В.В., Лобачева Е.Н. Сложности и противоречия в оценке организационного капитала зарубежных высокотехнологичных инновационных предприятий ракетно-космической отрасли .....	184

---

<i>Швайко Б.А., Герцик Ю.Г.</i> Управление сервисным обслуживанием продукции машиностроительного комплекса на основе технологий искусственного интеллекта .....	187	
<i>Шиболденков В.А.</i> Экономико-математическое моделирование нелинейных закономерностей в инновационной деятельности наукоемкого производства (на примере аэрокосмической отрасли) .....	191	
<i>Шипкова А.Д., Шиболденков В.А.</i> Научно-аналитическое исследование эффективности использования сквозных цифровых технологий в космической отрасли .....	195	
<i>Шолох Л.С.</i> Особенности проектно-ориентированного стратегического планирования высокотехнологичных наукоемких корпораций .....	202	
<i>Яценко В.В., Фалько С.Г.</i> Инновационное развитие высокотехнологичных предприятий ракетно-космической отрасли с учетом сбалансированности сформированных и перспективных компетенций .....	206	
<i>Яценко В.В.</i> Роль центров компетенций в развитии компетенций высокотехнологичных предприятий ракетно-космической отрасли .....	209	
 <b>Секция 9. Космонавтика и устойчивое развитие общества (концепции, проблемы, решения)</b> .....		213
<i>Егоркин А.А.</i> Комплексный подход к оценке воздействия специальных объектов на окружающую среду .....	213	
<i>Зыков Н.А.</i> Длительные пилотируемые космические экспедиции — важная часть исследования космоса .....	216	
<i>Иванова Л.В.</i> Пилотируемая космонавтика: противостояние и сотрудничество. История и перспективы .....	219	
<i>Козедра П.А., Позин А.А., Матвеев Ю.А.</i> Исследование системы запуска космических аппаратов на основе твердотопливных технологий с различных пусковых платформ .....	223	
<i>Лосицкий В.П., Поляхов А.Д.</i> Водородная энергетика, краткий исторический экскурс, перспективы и проблемы развития .....	226	
<i>Магомадов С.М.-С.</i> Развитие космической отрасли. Истоки, эволюция взглядов и современные решения .....	238	
<i>Митина А.А., Темарцев Д.А.</i> Навигационно-баллистическая подготовка космонавтов .....	249	
<i>Нечаева Н.Б.</i> Горизонты космического туризма .....	252	
<i>Пирязев И.А.</i> Безальтернативность противоастроидной защиты с применением противобункерных ракет на базе российских С-500 .....	256	
<i>Ребенкова Ю.Д., Каифутдинов Б.Д.</i> Миграция технологий машинного обучения в космическую отрасль .....	261	
<i>Сергеев В.Е.</i> Повышение информативности о малых космических аппаратах орбитальной группировки как путь обеспечения устойчивости космической деятельности .....	264	
<i>Сивова А.Н., Душечкина Е.А., Паня Андрея.</i> Проблема космического мусора и пути ее решения .....	267	

---

<i>Татаринов В.В., Рожко О.И.</i> Особенности анализа рисков возникновения чрезвычайной ситуации при запуске космических объектов .....	270
<i>Тихомиров И.В., Забегаев А.И.</i> О прикладных аспектах инновационных системотехнических решений по децентрализованной энергетической утилизации углеродсодержащих отходов с использованием технологий ракетно-космической техники .....	274
<i>Тучин М.В., Иванов М.В.</i> Электрификация наземной транспортной инфраструктуры как средство декарбонизации ракетно-космического комплекса .....	280
<i>Хачатуров Р.В.</i> Теория Гиперселенной о космическом микроволновом фоновом излучении .....	282
<i>Яценко М.Ю., Рыжков В.В.</i> Обзор проблемных вопросов создания мультироторного летательного аппарата для исследования Венеры .....	286
 <b>Секция 10. Космонавтика и культура .....</b> 290	
<i>Гачева А.Г.</i> Космос как проект: особенности футурологии русских космистов .....	290
<i>Герасютин С.А.</i> Мечты о полете на Луну .....	292
<i>Гончарова М.Р., Гончарова Л.А., Гончарова О.В.</i> Война и космос .....	295
<i>Губарева О.А.</i> Второе дыхание «Интеркосмоса»: русский язык — язык Космоса, мира и сотрудничества .....	298
<i>Демиденко С.В.</i> Почтовые марки и конверты художника Ю.В. Ряховского, посвященные освоению космоса (по материалам литературно-художественного музея в с. Перехваль) .....	301
<i>Журавихин П.М.</i> Космос за Космосом .....	303
<i>Костюк Я.Н.</i> Космос — в аромате, аромат — во флаконе .....	307
<i>Кузнецов М.И.</i> Памятники, память и наследие. К 55-летию трагической гибели космонавта Владимира Комарова .....	315
<i>Мальцев В.А.</i> Создание культурного арт-пространства для вовлечения подрастающего поколения в процесс ознакомления и изучения космического наследия .....	318
<i>Марусев А.С.</i> Центральный Дом авиации и космонавтики ДОСААФ. Тогда и сейчас .....	321
<i>Марусев А.С.</i> Праздник 1967 года без генерального конструктора Сергея Павловича Королёва .....	323
<i>Раткин Л.С.</i> Культура потребления результатов интеллектуальной деятельности в космической сфере на примере внедрения в промышленное производство квантономических разработок: итоги работы открытого заседания рабочих групп «Квантовые технологии» и «Квантовые коммуникации» на Международном форуме «Цифровые решения для достижения целей устойчивого развития» .....	325
<i>Раткин Л.С.</i> Перспективы мирного освоения космоса и совместной реализации научных и культурных инициатив: итоги круглого стола «Совету по международному сотрудничеству в области исследований и использования космического пространства при академии наук СССР	

---

«Интеркосмос» — 55 лет!» на Международном авиационно-космическом салоне «МАКС 2021» .....	328
<i>Раткин Л.С.</i> Круглый стол «60-летие полета первого человека в космос — летчика-космонавта Ю.А. Гагарина» на Международном военно-техническом форуме «Армия 2021» и его роль в формировании постоянно действующей промышленно-технологической платформы по обсуждению актуальных вопросов развития авиационно-космической отрасли и новых инициатив в сфере науки и культуры .....	332
<i>Садым В.А., Садым К.Б.</i> Монументальные памятники космонавтики как объекты культурного наследия Краснодарского края .....	337
<i>Селиванова О.В.</i> Документы к биографии Ю.В. Кондратюка (А.И. Шаргей) в Архиве Российской академии наук .....	341
<i>Синицына Н.С.</i> Дом юных техников г. Королёва как культурный феномен инженерного воспитания .....	345
<i>Степанов Г.Н.</i> Давыдов Иосиф Викторович — испытатель, исследователь и спасатель космонавтов в экстремальных ситуациях космического полета ....	347
<i>Усов П.И.</i> Данков, ты просто космос! .....	349
<i>Чуцков А.И.</i> Космонавтика и воспитание подрастающего поколения .....	353
<i>Шукина Е.М.</i> Ю.В. Кондратюк. 125-летие и продолжение истории .....	356
<i>Ярошевский Д.В.</i> Передвижные историко-художественные экспозиции: опыт творческого объединения «Созвездие видений» в реализации научно-культурного выставочного проекта «Арт-Интеркосмос XXI век» .....	359
<b>Секция 11. Наукоемкие технологии в ракетно-космической технике .....</b>	<b>363</b>
<i>Адаспаева С.А., Кицук П.С.</i> К вопросу о влиянии углеродных нанотрубок на свойства эмалей .....	363
<i>Азаренко Л.Г., Черняков В.Г., Калинин С.Ю.</i> Обеспечение информационной безопасности при работе с данными дистанционного зондирования Земли в территориально-распределенных системах .....	365
<i>Азаренко Л.Г., Чувакова Е.А., Железнов С.А.</i> Оптимальное планирование маршрутов беспилотного аппарата для синхронизированной съемки с космическим аппаратом дистанционного зондирования Земли .....	371
<i>Арбузов Д.А., Богданов А.В., Холопов А.А., Таушулатов Д.Б., Сафиуллин С.Р.</i> Технология гибридной лазерно-дуговой сварки .....	377
<i>Борзов К.Э.</i> Обеспечение производства изделий ракетно-космической техники с применением технологии послойного наплавления материала .....	380
<i>Головкин П.А.</i> Феноменология качества материала поковок из алюминиевых сплавов системы «алюминий — магний» .....	383
<i>Егоров М.В., Морозов О.В., Галкин В.И., Сазонов В.В., Анохин М.В.</i> Спектр плотностей энерговыделений — новый подход к оценке радиационной стойкости космической микро- и наноэлектроники .....	386
<i>Ефремов А.В., Смирнов П.Г.</i> Численное моделирование задач термоупругости на графических процессорах с использованием технологии CUDA .....	389

---

<i>Кирьянова А.Н.</i> Возможности технологий крупногабаритной печати при производстве элементов ракетно-космической техники .....	392
<i>Костромина Н.В., Олихова Ю.В., Горбунова И.Ю., Малаховский С.С., Сария Д.О.</i> Исследование технологического процесса изготовления препрогоў для полимерных композитов авиационного назначения .....	395
<i>Лагутин И.А., Щиблев Ю.Н., Борзых С.В.</i> Разработка библиотеки для статистического анализа процесса отделения космических конструкций, импортируемой в проблемно-ориентированный пакет программ MSC Adams .....	398
<i>Ломакин И.В., Юхневич С.С.</i> Высокоэффективные технологии получения тангенциальных отверстий в деталях жидкостных ракетных двигателей .....	400
<i>Мельников Д.М., Бражникова Т.Е., Губарева П.В., Мельникова М.А.</i> Особенности нанесения керамических покрытий из диоксида циркония методом лазерной наплавки .....	403
<i>Мельников Д.М., Губарева П.В., Лютикова О.А., Мельникова М.А., Бражникова Т.Е.</i> Влияние технологических параметров процесса лазерной абляции в жидкости на стабильность генерации золотых наночастиц .....	406
<i>Морозов О.В., Анохин М.В., Галкин В.И., Дубов А.Е., Савкин Л.В., Сазонов В.В.</i> К вопросу увеличения срока активного функционирования космических приборов .....	409
<i>Носова О.А., Блинов Д.С., Носов А.С., Денискин Д.Г.</i> Высокоточные нереверсивные линейные приводы на базе планетарных роликовинтовых механизмов для космической техники .....	412
<i>Поддерёгин А.В.</i> Применение метода конечных элементов для оценки герметичности клапанной пары при попадании металлической частицы загрязнения .....	415
<i>Пшеняник В.Г., Клинков Н.С., Поспелов В.Г.</i> Вопросы создания аппаратно-программного комплекса повышения качества космической информации, получаемой с использованием космических аппаратов дистанционного зондирования Земли .....	417
<i>Разумова Н.В., Черняков В.Г., Колчин А.И., Линьков А.Д., Лепешкин Д.С.</i> Обеспечение информационной безопасности при работе с данными дистанционного зондирования Земли с использованием «облачной» технологий .....	421
<i>Раткин Л.С.</i> Применение квантовой криптографии и стеганографии для управления космическими транспортными системами экологического назначения с функцией орбитального геотехнического мониторинга для минимизации рисков развития техногенных и природных катастроф .....	424
<i>Раткин Л.С.</i> Современные квантономические разработки для защиты данных о продукции предприятий космической отрасли и повышения стойкости каналов связи с применением квантовых технологий и квантовых коммуникаций на примере квантовой стеганографии .....	428
<i>Руслева Т.В., Фаткин А.А.</i> Подходы к формирования производственного заказа и запуску изделий в условиях многономенклатурного мелкосерийного производства .....	434

---

<i>Рязанцев А.Ю., Евченко И.В.</i> Использование механических методов обработки для получения турбулизаторов в камерах сгорания .....	437
<i>Савватимский А.И., Онуфриев С.В.</i> Экспериментальные исследования теплофизических свойств тугоплавких карбидов и углерода при высоких температурах в интересах ракетно-космических технологий .....	440
<i>Сафиуллин С.Р., Арбузов Д.А., Ташилутов Д.Б.</i> Наплавка сплава Inconel 625 на медную подложку сопла жидкостного ракетного двигателя методом коаксиального лазерного плавления .....	445
<i>Сидоров И.А., Гудков А.Г., Шашурин В.Д., Леушин В.Ю., Чижиков С.В., Новичихин Е.П., Хохлов Н.Ф.</i> Дистанционное определение влажности почвы методами микроволновой радиометрии из космоса и с борта беспилотного летательного аппарата .....	449
<i>Синева Е.Е., Строганов Ю.В., Бутенко Ю.И., Виноградов И.А.</i> Разметка семантических ролей с целью извлечения информации из баз знаний в области авиакосмического приборостроения .....	453
<i>Ташилутов Д.Б., Сафиуллин С.Р., Арбузов Д.А.</i> Способы улучшения характеристик фотоэлектрических преобразователей с помощью лазерных технологий .....	457
<i>Черкасов К.В., Макеев М.О., Мешков С.А., Шашурин В.Д., Галиновский А.Л., Северянова А.Д.</i> Повышение надежности субгармонического смесителя сверхвысокочастотных радиосигналов на основе резонансно-туннельного диода .....	460
<i>Черный А.Н.</i> Информационная технология для разработки алгоритма бортовой обработки радиоголограмм, полученных с помощью радара с регулируемой апертурой: методический подход .....	464
<b>Секция 12. Объекты наземной инфраструктуры ракетных комплексов ..... 468</b>	
<i>Баев А.И., Золин А.В., Чугунков В.В.</i> Моделирование температурного состояния элементов конструкций поверхности антенны наземного комплекса управления космическими аппаратами в условиях действия солнечной радиации .....	468
<i>Васильев Д.А., Рулев С.В.</i> Особенности виброакустической защиты операторов стационарных и подвижных пунктов управления и связи .....	471
<i>Васильев Д.А., Рулев С.В.</i> Особенности виброакустической защиты операторов и водителей подвижных пунктов управления и связи .....	475
<i>Вертелецкий В.Г., Мазлумян Г.С.</i> Повышение проходимости агрегатов подвижного технологического оборудования перспективных ракетных комплексов на базе автопоездов с применением динамометрических колес в составе активных прицепных звеньев .....	478
<i>Веселов М.В.</i> Влияние теплового воздействия газовых струй стартующей ракеты-носителя на металлоконструкции стартового оборудования .....	481
<i>Дидковский А.А., Мозговой И.В.</i> Исследование аэродинамических характеристик сферической оболочки с системой тангенциальных щелей в составе перспективного оборудования ракетных комплексов .....	483

---

<i>Захматов В.Д., Чернышов М.В., Савелова К.Э.</i> Системы импульсного пожаротушения для объектов наземной инфраструктуры .....	486
<i>Игрицкая А.Ю., Забегаев А.И., Ломакин В.В., Игрицкий В.А., Зверев В.А.</i> Анализ влияния величины задержки переключения ступеней нескольких гидроцилиндров подъема ракеты космического назначения на ускорения, действующие на ее космическую головную часть .....	490
<i>Игрицкий В.А.</i> К вопросу обоснования необходимой жесткости конструкций транспортно-установочного оборудования космических ракетных комплексов .....	493
<i>Игрицкий В.А.</i> Анализ возможностей создания систем посадки и эвакуации экипажей перспективных космических ракетных комплексов сверхтяжелого класса без использования убежищ .....	496
<i>Комлев Д.С., Чугунков В.В., Бармин И.В., Денисов О.Е.</i> Моделирование параметров обеспечения температурного режима в грузовом отсеке транспортного средства при транспортировании объектов ракетной техники ....	500
<i>Краснобаев Ю.Л., Сова А.Н., Ерусланкин С.А., Мелешико В.Ю.</i> Извлечение армирующих наполнителей из композиционных материалов, применяемых при изготовлении транспортно-пусковых контейнеров .....	503
<i>Крылов П.В., Бармин И.В., Козлов В.В., Михайлова И.П.</i> Современные тенденции развития мембранных технологий и их применения в системах терmostатирования стартовых ракетных комплексов .....	506
<i>Куликов П.В., Чемусов А.В., Аркальев Д.В.</i> Система бесперебойного электроснабжения электровоза .....	509
<i>Куликов П.В., Чемусов А.В., Аркальев Д.В.</i> Система гарантированного электропитания электровоза .....	511
<i>Лабинцев А.В., Мазлумян Г.С.</i> Повышение энергоэффективности систем обеспечения чистотно-температурно-влажностного режима с регулируемой производительностью монтажно-испытательного корпуса унифицированного технического комплекса космического ракетного комплекса .....	515
<i>Макеев И.М., Ерусланкин С.А.</i> Транспортно-загрузочный агрегат с механизмом подъема груза на базе телескопических гидроцилиндров с применением системы обеспечения синфазности выдвижения их штоков ....	518
<i>Макеев Е.Ю., Мазлумян Г.С.</i> Ресурсосберегающий метод создания агрегатов подвижного заправочного оборудования перспективных ракетных комплексов с межконтинентальными ракетами в шахтных пусковых установках .....	520
<i>Матвеева О.П., Семячков Д.А.</i> Принципы построения адаптивной системы охлаждения химических источников тока .....	523
<i>Матвеева О.П., Романяк А.Ю., Абдеев А.З.</i> Анализ результатов газодинамических расчетов для типовой задачи в процессах терmostатирования на стартовых комплексах средствами отечественного программного обеспечения .....	526
<i>Насуленко К.А., Соловьев В.В.</i> Анализ соответствия статистической структуры контроля технических параметров и надежности изделий ракетно-космической техники в задаче повышения достоверности их контроля при наземной отработке .....	528

---

<i>Раенко Р.А.</i> . Предлагаемое устройство бесперебойного питания систем связи на основе трехмашинного агрегата с улучшенными энергетическими характеристиками .....	531
<i>Раенко Р.А.</i> . Принципы построения устройств бесперебойного питания на основе трехмашинного агрегата для электроснабжения систем связи .....	533
<i>Раенко Р.А.</i> . Методы, способы и подходы по созданию устройств бесперебойного питания систем связи на основе трехмашинного агрегата .....	536
<i>Сова В.А.</i> . Обоснование тактико-технических требований к подвижности автономных пусковых установок подвижных грунтовых ракетных комплексов с регулируемыми магнитореологическими и магнитострикционными системами подпрессоривания .....	538
<i>Соловьев В.В., Сова А.Н.</i> . Обоснование выбора датчиков электромагнитно-акустических преобразователей для системы мониторинга напряженно-деформированного состояния транспортно-установочных агрегатов .....	542
<i>Судариков И.О., Валяев О.А.</i> . Мобильные малогабаритные средства заправки для проведения экспериментальных исследований и испытаний заправочного оборудования .....	544
<i>Тихомиров И.В., Забегаев А.И., Нетрусов А.Н., Ломакин В.В.</i> О возможности использования разовых амортизаторов для возвращаемых ракетных блоков .....	547
<i>Тихомиров И.В., Забегаев А.И., Нетрусов А.Н., Ломакин В.В.</i> . Исследование возможности доработки существующих ракетных блоков космических ракет тяжелого класса в целях обеспечения их повторного использования .....	551
<i>Удовик И.С., Бармин И.В.</i> . Идентификация параметров трещин в конструкции транспортно-установочных агрегатов методом модального анализа конечно-элементной модели .....	555
<i>Чугунков В.В., Александров А.А., Бармин И.В., Денисова К.И., Золин А.В., Павлов С.К.</i> Оценка эффективности температурной подготовки ракетного топлива в емкостях наземных комплексов с теплообменной рубашкой .....	558
<i>Шевченко С.А., Рулев С.В.</i> Выбор основных параметров роботизированных систем .....	561
<i>Шевченко В.А., Рулев С.В.</i> Выбор датчика для системы управления и контроля специального устройства .....	564
<i>Шевченко А.С., Алаев О.Ю.</i> Исследование направления повышения эффективности элементов упругопластических систем амортизации .....	566
<i>Шевченко А.С., Ошкин Д.А.</i> Методика разработки системы вентиляции для специального сооружения .....	569
<i>Языков А.В., Никитин А.О., Зотов В.Г.</i> Сравнительный анализ динамических режимов работы компоновочных вариантов системы вертикализации для перспективной ракеты космического назначения сверхтяжелого класса ....	572
<i>Якубенко Я.Г., Игрицкий В.А., Майорова В.И., Павлов В.Д.</i> Развертывание тросовой сети для обеспечения передвижения и работы на поверхности астероида методом набрасывания .....	575
<i>Ярославцева М.М., Абдурашидов Т.О.</i> Оценка теплозащитных покрытий стартовых сооружений .....	578

*Научное издание*

**XLVI АКАДЕМИЧЕСКИЕ ЧТЕНИЯ  
ПО КОСМОНАВТИКЕ**

посвященные памяти академика С. П. Королёва  
и других выдающихся отечественных ученых —  
пионеров освоения космического пространства

Москва, 25–28 января 2022 г.

**Сборник тезисов**

**Том 2**

Художник Э.Ш. Мурадова  
Компьютерная верстка С.А. Серебряковой

Оригинал-макет подготовлен  
в Издательстве МГТУ им. Н.Э. Баумана.

В оформлении использованы шрифты  
Студии Артемия Лебедева.

Подписано в печать 24.05.2022. Формат 70×100/16.  
Усл. печ. л. 47,94. Тираж 650 экз.

Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана.  
105005, г. Москва, улица 2-я Бауманская, д. 5, к. 1.  
[info@bmstu.press](mailto:info@bmstu.press)  
<https://bmstu.press>

Отпечатано в типографии МГТУ им. Н.Э. Баумана.  
105005, г. Москва, улица 2-я Бауманская, д. 5, к. 1.  
[baumanprint@gmail.com](mailto:baumanprint@gmail.com)