

ОБОРОННЫЙ КОМПЛЕКС — научно-техническому прогрессу России



- МАШИНОСТРОЕНИЕ
- ПРИБОРОСТРОЕНИЕ
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКА
- ИНФОРМАЦИОННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ
- СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ
И ИЗМЕРЕНИЯ



2'2022



Все новейшие достижения и современные разработки предприятий оборонного комплекса — в научно-технических журналах ФГУП «НТЦ оборонного комплекса «Компас»

ФГУП «Научно-технический центр оборонного комплекса «Компас» является издателем следующих научных журналов:



Межотраслевой научно-технический журнал
Оборонный комплекс — научно-техническому прогрессу России
(4 выпуска)
Подписной индекс **79379**
Издается с 1984 года



Межотраслевой научно-технический журнал
Конструкции из композиционных материалов
(4 выпуска)
Подписной индекс **80089**
Издается с 1981 года



Научно-технический журнал
Информационные технологии в проектировании и производстве
(4 выпуска)
Подписной индекс **79378**
Издается с 1976 года



Межотраслевой научно-практический журнал
Экология промышленного производства
(4 выпуска)
Подписной индекс **80090**
Издается с 1993 года



Научно-практический журнал
Вопросы защиты информации
(4 выпуска)
Подписной индекс **79187**
Издается с 1974 года

Все издания ФГУП «Научно-технический центр оборонного комплекса «Компас»:

✓ включены решением ВАК Министерства науки и высшего образования России в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук;

✓ метаданные выпусков включены в базу данных Российского индекса научного цитирования (РИНЦ).

Более подробную информацию об изданиях, подписке, дополнительных услугах можно получить по тел.: 8 (495) 491-43-17, 8 (495) 491-77-67, 8 (495) 491-77-20 (подписка);
факс: 8 (495) 491-44-80.
E-mail: izdanie@ntckompas.ru

2 ОБОРОННЫЙ (154) КОМПЛЕКС - научно-техническому прогрессу России

МЕЖОТРАСЛЕВОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Основан в 1984 г.

Москва 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Щеглов Д. К., Савельев С. К., Кузнецов А. А. Концептуальные основы построения комплексной системы информационной безопасности в условиях цифровой трансформации организации оборонно-промышленного комплекса..... 3

Плиплин А. А., Родионов А. В. Обоснование необходимости совершенствования системы отображения информации современных и перспективных боевых самолетов 14

МАШИНОСТРОЕНИЕ. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЯ

Попов И. П. Системы отсчета для определения энергии столкновения объектов..... 19

Лушпа Е. Ю. Разработка математической модели теплофизических параметров плазменного напыления и оптимальных режимов плазменной обработки для совершенствования технологии упрочнения поверхностного слоя плазменным напылением с обработкой ультразвуком 23

Катюха Р. В., Евенко А. В. Методика оценивания технического состояния космических аппаратов, реализуемая на основе применения аппарата нечёткой логики 30

ИЗМЕРЕНИЯ. ИСПЫТАНИЯ. КОНТРОЛЬ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

Назаренко М. А., Малиев Д. А. Контроль качества изготовления отражающих пластин для композитных антенн 37

Костенко В. А. Задача построения организационной структуры единой системы управления эксплуатацией вооружения, военной и специальной техники стратегических сил сдерживания 41

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА И ОБОРУДОВАНИЕ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА. РАДИОТЕХНИКА. ЭЛЕКТРОНИКА

Гриньков А. В., Кузнецов М. С., Лавриненко А. Д., Романов С. П., Широ Г. Э. Вычислительное устройство для помехоустойчивой системы связи 45

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

Митюрникова Л. А., Пителинский К. В., Ухина Т. В., Самолетов Р. В. Человеческий капитал — основной механизм развития, управления и защиты от рисков социально-экономического пространства..... 54

Коновалова А. И. Проект самолета-заправщика MQ-25 T1 компании Boeing (США).....

Главный редактор

И. А. Шеремет, акад. РАН, д-р техн. наук, проф., заместитель директора Российского фонда фундаментальных исследований по научной работе

Заместители главного редактора

Ю. А. Чаплыгин, акад. РАН, д-р техн. наук, проф., президент, заведующий кафедрой «Интегральная электроника и микросистемы», МИЭТ

С. А. Матвеев, канд. техн. наук, начальник Центра автоматических космических систем и комплексов ФГУП "ЦНИИмаш"

Ответственный секретарь — К. В. Трыкина,

начальник отдела научных и информационных изданий ФГУП «НТЦ оборонного комплекса «Компас»

Редакционная коллегия:

В. И. Борисов, акад. РАН, д-р техн. наук, проф., научный руководитель — зам. генерального директора по научной работе ОАО «Концерн «Созвездие»; **Б. А. Григорьев**, чл.-кор. РАН, д-р техн. наук, проф., акад. РАЕН, научный руководитель Центра исследований пластовых систем и технологического моделирования ООО «Газпром ВНИИГАЗ», зав. кафедрой «Исследование нефтегазовых пластовых систем» РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина; **С. Ю. Желтов**, акад. РАН, д-р техн. наук, проф., генеральный директор ФГУП «ГосНИИАС»; **И. А. Каляев**, акад. РАН, д-р техн. наук, проф., директор НИИ многопроцессорных вычислительных систем ЮФУ (НИИ МВС ЮФУ); **В. М. Кашин**, акад. РАН, д-р техн. наук, проф., генеральный директор — генеральный конструктор ФГУП «Конструкторское бюро машиностроения»; **Ю. Н. Коптев**, д-р техн. наук, проф., председатель научно-технического совета Госкорпорации «Ростехнологии»; **В. Е. Лукашук**, канд. техн. наук, директор ФГУП «НТЦ оборонного комплекса «Компас»; **Ю. И. Маевский**, д-р техн. наук, проф., генеральный конструктор систем и средств РЭБ — зам. генерального директора по инновациям и научной работе ОАО «Концерн Радио-электронные технологии»; **Б. В. Обносков**, д-р техн. наук, проф., действительный член РАН, генеральный директор — генеральный конструктор ОАО «Корпорация «Тактическое ракетное вооружение»; **В. В. Рыжаков**, д-р техн. наук, заслуженный деятель науки РФ, проф., профессор кафедры «Техническое управление качеством» Пензенского государственного технологического университета (Пенз. ГТУ); **Л. Г. Сидоренко**, д-р техн. наук, проф., чл.-кор. РАН, генеральный конструктор по специальной тематике ОАО «ЦКБ МТ «Рубин»; **П. А. Созинов**, чл.-кор. РАН, проф., генеральный конструктор ОАО «Концерн ПВО «Алмаз-Антей»; **Н. И. Турко**, д-р воен. наук, канд. техн. наук, заслуженный деятель науки РФ, проф., первый вице-президент Академии военных наук

Учредитель Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр оборонного комплекса «Компас»

Перепечатка материалов и использование их в любой форме, в том числе электронной, без предварительного письменного разрешения редакции не допускаются.

УДК 658.51:004.056

DOI: 10.52190/1729-6552_2022_2_3

EDN: GFZAKS

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

^{1,2} Д. К. Щеглов, канд. техн. наук; ² С. К. Савельев, канд. техн. наук;

³ А. А. Кузнецов, канд. воен. наук

¹ Акционерное общество «Конструкторское бюро специального машиностроения», Санкт-Петербург, Россия

² ФГБОУ ВО Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, Санкт-Петербург, Россия

³ АО «Северо-западный региональный центр Концерна ВКО «Алмаз—Антей» — Обуховский завод», Санкт-Петербург, Россия

Рассмотрены структура и состав комплексной системы информационной безопасности в условиях цифровой трансформации организации (предприятия, компании) оборонно-промышленного комплекса и предложена методика ее построения на основе количественной оценки вероятности реализации сценариев угроз информационной безопасности.

Ключевые слова: цифровая трансформация, информационная безопасность, комплексная система, состав, архитектура, методика, угрозы информационной безопасности, сценарий.

Организации и предприятия оборонно-промышленного комплекса (ОПК) представляют собой сложные организационно-технические системы [1], в которых технические средства (ТСр) и организационные структуры, управляющие этими средствами, совместно взаимодействуют, обеспечивая выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) по совершенствованию существующих и созданию новых перспективных образцов вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ), а также изделий гражданского и двойного назначения.

Результативность и эффективность выполнения НИОКР в современных условиях цифровой

трансформации науки и промышленности в значительной степени зависит от возможностей применяемых средств вычислительной техники, производственного оборудования и корпоративных информационных систем (КИС) [2, 3]. При этом цифровая трансформация подразумевает кардинальное изменение бизнес-модели деятельности организаций высокотехнологичных отраслей промышленности — пересмотр подходов к управлению, корпоративной культуре, выстраиванию внешних коммуникаций с поставщиками и потребителями посредством виртуализации информационных ресурсов, широкого внедрения средств роботизации и мобильных устройств, создаваемых на основе технологий Индустрии 4.0. Прежде всего, к этим технологиям относятся большие данные, цифровые двойники, искусственный интеллект и машинное обучение, онтологические модели деятельности, промышленный интернет вещей и т. д. [3].

Применение цифровых технологий в процессе выполнения НИОКР по созданию образцов ВВСТ всегда связано с необходимостью обеспечения информационной безопасности (ИБ) и защитой цифровых активов организации (цифровых прототипов изделий, расчетных конечно-элементных моделей, технической документации в цифровой форме и т. п.) [4]. При этом система

Щеглов Дмитрий Константинович, доцент, начальник расчетно-исследовательского отделения.

E-mail: _dk@bk.ru

Савельев Сергей Константинович, доцент, доцент кафедры "Ракетостроение".

E-mail: ssav@x-energo.com

Кузнецов Алексей Александрович, начальник отдела информационной безопасности.

E-mail: kuznetsov-kap@mail.ru

Статья поступила в редакцию 19 марта 2022 г.

© Щеглов Д. К., Савельев С. К.,

Кузнецов А. А., 2022

защиты информации организации должна обеспечивать целостность, конфиденциальность и доступность ее цифровых активов за счет предотвращения рисков нарушения информационной безопасности, а не ликвидации их последствий [5, 6].

Традиционно ИБ организаций ОПК обеспечивало наличие двух несвязанных между собой (или гальванически развязанных) контуров обработки информации: внешнего, имеющего доступ к сети Интернет, и внутреннего. Традиционно все КИС организаций ОПК функционировали во внутреннем контуре и практически не имели связи с внешней средой. Однако практика цифровой трансформации и вынужденный перевод части сотрудников организаций ОПК на дистанционную форму работы [7], связанный, в том числе, со сложной эпидемиологической обстановкой, свидетельствуют о недостаточной эффективности такого подхода в современных условиях.

Реализация процессов цифровой трансформации организаций высокотехнологичных отраслей промышленности, в частности организаций ОПК, требует совершенствования методов обеспечения ИБ, позволяющих предотвращать или существенно затруднять несанкционированные (умышленные и неумышленные) действия пользователей КИС и технического персонала при комплексном использовании всех имеющихся в организации средств защиты информации (ЗИ) [8].

Обеспечение надежной защиты цифровых активов организации ОПК от разглашения, утечки, несанкционированного доступа (НСД), уничтожения и модификации требует создания комплексной системы информационной безопасности (КСИБ) [5]. Отличительной особенностью КСИБ является объединение в единый целостный механизм всех применяемых в организации (предприятии, компании) методов, средств и мероприятий по ЗИ от злоумышленников, некомпетентных пользователей и нештатных ситуаций технического характера [9–11].

Таким образом, актуальной является задача разработки методики построения КСИБ, учитывающей особенности информационной архитектуры конкретной организации ОПК. При этом синтез архитектуры КСИБ целесообразно осуществлять на основе модели угроз ИБ организации, сформированной с применением сценарного подхода.

Сценарный подход нашел свое применение в различных сферах деятельности организаций высокотехнологичных отраслей промышленности [12], в том числе, в практике выявления

угроз ИБ [13]. При этом анализ сценариев реализации угроз осуществляется на основе обобщенных корреляционных правил, содержащихся в специализированных базах данных по инцидентам. Такой подход является весьма эффективным при формировании сценариев угроз ИБ, но имеет существенный недостаток — не позволяет количественно оценить вероятность реализации сценария в конкретной организации с учетом особенностей ее производственной деятельности и информационной архитектуры. Это делает актуальным развитие математического аппарата сценарного подхода в части количественной оценки вероятности реализации сценариев угроз ИБ для формирования рациональной архитектуры КСИБ и управления ею в процессе жизненного цикла организации.

Уровни информационной архитектуры организации

Информационную архитектуру организаций высокотехнологичных отраслей промышленности, в том числе организаций ОПК, авторы предлагают рассматривать на следующих уровнях [2, 3, 5].

Уровень бизнес-приложений — содержит прикладное программное обеспечение (ПО), позволяющее автоматизировать бизнес-процессы организаций высокотехнологичных отраслей промышленности в рамках сфер их деятельности. Пример уровня бизнес-приложений представлен на рис. 1;

На рис. 1 представлены основные сферы деятельности организаций высокотехнологичных отраслей промышленности и связанные с этими сферами деятельности КИС. Уровень бизнес-приложений рассмотрен с точки зрения информационной поддержки основных стадий жизненного цикла сложной наукоемкой продукции — разработка, производство и эксплуатация. Следует отметить, что представленные на рисунке сферы деятельности тесно связаны с финансово-экономической сферой, которая, в рамках принятого подхода, является обеспечивающей. Организационно-техническую поддержку уровня бизнес-приложений обеспечивают другие уровни информационной архитектуры организации.

Уровень операционных систем и системных приложений — операционные системы (ОС) и дополнительное системное ПО — утилиты, служащие для выполнения вспомогательных операций обработки данных и обслуживания автоматизированных рабочих мест (АРМ), в том числе, средства ЗИ;

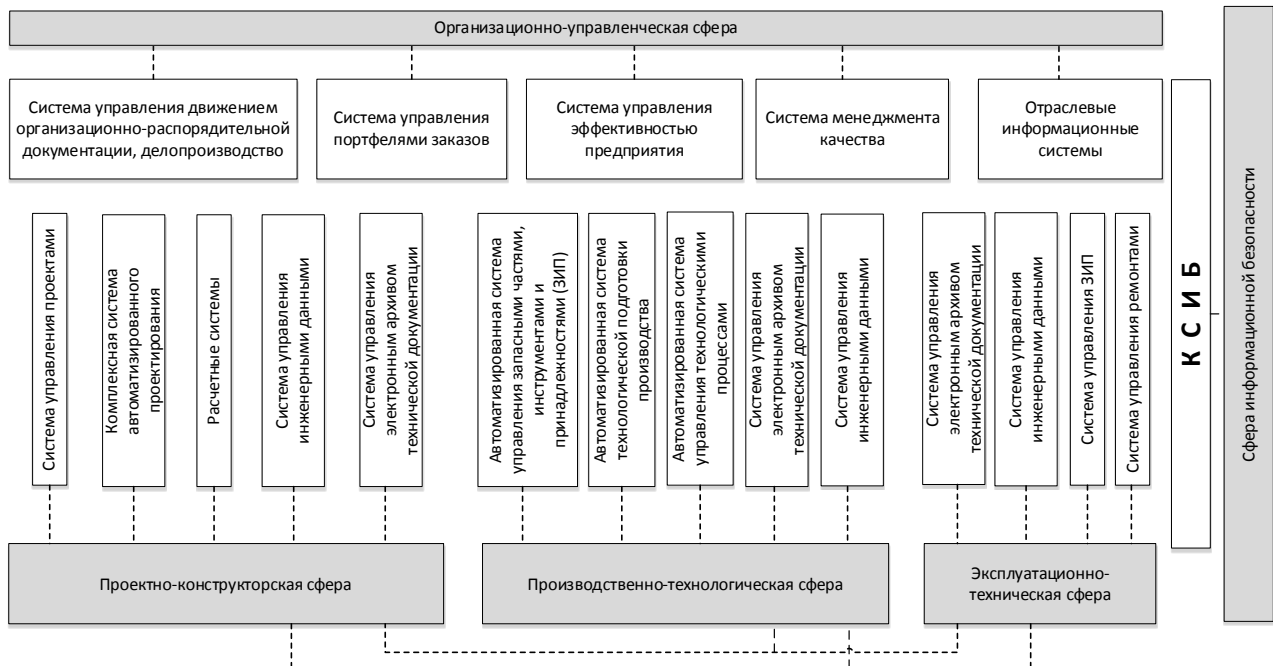


Рис. 1. Уровень бизнес-приложений организации

Физический (аппаратно-программный) уровень

— включает центры обработки и хранения информации, АРМ пользователей, вспомогательные системы (например, контроля и управления доступом, системы видеонаблюдения, охранно-пожарные сигнализации и т.п.), телекоммуникационное оборудование, каналы связи;

Организационный уровень — содержит организационную структуру и совокупность бизнес-процессов организации (предприятия, компании), нормативно-техническую документацию (в том числе комплекс мероприятий по ЗИ).

К комплексу организационных мероприятий по ЗИ в организации ОПК относятся, прежде всего [9, 10, 14]:

- создание единого органа управления ИБ организации;
- разработка и внедрение организационно-распорядительной документации по управлению ИБ;
- разработка и внедрение положения по управлению информационными ресурсами;
- проведение экспертизы (аудита) состояния защищенности применяемых информационных систем (см. рис. 1);
- проведение аттестации средств вычислительной техники и средств ЗИ;
- разработка и внедрение программы подбора, подготовки и повышения квалификации специалистов в области ЗИ;
- обучение и информирование пользователей внедряемых КИС по вопросам ЗИ на предприя-

тии.

Защищенность информационной инфраструктуры и цифровых активов организации определяется суммарным уровнем защищенности всех уровней её архитектуры [4, 10, 14]. При этом создавать КСИБ в организациях ОПК необходимо с учётом особенностей их производственной деятельности, а также требований, действующих правовых и нормативно-технических документов [10, 14]. Например, среди основных особенностей проектно-конструкторской сферы деятельности организаций ОПК целесообразно выделить наличие:

- данных и объектов с ограниченным доступом;
- разнородных автоматизированных систем (обычно САЕ/CAD/CAM-систем);
- различных схем построения КИС;
- неравномерности загрузки локальной вычислительной сети (как правило, пиковая нагрузка утро и вечер);
- централизованных специализированных электронных архивов технической и другой документации, которые включают в себя программную (систему управления электронным архивом и систему управления базами данных) и аппаратную (систему хранения данных) составляющие.

Рассмотрим основные виды угроз информационной безопасности и применяемые для предотвращения этих угроз меры и механизмы ЗИ.

Поход к количественному анализу сценариев угроз информационной безопасности

Моделирование процессов нарушения ИБ целесообразно осуществлять на основе рассмотрения логической цепочки: "угроза—источник угрозы—способ реализации—уязвимость—деструктивное воздействие", представленной на рис. 2.

На рис. 2 показано, что реализация угрозы ИБ возможна только при одновременном наличии источника угрозы и уязвимостей в системе ЗИ, через которые эта угроза реализуется. Справедливо полагать, что на момент ввода различных КИС организации в эксплуатацию все уязвимости, выявленные в процессе их проектирования и тестирования, устранены разработчиком [4]. Однако с течением времени неизбежно обнаруживаются новые уязвимости, связанные, в том числе, с обновлением аппаратных и программных средств КИС, механизмов их взаимодействия с другими системами, регламентов работы пользователей КИС и т. д. При этом очевидно, что в случае отсутствия результативных методов защиты КИС — механизмов анализа защищенности КИС и связанных с ней сценариев реализации угроз ИБ организации — безопасность эксплуатации КИС будет снижаться.

В соответствии с [13, 15—17] угрозы ИБ организации могут реализовываться по различным сценариям с использованием ТСр, программных средств (ПС) и каналов связи. Каждый сценарий реализации угрозы включает в себя совокупность так называемых атомарных событий, одновременная реализация определенной комби-

нации которых неизбежно приводит к негативным последствиям. Атомарными в данном контексте будем называть события, которые не могут состояться (или не могут не состояться) частично.

С учетом описанных ранее информационной архитектуры организаций (предприятий, компаний) высокотехнологичных отраслей промышленности и модели реализации сценария угроз ИБ рассмотрим сценарий реализации одной из угроз ИБ, возникающей при осуществлении организацией ОПК проектно-конструкторской деятельности — *модификации данных в системе управления инженерными данными (СУИД или PDM-системе)*. В данном конкретном случае реализация указанной угрозы может привести к изменениям конструкторских (проектных, расчётных) данных, что в итоге может привести к значительному ущербу.

Возможный сценарий реализации угрозы модификации данных в СУИД организации ОПК представлен на рис. 3. При этом следует подчеркнуть, что к модификации данных в СУИД наряду с приведенным в качестве примера сценарием могут привести еще несколько сценариев, каждый из которых имеет свою вероятность реализации. Эффективность применяемых методов и средств ЗИ будет зависеть от количества выявленных возможных сценариев угроз ИБ, глубины и качества их анализа, а также от наличия статистических данных о совокупности атомарных событий ИБ, образующих эти сценарии. При этом одно и то же событие может входить в различные сценарии.



Рис. 2. Модель реализации сценария угроз ИБ организации (предприятия, компании)

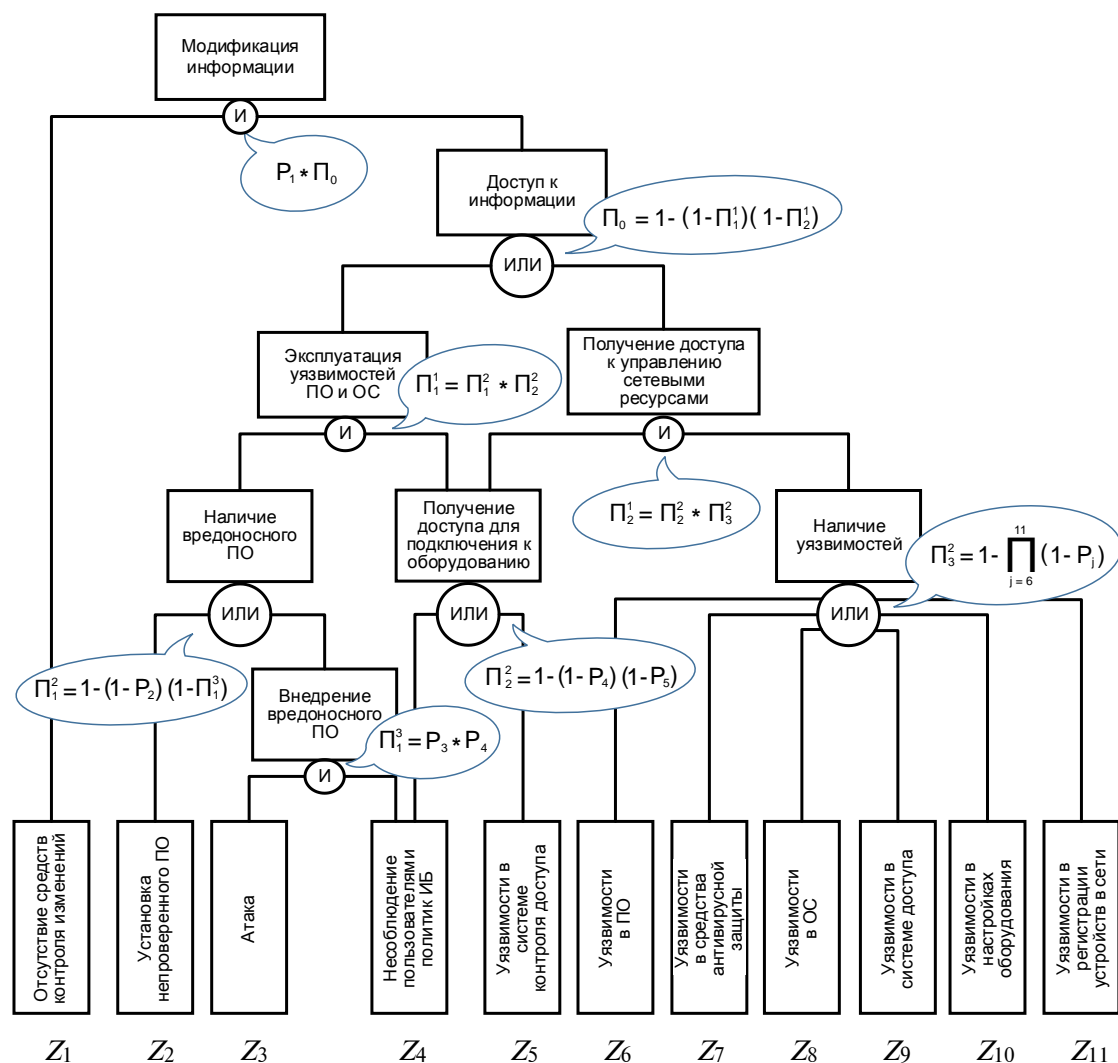


Рис. 3. Сценарий реализации угрозы модификации информации в СУИД организации ОПК

Важно отметить, что атомарные Z_i события ИБ ($i = 1, 2, \dots, 11$), представленные на рисунке 3, относятся к различным уровням информационной архитектуры организации: Z_2, Z_6 — реализуются на уровне бизнес-приложений; Z_1, Z_7, Z_8 — реализуются на уровне операционных систем и системных приложений; Z_3, Z_5, Z_{10}, Z_{11} — реализуются на физическом уровне; Z_4, Z_9 — реализуются на организационном уровне.

Проведение количественной оценки вероятности нереализации сценария угроз ИБ за определенный период времени требует выбора и обоснования закона распределения вероятностей наступления входящих в него событий ИБ. В условиях отсутствия достаточного объема устойчивых статистических данных о событиях

ИБ вопрос выбора закона распределения носит дискуссионный характер. Например, в целях проведения пессимистической оценки нереализации сценария можно принять гипотезу о равномерном законе распределения вероятностей наступления событий ИБ. Однако если предположить, что события ИБ независимы и носят внезапный характер, а режим эксплуатации СУИД является установившемся, можно принять гипотезу о наиболее распространенном в технике и теории информационных систем экспоненциальном законе распределения, при котором интенсивность наступления событий ИБ постоянна [18]. В целях проведения сравнительного анализа рассмотрим оба закона распределения вероятностей событий ИБ с учетом имеющихся статистических данных за наблюдаемый период времени $[0, T]$.

Пусть $P_i = P_i(Z_i)$ вероятности нереализации Z_i события ИБ (или безотказной работы элемента СУИД i -го типа), а обратное событие $Q_i(Z_i) = 1 - P_i(Z_i)$.

Вероятность наступления Z_i события (отказ i -го элемента СУИД) в случае равномерного закона распределения:

$$Q_i(t) = \begin{cases} \frac{t}{t_0}, & t \in (0, t_0] \\ 1, & t \in (t_0, \infty) \end{cases}, \quad (1)$$

где t — время работы i -го элемента СУИД;

t_0 — время гарантированного наступления Z_i события.

Время гарантированного наступления Z_i события:

$$t_0 = \frac{\Delta t}{n(\Delta t)}, \quad (2)$$

где Δt — время (количество часов) работы СУИД в течение одного года;

$n(\Delta t)$ — число выявленных Z_i событий ИБ за период времени Δt .

Средняя наработка до события Z_i элемента СУИД i -го типа для равномерного закона распределения:

$$\bar{T}_{0i} = \bar{T}_{0i}^{\text{рав}} = \frac{t_0}{2}. \quad (3)$$

Вероятность наступления Z_i события (отказ i -го элемента СУИД) в случае экспоненциального закона распределения определяется через $\lambda_i = \text{const}$ — интенсивность наступления Z_i события ИБ (по аналогии с интенсивностью отказов в теории надежности [18–21]):

$$Q_i(t) = 1 - e^{-\lambda_i t}, \quad t \in [0, \infty). \quad (4)$$

Интенсивность λ_i зависит от количества событий ИБ, связанных с СУИД, и определяется соотношением [20, 21]:

$$\lambda_i = \frac{n(\Delta t)}{N \Delta t}, \quad (5)$$

где N — число работоспособных элементов СУИД i -го типа, связанных с событием Z_i при $t = 0$.

Особенностью предлагаемого подхода к количественной оценке вероятности реализации сценария угрозы ИБ является допущение, что события Z_i , зарегистрированные КСИБ, распространяются сразу на все N элементов СУИД i -го типа (количество зарегистрированных событий Z_i становится равно количеству элементов i -го типа). Например, события наличия уязвимости в конкретной версии ОС будут зарегистрированы сразу на всех АРМ пользователей корпоративной информационной сети организации, включенных в момент регистрации этого события (либо после их включения). Исключение составит только незначительная доля автономных АРМ (не подключенных к СУИД) которые, как правило, не связаны с обработкой каких-либо критически важных информационных ресурсов. Согласно принятому допущению при расчете интенсивности λ_i наступления события Z_i по формуле (5) будем учитывать только непосредственно сам факт регистрации события, т. е., примем $N = 1$.

Время эксплуатации СУИД в среднем за 1 год определим из условия $\Delta t = \bar{D} \bar{\tau} = 247 \cdot 8,75 = 2161,25$ ч, где \bar{D} — среднее количество рабочих дней в году, а $\bar{\tau}$ — среднее время эксплуатации СУИД в день, часов.

Средняя наработка до события Z_i элемента СУИД i -го типа в случае экспоненциального закона распределения

$$\bar{T}_{0i} = \bar{T}_{0i}^{\text{экс}} = \frac{1}{\lambda_i}. \quad (6)$$

Готовность i -го элемента СУИД к применению по назначению (только в отношении его работоспособности) в произвольный момент времени вне зависимости от закона распределения характеризуется коэффициентом готовности

$$K_{Gi} = \frac{\bar{T}_{0i}}{\bar{T}_{0i} + \bar{T}_{Bi}}, \quad (7)$$

где \bar{T}_{Bi} — среднее время устранения последствий события ИБ (восстановления i -го элемента СУИД).

Статистические данные по реализации угроз ИБ СУИД и среднее время устранения последствий события ИБ (восстановления элементов СУИД) за год приведены в графах 3 и 4 таблицы. Там же представлены показатели защищенности элементов СУИД, рассчитанные по формулам (1–7).

Статистические данные по реализации угроз ИБ СУИД и вероятности реализации Z_i событий за год

Наименование событий	Время работы СУИД в год vt , ч	Число зарегистрированных событий в год $n(t+vt)$, шт.	Среднее время восстановления элемента \bar{T}_{vi} , ч	Равномерное распределение		Экспоненциальное распределение		
				Средняя наработка элемента СУИД до события $\bar{T}_{0i}^{\text{рав}}$, ч	Коэффициент готовности элемента СУИД $K_{Gi}^{\text{рав}}$	Оценка интенсивности наступления события $\lambda_i, 1/\text{ч}$	Средняя наработка элемента СУИД до события $\bar{T}_{0i}^{\text{экс}}$, ч	Коэффициент готовности элемента СУИД $K_{Gi}^{\text{экс}}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Отсутствие (неисправность) средств контроля изменений (Z_1)	2161,25	1	48	1080,63	0,95747	$0,4627 \cdot 10^{-3}$	2161,25	0,97827
Установка непроверенного ПО (Z_2)	2161,25	2	4	540,31	0,99265	$0,9254 \cdot 10^{-3}$	1080,63	0,99631
Атака (Z_3)	2161,25	3	8	360,21	0,97827	$1,3881 \cdot 10^{-3}$	720,42	0,98902
Несоблюдение пользователями политик ИБ (Z_4)	2161,25	14	2	77,19	0,97474	$0,6478 \cdot 10^{-3}$	154,38	0,98721
Уязвимости в системе контроля доступа (Z_5)	2161,25	4	8	270,16	0,97124	$1,8508 \cdot 10^{-3}$	540,31	0,98541
Уязвимости в ПО (Z_6)	2161,25	2	6	540,31	0,98902	$0,9254 \cdot 10^{-3}$	1080,63	0,99448
Уязвимости в САВЗ (Z_7)	2161,25	6	8	180,10	0,95747	$2,7762 \cdot 10^{-3}$	360,21	0,99174
Уязвимости в ОС (Z_8)	2161,25	3	48	360,21	0,88241	$1,3881 \cdot 10^{-3}$	720,42	0,93753
Уязвимости в системе доступа (Z_9)	2161,25	3	8	360,21	0,97827	$1,3881 \cdot 10^{-3}$	720,42	0,98902
Уязвимости в настройках оборудования (Z_{10})	2161,25	12	48	90,05	0,65231	$5,5523 \cdot 10^{-3}$	180,10	0,78957
Уязвимости в регистрации устройств в сети (Z_{11})	2161,25	7	24	154,38	0,86545	$3,2389 \cdot 10^{-3}$	308,75	0,92787

Вероятность реализации угрозы модификации информации в СУИД организации ОПК можно определить на основе научно-методического аппарата для решения задач расчета надежности сложных технических и информационных систем [19, 20].

Составим функцию опасности системы на основе представленного на рис. 3 сценария состояния, используя кратчайшие пути опасного функционирования системы, которыми являются конъюнкции исходных состояний, ни одну из компонент которых нельзя изъять, не нарушив "опасного функционирования системы". Соответствующая функция алгебры логики будет иметь вид:

$$y(Z_1, \dots, Z_{11}) = \left\| \begin{array}{c} Z_2 \\ Z_3 Z_4 \\ Z_4 \\ Z_5 \end{array} \right\| \left\| \begin{array}{c} Z_4 \\ Z_5 \\ Z_6 \\ \vdots \\ Z_{11} \end{array} \right\|. \quad (8)$$

Резльтирующий полином для определения вероятности P нереализации угрозы ИБ, соответствующий исследуемой функции опасного состояния СУИД (8) для рассматриваемого сценария (см. рис. 3), имеет следующий вид:

$$P = P_1 \left(1 - (1 - (1 - (1 - P_2)(1 - P_3 P_4)) \times \right. \\ \left. \times (1 - (1 - P_4)(1 - P_5))(1 - (1 - (1 - P_4)(1 - P_5)) \times \right. \\ \left. \times (1 - (1 - P_6)(1 - P_7)(1 - P_8)) \times \right. \\ \left. \times (1 - P_9)(1 - P_{10})(1 - P_{11}) \right) \quad (9)$$

Выражение (9) можно было построить относительно вероятности Q реализации угрозы ИБ, однако такая запись будет более сложной для восприятия.

В связи с тем, что СУИД является восстанавливаемой системой, основным показателем ее надежности будет не вероятность нереализации

угрозы ИБ (безотказной работы СУИД) P , а коэффициент готовности СУИД K_G (по аналогии с рассуждениями, приведенными в работе [21]).

Для рассматриваемого сценария этот коэффициент будем определять из выражения (6) путем подстановки в него значений K_{Gi} вместо P_i . В результате получим общий коэффициент готовности СУИД в случае гипотезы о равномерном законе распределения вероятностей наступления событий ИБ $K_{Gi}^{рав} \approx 0,9575$ и

$K_{Gi}^{эк} \approx 0,9783$ в случае гипотезы об экспоненциальном законе распределения. Несложно заметить, что разница в оценках сценария реализации угрозы ИБ между двумя рассмотренными подходами составила примерно 2 %. Это позволяет сделать вывод о слабом влиянии выбора закона распределения вероятностей наступления событий ИБ на результат оценки вероятности реализации сценариев угроз ИБ.

Для противодействия реализации угроз ИБ организаций (предприятий, компаний) высокотехнологичных отраслей промышленности должны быть разработаны соответствующие сценарии предотвращения этих угроз с учетом особенностей информационной архитектуры и применяемых ТСр. Поэтому крайне важно получить полное множество всех возможных сценариев реализации угроз ИБ для конкретной организации, особенно организации ОПК.

Разработка архитектуры КСИБ должна быть основана на описании сценариев предотвращения угроз, учитывающих особенности деятельности конкретной организации. С учетом этих сценариев определяют специфические требования к подсистемам КСИБ и перечень программных компонентов системы ЗИ, реализующих эти требования. Из полного множества требований можно выделить требования, которым должна удовлетворять КСИБ любой организации, в том числе организации ОПК. Каждое из таких требований может быть дополнено, детализировано и специфицировано.

Вариант построения архитектуры КСИБ организации ОПК

Архитектуру КСИБ авторы предлагается разрабатывать на основе сценариев реализации

угроз ИБ с учетом требований и рекомендаций нормативных документов (в частности [9–11, 14–17], а также СТР-К, рекомендациями ФСТЭК по защите ИСПДн и пр.) и вытекающих из них принципов построения системы ЗИ. События ИБ, составляющие наиболее вероятные сценарии реализации угроз ИБ, должны парироваться соответствующими подсистемами (модулями) КСИБ, в частности:

- контроля и управления доступом;
- криптографической защиты;
- менеджмента ИБ;
- сетевой безопасности;
- антивирусной защиты и т. д.

В процессе разработки КСИБ состав подсистем и функциональные требования к ним уточняются по результатам формирования основных сценариев реализации угроз ИБ в процессе проведения предпроектного обследования организации.

Для каждой из подсистем КСИБ можно определить набор требований, которым должны отвечать соответствующие компоненты защиты, представляющие собой комплекс организационных мер, специализированных аппаратных и программных средств [9]. При разработке требований к подсистеме КСИБ, ее проектированию и дальнейшей реализации необходимо учитывать, какие уровни информационной архитектуры организации должна обеспечивать эта подсистема.

Информационная модель КСИБ организации (предприятия, компании), реализующая сценарный подход, представлена на рис. 4.

Предлагаемая модель отражает взаимозависимости между подсистемами КСИБ, предъявляемыми к ним требованиями, уровнями информационной архитектуры организации, угрозами ИБ и сценариями предотвращения угроз, техническими и программными средствами информационной архитектуры, подвергающихся угрозам, вызываемым внешними и внутренними нарушителями ИБ.

Таким образом, для каждого уровня информационной архитектуры организации может быть определен перечень рекомендованных средств ЗИ с учетом уровней, подсистем, сценариев и требований к подсистемам КСИБ.

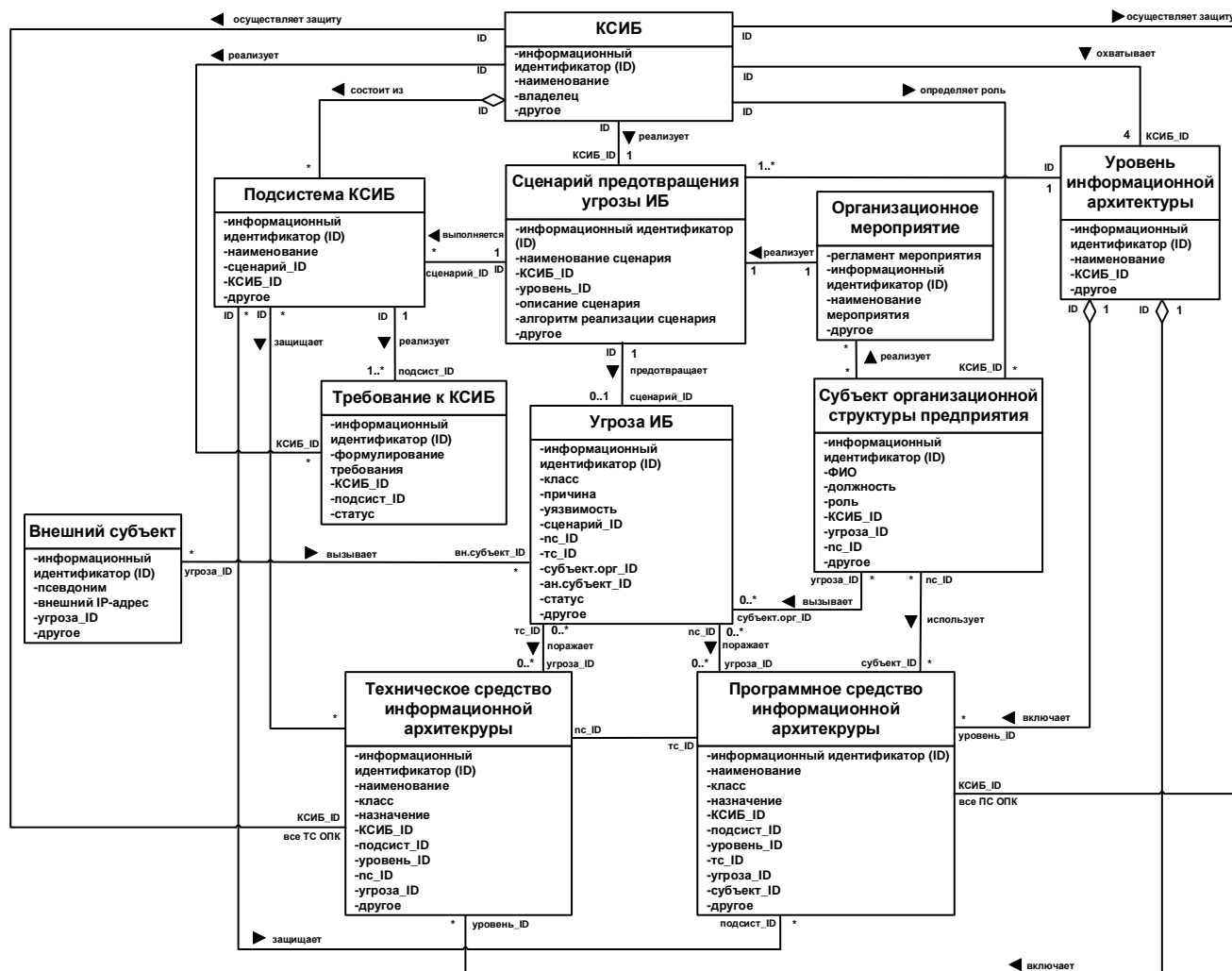


Рис. 4. Модель информационной архитектуры КСИБ, реализующая сценарный подход

Заключение

Приведена классификация уровней информационной архитектуры организаций высокотехнологических отраслей промышленности, очерчен круг подсистем КСИБ и обоснованы предъявляемые к ним основные требования.

Предложен подход к проектированию КСИБ на основе сценариев ЗИ, действующих на различных уровнях информационной архитектуры организации.

Подробно рассмотрен пример сценария реализации угрозы модернизации данных в СУИД

организации ОПК и представлена методика расчета вероятностей реализации сценариев угроз ИБ. При этом показано, что выбор закона распределения вероятностей наступления атомарных событий ИБ слабо влияет на результат оценки вероятности реализации сценариев угроз ИБ (разница в оценке составила около 2 %).

Предложен вариант информационной модели КСИБ, позволяющий подобрать состав и структуру КСИБ с учетом наиболее вероятных для конкретной организации (предприятия, компании), в частности организаций ОПК, сценариев реализации угроз ИБ.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Щеглов Д. К., Данилова Л. Г., Выпринцева О. С., Охочинский М. Н.** Методология функционально-структурного моделирования сложных организационно-технических систем // Вестник Концерна ПВО "Алмаз—Антей". 2014. № 2(12). С. 113—125.
2. **Тимофеев В. И., Щеглов Д. К.** Концептуальные основы цифровой трансформации проектно-конструкторской деятельности высокотехнологичных предприятий промышленности // Актуальные проблемы экономики и управления. 2020. № 2(26). С. 43—49.
3. **Щеглов Д. К., Пиликов Н. А., Тимофеев В. И.** Концептуальные основы цифровой трансформации организаций оборонно-промышленного комплекса // Автоматизация в промышленности. 2021. № 2. С. 13—23. DOI: 10.25728/avtprom.2021.02.03.
4. **Щеглов Д. К., Сайбель А. Г., Баушев С. В.** Объективизированный показатель защищенности электронных информационных ресурсов инновационного предприятия // Инновации. 2021. № 3(269). С. 85—91. DOI: 10.26310/2071-3010.2021.269.3.010.
5. **Данилова Л. Г., Охочинский М. Н., Щеглов Д. К.** Методология построения системы защиты данных в едином информационном пространстве корпорации: сб. трудов XV Всероссийской НПК "Актуальные проблемы защиты и безопасности". Технические средства противодействия терроризму. Т. 2. — СПб. 2012. С. 70—75.
6. **Данилова Л. Г., Карташев Е. Н., Охочинский М. Н., Щеглов Д. К.** Особенности создания системы защиты данных в корпоративных информационных сетях: сб. "Инновационные технологии и технические средства специального назначения. Материалы третьей НПК". — СПб.: БГТУ "Военмех", 2010. С. 92—96.
7. **Коньякова А. В., Тимофеев В. И., Щеглов Д. К., Чириков С. А.** Организационно-техническое обеспечение виртуального офиса в современных условиях перевода сотрудников на дистанционный режим работы // Инновации. 2020. № 7(261). С. 97—104.
8. **Knapp Kenneth J., Ford F. N., Marshall Thomas E., Rainer R. K.** "The Common Body of Knowledge: A Framework to Promote Relevant Information Security Research" // Journal of Digital Forensics, Security and Law: 2007. V. 2. № 1. Article 1. DOI: <https://doi.org/10.15394/jdfl.2007.1016>.
9. DAMA-DMBOK: Свод знаний по управлению данными. Второе издание / Dama International [пер. с англ. Г. Агафонова]. — М.: Олимп-Бизнес, 2020. — 828 с.
10. ГОСТ Р ИСО/МЭК 17799-2005 Информационная технология. Практические правила управления информационной безопасностью.
11. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27002-2012 Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Свод норм и правил менеджмента информационной безопасности.
12. **Линдгрэн М., Бандхольд Х.** Сценарное планирование: связь между будущим и стратегией / пер. с англ. И. Ильиной. — М.: ЗАО "Олимп-Бизнес", 2009. — 256 с.
13. Must have для SOC: как выбрать сценарный подход к выявлению угроз / Блог компании Инфосистемы Джет (Информационная безопасность), 09.10.2020. [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/company/jetinfosystems/blog/521350/> (дата обращения: 08.01.2022).
14. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27001-2006 Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Системы менеджмента информационной безопасности. Требования.
15. ГОСТ Р ИСО/МЭК 13335-1-2006 Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Часть 1. Концепция и модели менеджмента безопасности информационных и телекоммуникационных технологий.
16. ГОСТ Р ИСО/МЭК ТО 18044-2007 Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Менеджмент инцидентов информационной безопасности.
17. ГОСТ Р ИСО 7498-2-99 Информационная технология. Взаимосвязь открытых систем. Базовая эталонная модель. Часть 2. Архитектура защиты информации.
18. **Максимов Я. А.** Решение задачи анализа надежности информационных систем // В мире научных открытий. 2009. № 2(2). С. 53—54.
19. ГОСТ Р 51901.13-2005 (МЭК 61025:1990) Менеджмент риска. Анализ дерева неисправностей.
20. **Рябинин И. А.** Надежность и безопасность структурно-сложных систем. — СПб.: Политехника, 2012. — 248 с.
21. **Долбенков В. Г., Марченко Б. И.** К вопросу оптимизации регламентированного технического обслуживания комплексов ракетного вооружения по критерию готовности к применению / Актуальные проблемы защиты и безопасности. Пленарные доклады XXIII Всероссийской научно-практической конференции РАРАН. — СПб., 2020. С. 84—88.

CONCEPTUAL FRAMEWORK FOR CONSTRUCTING AN INTEGRATED INFORMATION SECURITY SYSTEM IN THE CONDITIONS OF DIGITAL TRANSFORMATION OF THE DEFENSE AND INDUSTRIAL COMPLEX ENTERPRISE

^{1, 2}D. K. Shcheglov, ²S. K. Saveliev, ³A. A. Kuznetsov

¹ JSC "Konstruktorskoe byuro specialnogo mashinostroeniya", St. Petersburg, Russia

² Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Baltic

State Technical University "VOENMECH" named after D.F. Ustinov, St. Petersburg, Russia

³ JSC "North-West regional center of Concern VKO "Almaz—Antey" — Obukhovsky zavod", St. Petersburg, Russia

The structure and composition of an integrated information security system in the context of the digital transformation of an organization (enterprise, company) of the defense-industrial complex are considered and a method for its construction is proposed based on a quantitative assessment of the probability of implementing information security threat scenarios.

Keywords: digital transformation, information security, complex system, components, architecture, methodology, information security threats, scenario.

Bibliography — 21 references.

Received March 19, 2022

УДК 654

DOI: 10.52190/1729-6552_2022_2_14

EDN: GKWOMA

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ БОЕВЫХ САМОЛЕТОВ

А. А. Плиплин, канд. техн. наук

Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», г. Воронеж, Россия

А. В. Родионов, канд. техн. наук

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), Москва, Россия

Рассмотрены вопросы восприятия членами экипажа самолета прицельно-пилотажной информации в системе отображения информации самолетов оперативно-тактической авиации, где важную роль играет рабочая поза летчика (штурмана). Обсуждены особенности осанки летчика, его позы в кабине самолета во всей совокупности — с головы до ног. Предложена функциональная схема усовершенствованной системы отображения прицельной информации.

Ключевые слова: система отображения информации, бортовой комплекс.

Анализ локальных конфликтов современности показал необходимость совершенствования системы отображения информации (СОИ) самолетов оперативно-тактической авиации, а также обеспечения достаточности прицельно-пилотажной информации, выводимой в поле зрения летчика.

Рассмотрим построение СОИ на примере самолета Су-25СМЗ, которая предназначена для:

- формирования информационно-управляющего поля кабины (совместно с другими индикаторами и органами управления);
- решения навигационных и специальных задач;
- обеспечения связи составных частей информационного комплекса (ИК) между собой;
- обеспечения связи ИК с другими системами самолета;
- управление режимами работы ИК;
- организации проверки ИК при наземной подготовке.

Плиплин Андрей Александрович, доцент.

E-mail: samolet31@rambler.ru

Родионов Алексей Васильевич, доцент, профессор кафедры.

E-mail: samolet31@rambler.ru

Статья поступила в редакцию 21 апреля 2022 г.

© Плиплин А. А., Родионов А. В., 2022

В структурной схеме СОИ можно выделить следующие основные функциональные подсистемы: цифровую вычислительную подсистему, подсистему отображения информации, подсистему управления, подсистему ввода информации.

Вычислительную подсистему СОИ образуют блок цифрового управления и блок формирования выходной информации.

В состав СОИ также входят коллиматорный авиационный индикатор КАИ-1-01 и многофункциональный цветной индикатор МФЦИ-0332.

Коллиматорный авиационный индикатор КАИ-1-01 предназначен для формирования изображения по сигналам, поступающим от блока формирования выходной информации (БФВИ), и проецирования этого изображения с помощью коллиматорной оптической системы на специальное полупрозрачное зеркало в поле зрения летчика (с фокусировкой в бесконечность), что обеспечивает возможность наблюдения изображения на фоне внекабинного пространства.

Функции МФЦИ:

- формирование и передача информации о состоянии кнопочного наборного поля;
- прием и вывод на экран полного телевизионного сигнала;
- вывод на экран сформированного графического изображения;

- вывод на экран совмещенного изображения (графического и телевизионного);
- выдача потребителям сигнала об исправности комплекса;
- выдача информации, отображаемой на экране, в прицельный комплекс.

При осуществлении поиска цели, ее обнаружения, распознавания и прицеливания с помощью станции оптической лазерной теплотелевизионной (СОЛТ) изображение подстилающей поверхности и цели формируется на МФЦИ, взгляд летчика сфокусирован на МФЦИ, что снижает возможность объективного оценивания оперативной обстановки закабинного пространства.

Необходимо отметить, что при восприятии членами экипажа самолета прицельно-пилотажной информации важную роль играет рабочая поза летчика (штурмана). Нормальной рабочей позой считается такая, при которой пилоту не приходится наклоняться больше чем на 10–15°, и он не испытывает мышечного перенапряжения [1], т. е. летчик соблюдает естественную осанку.

Осанка — это нормальная поза, необходимая для сохранения физического, психического и эмоционального здоровья человека и его правильного, не искаженного восприятия окружающего пространства. Неправильная (неестественная) осанка обычно свидетельствует о нарушении и сбоях психического и эмоционального восприятия сложившейся вокруг человека-оператора ситуации.

Осанка также напрямую влияет на восприятие знакографической прицельно-пилотажной информации летчиком, и соответственно, его психофизического состояния, которое, в свою очередь влияет на конечный исход выполнения боевого задания (вероятность выполнения боевого задания).

Особенности осанки летчика определяются измерениями и описанием его позы в кабине самолета во всей совокупности — с головы до ног. Это правильное положение головы и пояса, нижних и верхних конечностей, изгибы позвоночника в грудном и поясничном отделах, форма грудной клетки и живота, наклон таза [2].

Правильную осанку можно охарактеризовать как естественное положение туловища, во время которого любые нагрузки на область позвоночного столба будут распределяться равномерным образом, при этом сохраняются все природные изгибы позвоночника.

Рассмотрим признаки правильной осанки летчика, находящегося в кресле кабины самолета:

- голова слегка приподнята и вместе с туловищем держится прямо;
- плечи несколько отведены назад, грудная клетка развернута;
- плечи по горизонту находятся на одном уровне;
- голова и позвоночник сзади составляют прямую вертикаль;
- живот подобран;
- в поясничной части имеется небольшой изгиб вперед;
- при взгляде сбоку позвоночник имеет углубление в шейном и поясничном отделах (лордоз) и выпуклость в грудном отделе (кифоз);
- ноги прямые, смыкаются без особого напряжения мышц;
- внутренние части стоп не касаются пола.

Нарушение любого из этих признаков говорит о том, что осанка неправильная.

Однако летчику необходимо пилотировать самолет и одновременно следить за фоноцелевой обстановкой на МФЦИ (особенно при отображении прицельно-пилотажной информации с СОЛТ), что однозначно приводит к отклонению головы, а это влияет на восприятие информации летчиком.

Таким образом, шея летчика обременена сложной задачей поддержания и перемещения головы, причем шейные мышцы головы летчика нагружены тяжестью защитного шлема. Нагрузка на шейный отдел позвоночника летчика значительно возрастает, если голова наклоняется вперед и вниз (особенно при увеличении перегрузки). Это повышенное напряжение со временем может привести к различным нежелательным симптомам: головной боли, боли в плече, поясничной боли, шейному кифозу [3], что способствует у совершенно здоровых пилотов нарушению сенсорной сферы и восприятия.

Наиболее опасной формой этих расстройств является потеря пространственной ориентировки летчика в полете. Другой разновидностью названных состояний может быть возникновение болевых ощущений при движении. Указанные состояния могут проявиться:

- в зрительных иллюзиях;
- искаженном восприятии информации летчиком направления силы земного тяготения или гравитационной вертикали;
- расстройстве интеллектуальных функций (например, способности вести в уме счет времени);
- нарушении регуляции двигательных навыков (например, умений избирательно распределять зрительное внимание при контроле пара-

метров полета на дисплеях или выполнять цикл рабочих операций с устройствами управления в кабине самолета).

В самых неблагоприятных случаях эти состояния могут вылиться в полную беспомощность и несостоятельность пилота эффективно и безопасно управлять самолетом. Следует подчеркнуть также, что проблема нарушений пространственной ориентировки в полете по своей значимости и возможным опасным исходам стоит в одном ряду с проблемой гипергравитационных расстройств сознания у летного состава высокоманевренной тактической авиации [4].

Все сказанное свидетельствует о необходимости совершенствования СОИ [5], а именно применения вместо коллиматорного индикатора прозрачного жидкокристаллического (ЖК) экрана, установленного на уровне глаз летчика.

Прозрачные экраны — это стеклянные дисплеи без подложки с подсветкой. Как и традиционные экраны, они могут быть жидкокристаллическими (LCD) и светодиодными (LED, OLED). Прозрачные ЖК-дисплеи нуждаются в дополнительном освещении. А экраны, созданные с помощью встроенных светодиодов, наоборот, сами способны излучать свет.

При работе LCD происходит локальное затемнение тех участков, на которые транслируется изображение, поэтому им необходимо дополнительное освещение, например яркий дневной свет. Специфический контент для таких экранов создаёт компания Obscura Digital. Их динамические многоуровневые анимации похожи на цифровые витражи. В систему также можно интегрировать датчики движения и RFID-метки, что облегчает поиск подвижных объектов.

Прозрачные светодиодные экраны — LED и OLED могут самостоятельно излучать свет, поэтому не нуждаются в дополнительной подсветке.

В авионике прозрачные дисплеи все чаще будут применяться для отображения всевозможной вспомогательной информации на лобовом стекле, не закрывая при этом обзор кабиной обстановки, а в учебно-летных тренажерах обеспечат развитие AR HMD (Augmented reality head mounted display — наголовный дисплей, предоставляющий доступ к дополненной реальности), с помощью которых будет осуществляться обучение летного и инженерно-технического состава.

Для отображения информации с теплотелевизионной станции самолета на прозрачный жидкокристаллический монитор необходимо

нанесение поляризационных фильтров и рассеивателей.

Порядок расположения пленок в LCD экранах и наличие всех слоев очень важны. Самыми важными являются слои с пленками поляризаторами. Обычно в виде пленки поляризатор один, второй слой поляризации может быть нанесен прямо на стекло экрана. Без слоев поляризации изображения не будет вообще. Отсутствие одного из рассеивателей ухудшит изображение прицельно-пилотажной информации.

Прозрачный жидкокристаллический экран с поляризационными фильтрами и рассеивателями должен быть выполнен в едином исполнении в виде стекла матрицы, которая находится спереди и снимается вместе со шлейфами. Между нижним поляризатором в виде пленки и подсветкой должны находиться дополнительные пленки рассеивателей.

С рассеивателями подсветка будет выглядеть однородно. Поэтому пленку нельзя испачкать или поцарапать, на изображении не будут видны полосы или пятна засветов. Тем более нельзя повредить поляризационную пленку.

Состав информационных картин, индицируемых СОИ в каждом конкретном режиме работы, определяется наличием на входе в СОИ конкретных разовых и битовых команд.

Таким образом, исходная информация от бортовых комплексов, систем и датчиков должна поступать на вход цифровой вычислительной подсистемы (ЦВП), а обзорно-локационная информация на вход блока цифровой информации (БЦО). БЦО путем преобразования временных параметров входного сигнала формирует видеосигнал для индикации обзорно-прицельной информации. ЦВП в соответствии с исходной информацией и программами вычислений и индикации должна вырабатывать команды, по которым генератор символов (ГС) формирует сигналы для индикации графо-символьной информации (рисунок).

ЖК-экран должен обеспечивать четкое восприятие изображения информации на внешнем фоне с яркостью 3000 кд/м².

МФИ должен обеспечивать четкое восприятие изображения информации при внешнем освещении в плоскости экрана до 50000 лк.

В СОИ при индикации прицельно-пилотажной информации должна обеспечиваться индикация углового поля зрения обзорно-прицельной системы, а также индицироваться прицельный строб (прицельная рамка) для осуществления захвата цели (рисунок).

JUSTIFICATION OF THE NEED TO IMPROVE DISPLAY SYSTEM MODERN AND PERSPECTIVE COMBAT AIRCRAFT

A. A. Pliplin

Federal State Official Military Educational Institution of Higher Education Military Educational Research Centre of Air Force "Air Force Academy named after professor N. E. Zhukovsky and Y. A. Gagarin", Voronezh, Russia

A. V. Rodionov

Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, Russia

The article deals with perception of aiming and flight information in the information display system of operational-tactical aviation by members of the aircraft crew where the working posture of the pilot (navigator) plays an important role. The features of the posture of the pilot, his posture in the cockpit in the full complex — from head to toe are considered. A functional diagram of an improved aiming information display system is suggested.

Keywords: information display system, onboard equipment.

Bibliography — 5 references.

Received April 21, 2022

УДК 531.18, 531.653
DOI: 10.52190/1729-6552_2022_2_19
EDN: HAMGEM

СИСТЕМЫ ОТСЧЕТА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ СТОЛКНОВЕНИЯ ОБЪЕКТОВ

И. П. Попов

Курганский государственный университет, г. Курган, Россия

Показано, что для одних и тех же движущихся друг относительно друга инертных объектов различные системы координат дают совершенно различные совокупные кинетические энергии объектов. Отмечено, что ни одна из этих систем координат не может рассматриваться в качестве абсолютной. Предложено абсолютной системой координат считать такую систему, при выборе которой полностью исключен произвол. Установлено, что этому требованию удовлетворяет система, в которой совокупная кинетическая энергия объектов является минимальной.

Ключевые слова: координаты, объект, масса, скорость, экстремум, импульс, центр масс, отталкивание.

Задача выбора системы отсчета при относительном движении объектов сопоставимой массы особенно актуальна при межпланетных перелетах [1–3] на значительном удалении от планет и при расчете энергии столкновения движущихся объектов.

Существует точка зрения, что все инерциальные системы отсчета равноправны и выбор между ними определяют исключительно удобством вычислений [4–6].

Работа посвящена исследованию этого вопроса.

Движение двух неускоренных объектов в \mathbb{R}^1

Пусть относительная скорость двух неускоренных объектов, имеющих массы m_1 и m_2 , равна v .

Системы отсчета, связанные с каждым объектом, являются инерциальными.

В системе координат, связанной с первым объектом, совокупную кинетическую энергию объектов определим как

$$E_{112} = E_{11} + E_{12} = 0 + \frac{m_2 v^2}{2}.$$

В системе координат, связанной со вторым объектом, совокупная кинетическая энергия объектов [7] имеет вид:

$$E_{212} = E_{21} + E_{22} = \frac{m_1 v^2}{2} + 0.$$

В любой другой системе координат первый объект имеет скорость v_1 , а второй объект — $v_2 = v_1 - v$.

В указанной системе координат совокупную кинетическую энергию объектов определим как

$$E_{312} = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 (v_1 - v)^2}{2}.$$

Первая, вторая и третья системы координат дают совершенно различные совокупные кинетические энергии объектов. В этом смысле признать их равноправными не представляется возможным. Очевидно, что ни одна из этих систем координат не может быть рассмотрена в качестве абсолютной.

Абсолютной системой координат следует считать такую систему, при выборе которой полностью исключен произвол. Этому требованию удовлетворяет система, в которой совокупная кинетическая энергия объектов является минимальной. Её находим из условия [10]

$$\frac{d(E_{312})}{dv_1} = m_1 v_1 + m_2 v_1 - m_2 v = 0. \quad (1)$$

Исходя из этого условия, скорости объектов в абсолютной системе координат определим следующим образом

$$v_1 = \frac{m_2}{m_2 + m_1} v, \quad (2)$$

$$v_2 = -\frac{m_1}{m_2 + m_1} v. \quad (3)$$

Попов Игорь Павлович, старший преподаватель кафедры "Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты".
E-mail: ip.popow@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 15 мая 2022 г.

© Попов И. П., 2022

Гипотетическое отталкивание двух объектов в \mathbb{R}^1

Пусть имеется два неподвижных объекта. В системе координат, связанной с их центром масс, их суммарный импульс равен нулю. Следовательно, он будет равен нулю и после отталкивания объектов друг от друга, т. к. система замкнутая. Поэтому

$$m_1 v_1 = -m_2 v_2 = -m_2 (v_1 - v).$$

Эта формула совпадает с (1).

Таким образом, абсолютная система координат совпадает с центром масс объектов и с эпицентром их гипотетического отталкивания из состояния (также гипотетического) взаимной неподвижности.

После гипотетического отталкивания скорости объектов относительно центра масс (в абсолютной системе координат) приобретают значения (2) и (3).

Движение трех неускоренных объектов в \mathbb{R}^1

Пусть относительные скорости трех неускоренных объектов, имеющих массы m_1 , m_2 и m_3 , равны v_{12} , v_{13} и v_{23} . Очевидно, что

$$v_{23} = v_{13} - v_{12}.$$

В системе координат, не связанной ни с одним из трех объектов, скорость первого объекта равна v_1 , скорость второго — $v_2 = v_1 - v_{12}$, скорость третьего — $v_3 = v_1 - v_{13}$.

В указанной системе координат совокупную кинетическую энергию объектов определим как

$$E_{4123} = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 (v_1 - v_{12})^2}{2} + \frac{m_3 (v_1 - v_{13})^2}{2}.$$

Экстремум функции $E_{4123}(v_1)$ находим из условия

$$\frac{d(E_{4123})}{dv_1} = m_1 v_1 + m_2 v_1 - m_2 v_{12} + m_3 v_1 - m_3 v_{13} = 0. \quad (4)$$

Исходя из этого условия, скорости объектов в абсолютной системе координат определим следующим образом

$$v_1 = \frac{m_2 v_{12} + m_3 v_{13}}{m_1 + m_2 + m_3}, \quad (5)$$

$$v_2 = \frac{m_3 v_{13} - m_1 v_{12} - m_3 v_{12}}{m_1 + m_2 + m_3} = \frac{m_3 v_{23} - m_1 v_{12}}{m_1 + m_2 + m_3}, \quad (6)$$

$$v_3 = \frac{m_2 v_{12} - m_1 v_{13} - m_2 v_{13}}{m_1 + m_2 + m_3} = \frac{-m_1 v_{13} - m_2 v_{23}}{m_1 + m_2 + m_3}. \quad (7)$$

Гипотетическое отталкивание трех объектов в \mathbb{R}^1

Пусть имеется три неподвижных объекта. В системе координат, связанной с их центром масс, их суммарный импульс равен нулю. Следовательно, он будет равен нулю и после отталкивания объектов друг от друга, т. к. система замкнутая.

$$\begin{aligned} m_1 v_1 + m_2 v_2 + m_3 v_3 &= \\ &= m_1 v_1 + m_2 (v_1 - v_{12}) + m_3 (v_1 - v_{13}) = 0 \end{aligned}$$

Эта формула совпадает с (4).

Следовательно, абсолютная система координат в \mathbb{R}^1 совпадает с центром масс трех объектов и с эпицентром их гипотетического отталкивания из состояния (также гипотетического) взаимной неподвижности.

После гипотетического отталкивания скорости объектов относительно центра масс (в абсолютной системе координат) приобретают значения (5)–(7).

Движение трех неускоренных объектов в \mathbb{R}^3

Пусть относительные скорости трех неускоренных объектов, имеющих массы m_1 , m_2 и m_3 , равны v_{12} , v_{13} и v_{23} . Очевидно, что

$$v_{23} = v_{13} - v_{12}.$$

В системе координат, не связанной ни с одним из трех объектов, скорость первого объекта равна v_1 , скорость второго — $v_2 = v_1 - v_{12}$, скорость третьего — $v_3 = v_1 - v_{13}$.

В указанной системе координат совокупную кинетическую энергию объектов определим как

$$\begin{aligned} E_{4123} &= \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 (v_1 - v_{12})^2}{2} + \frac{m_3 (v_1 - v_{13})^2}{2} = \\ &= \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 (v_1^2 - 2v_1 v_{12} \cos \varphi_{112} + v_{12}^2)}{2} + \\ &+ \frac{m_3 (v_1^2 - 2v_1 v_{13} \cos \varphi_{113} + v_{13}^2)}{2} \end{aligned}$$

φ_{ij} — угол между v_i и v_{ij} .

Экстремум функции $E_{4123}(\mathbf{v}_1)$ находим из условия

$$\frac{d(E_{4123})}{dv_1} = m_1 v_1 + m_2 v_1 - m_2 v_{12} \cos \varphi_{112} + m_3 v_1 - m_3 v_{13} \cos \varphi_{113} = 0. \quad (8)$$

Гипотетическое отталкивание трех объектов в \mathbb{R}^3

Пусть имеется три неподвижных объекта. В системе координат, связанной с их центром масс, их суммарный импульс равен нулю. Следовательно, он будет равен нулю и после отталкивания объектов друг от друга, т. к. система замкнутая.

$$\begin{aligned} m_1 \mathbf{v}_1 + m_2 \mathbf{v}_2 + m_3 \mathbf{v}_3 &= m_1 \mathbf{v}_1 + m_2 (\mathbf{v}_1 - \mathbf{v}_{12}) + \\ &+ m_3 (\mathbf{v}_1 - \mathbf{v}_{13}) = 0 \\ m_1 \mathbf{v}_1 \cdot \frac{\mathbf{v}_1}{v_1} + m_2 (\mathbf{v}_1 - \mathbf{v}_{12}) \cdot \frac{\mathbf{v}_1}{v_1} + m_3 (\mathbf{v}_1 - \mathbf{v}_{13}) \cdot \frac{\mathbf{v}_1}{v_1} &= 0. \end{aligned}$$

Эта формула совпадает с (8).

Таким образом, абсолютная система координат в \mathbb{R}^3 совпадает с центром масс трех объектов и с эпицентром их гипотетического отталкивания из состояния (также гипотетического) взаимной неподвижности.

После гипотетического отталкивания скорости объектов относительно центра масс (в абсолютной системе координат) приобретают следующие значения.

$$\begin{aligned} \mathbf{v}_1 &= \frac{m_2 \mathbf{v}_{12} + m_3 \mathbf{v}_{13}}{m_1 + m_2 + m_3}, \\ \mathbf{v}_2 &= \frac{m_3 \mathbf{v}_{23} - m_1 \mathbf{v}_{12}}{m_1 + m_2 + m_3}, \\ \mathbf{v}_3 &= \frac{-m_1 \mathbf{v}_{13} - m_2 \mathbf{v}_{23}}{m_1 + m_2 + m_3}. \end{aligned}$$

Движение произвольного числа неускоренных объектов в \mathbb{R}^3

Пусть относительные скорости n неускоренных объектов, имеющих массы m_1, m_i, m_n , равны $\mathbf{v}_{12}, \mathbf{v}_{ij}, \mathbf{v}_{(n-1)n}$. Очевидно, что

$$\mathbf{v}_{ij} = \mathbf{v}_{1j} - \mathbf{v}_{1i}.$$

В системе координат, не связанной ни с одним из n объектов, скорость первого объекта равна \mathbf{v}_1 , скорость i -го — $\mathbf{v}_i = \mathbf{v}_1 - \mathbf{v}_{1i}$, скорость n -го — $\mathbf{v}_n = \mathbf{v}_1 - \mathbf{v}_{1n}$.

В указанной системе координат совокупную кинетическую энергию объектов определим как

$$\begin{aligned} E_{(n+1)1 \div n} &= \frac{m_1 \mathbf{v}_1^2}{2} + \sum_{i=2}^n \frac{m_i (\mathbf{v}_1 - \mathbf{v}_{1i})^2}{2} = \\ &= \frac{m_1 \mathbf{v}_1^2}{2} + \sum_{i=2}^n \frac{m_i (v_1^2 - 2 \mathbf{v}_1 \mathbf{v}_{1i} \cos \varphi_{11i} + v_{1i}^2)}{2}. \end{aligned}$$

Экстремум функции $E_{(n+1)1 \div n}(\mathbf{v}_1)$ находим из условия

$$\frac{d(E_{(n+1)1 \div n})}{dv_1} = m_1 v_1 + \sum_{i=2}^n (m_i v_1 - m_i v_{1i} \cos \varphi_{11i}) = 0. \quad (9)$$

Гипотетическое отталкивание произвольного числа объектов в \mathbb{R}^3

Пусть имеется n неподвижных объектов. В системе координат, связанной с их центром масс, их суммарный импульс равен нулю. Следовательно, он будет равен нулю и после отталкивания объектов друг от друга, т. к. система замкнутая.

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n m_i \mathbf{v}_i &= m_1 \mathbf{v}_1 + \sum_{i=2}^n m_i (\mathbf{v}_1 - \mathbf{v}_{1i}) = 0. \\ m_1 \mathbf{v}_1 \cdot \frac{\mathbf{v}_1}{v_1} + \sum_{i=2}^n m_i (\mathbf{v}_1 - \mathbf{v}_{1i}) \cdot \frac{\mathbf{v}_1}{v_1} &= 0. \end{aligned}$$

Эта формула совпадает с (9).

Следовательно, абсолютная система координат в \mathbb{R}^3 совпадает с центром масс n объектов и с эпицентром их гипотетического отталкивания из состояния (также гипотетического) взаимной неподвижности.

После гипотетического отталкивания скорости объектов относительно центра масс (в абсолютной системе координат) приобретают следующие значения.

$$\mathbf{v}_1 = \frac{\sum_{i=2}^n m_i \mathbf{v}_{1i}}{\sum_{i=1}^n m_i}.$$

Заключение

Наряду с самыми разнообразными системами отсчета при взаимном движении неускоренных объектов [8–10], в том числе, связанными с этими объектами (эти системы отсчета можно считать относительными), существует одна абсолютная система отсчета, связанная с центром

масс рассматриваемых объектов, характеризующаяся минимальным значением совокупной кинетической энергии объектов. Именно такая энергия расходуется при гипотетическом отталкивании объектов. Она же выделится при их столкновении.

Рассмотренные отталкивания объектов явля-

ются расчетными и к действительности могут не иметь никакого отношения.

Количество объектов при определении абсолютной системы координат ничем не ограничено. Это могут быть и два объекта, и звездная система.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Попов И. П.** Электромагнитный маховик для ориентирования орбитальных объектов // Оборонный комплекс — научно-техническому прогрессу России. 2019. № 2. С. 15—17.
2. **Попов И. П.** Роторно-реактивный движитель // Оборонный комплекс — научно-техническому прогрессу России. 2018. № 4. С. 24—26.
3. **Павлов В. Д.** Моделирование скорости метеороидов // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. 2021. Т. 9. № 2. С. 6—10. DOI: 10.18503/2306-2053-2021-9-2-6-10.
4. **Попов И. П.** Теоретические предпосылки создания мультиинертного осциллятора // Оборонный комплекс — научно-техническому прогрессу России. 2020. № 1. С. 15—19.
5. **Попов И. П.** Определение расстояния до источника сферической волны // Оборонный комплекс — научно-техническому прогрессу России. 2019. № 3. С. 39—42.
6. **Попов И. П.** Уравнение трогания поезда // Известия РАН. Механика твердого тела. 2021. № 2. С. 88—97. DOI: 10.31857/S0572329921020148.
7. **Попов И. П.** Обратный импульс, интегральный вектор Умова и другие величины механического движения // Проблемы машиностроения и автоматизации. 2021. № 4. С. 22—26. DOI: 10.52261/02346206_2021_4_22.
8. **Попов И. П.** Групповая скорость волнового пакета, образованного двумя свободными идентичными частицами с разными нерелятивистскими скоростями // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. 2015. № 3(35). С. 69—72.
9. **Попов И. П.** Математический подход при установлении скорости распространения радиосигнала // Журн. Сиб. федер. ун-та. Техника и технологии. 2020. № 13(3). С. 284—288. DOI: 10.17516/1999-494X-0221.
10. **Попов И. П.** Формальное волновое преобразование уравнения прямолинейного равномерного движения инертного тела // Вестник Удмуртского университета. Физика и химия. 2014. № 1. С. 58—61.

REFERENCE SYSTEMS FOR DETERMINING THE ENERGY OF COLLISIONS OF OBJECTS

I. P. Popov

Kurgan State University, Kurgan, Russia

For the same inert objects moving relative to each other, different coordinate systems give completely different total kinetic energies of objects. Obviously, none of these coordinate systems can be considered as absolute. An absolute coordinate system should be considered such a system, the choice of which completely excludes arbitrariness. This requirement is satisfied by a system in which the total kinetic energy of objects is minimal.

Keywords: coordinates, object, mass, speed, extremum, momentum, center of mass, repulsion.

Bibliography — 10 references.

Received May 15, 2022

УДК 621.793.7
DOI: 10.52190/1729-6552_2022_2_23
EDN: HQSMAP

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ И ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ УПРОЧНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ПЛАЗМЕННЫМ НАПЫЛЕНИЕМ С ОБРАБОТКОЙ УЛЬТРАЗВУКОМ

Е. Ю. Лушпа, канд. техн. наук

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
Москва, Россия

Проведено исследование повышения долговечности деталей машин путем применения упрочняющей технологии с использованием ультразвуковых волн и плазменного напыления. Актуальностью данной работы является обеспечение высокого качества исследуемой детали при использовании современного технологического оборудования. Разработана математическая модель теплофизических параметров плазменного напыления и оптимальных режимов плазменной обработки.

Ключевые слова: математическая модель, теплофизические параметры, плазменное напыление, ультразвуковая обработка.

Повышение эффективности производства и создание конкурентоспособной продукции в условиях рыночной экономики неразрывно связаны с разработкой принципиально новых технологий, основанных на нетрадиционных подходах к организации рабочих процессов формообразования и упрочнения.

Существует достаточное количество технологий напыления, например восстановительно-упрочняющая технология нанесения износостойких металлокерамических покрытий [1].

Технологический процесс плазменного напыления с обработкой ультразвуком представляет собой последовательность операций, начиная от подготовки напыляемого покрытия по толщине слоя, степени адгезии с основой и плотности покрытия.

Для повышения адгезии напыляемых покрытий, защиты от окисления и уменьшения пористости применяют метод плазменного напыления в защитной среде (вакуум, азот, смесь азота с аргоном и водородом) и метод с использованием специальных форсунок, закрывающих

поверхность — область между распылителем и обрабатываемой поверхностью. Сверхзвуковое напыление — перспективное направление в технологии плазменного напыления [2].

Плазменное напыление

Процесс плазменного напыления включает три основных этапа [3]:

- подготовка поверхности;
- напыление и дополнительная обработка покрытия для улучшения свойств;
- механическая обработка для получения окончательных размеров.

Предварительные размеры напыляемых поверхностей следует определять с учетом толщины покрытия и припуска на последующую обработку. Во избежание отслоения покрытия переходы поверхности должны быть плавными, без острых углов. Отношение ширины дефекта к его глубине должно быть не менее двух.

Перед распылением детали необходимо тщательно очистить. Ремонтные детали с промасленными канавками или каналами следует прогреть в духовке при температуре 200—340 °С градусов в течение 2—3 ч, чтобы масло испарилось.

Затем поверхность активируют, придавая ей определенную шероховатость для обеспечения сцепления. Активация производится обдувом детали сжатым воздухом с абразивом или нарезанием порванной нити.

Лушпа Евгений Юрьевич, доцент, профессор кафедры РВСН ВУЦ.
E-mail: euglushpa@list.ru

Статья поступила в редакцию 6 апреля 2022 г.

© Лушпа Е. Ю., 2022

Абразив подбирают с размером зерна 80—150 мкм по ГОСТ 3647-80, либо используют чугун / стальную дробь ДЧК, ДСК № 01-05 по ГОСТ 11964-81.

Шероховатость поверхности для плазменного напыления должна быть 10—60 R_z , поверхность должна быть матовой.

Расстояние от сопла до детали при абразивоструйной очистке должно быть в пределах 80—200 мм, меньшие значения принимают для более твердых материалов, более крупные — для мягких. После этого детали очищают от пыли продувкой сжатым воздухом.

Промежуток времени между очисткой и напылением должен быть не более 4 ч, а при напылении алюминия и других быстроокисляющихся материалов — не более 1 ч.

Для деталей, имеющих форму тел вращения, вместо абразивно-струйной обработки применяется нарезание рваной резьбы. Резьбу нарезают на токарном станке обычной резьбовой фрезой со смещением ниже оси детали. Нить нарезают без охлаждения за один проход.

Для плазменного напыления следует использовать порошки одной фракции, форма частиц — сферическая. Оптимальный размер частиц для металлов — около 100 мкм, а для керамики — 50—70 мкм. Если порошки хранились в

неплотной таре, их следует прокалить при температуре 120—130 °С в течение 1,5—2 ч в сушильном шкафу [3, 4].

Те части детали, которые не подвергают разбрызгиванию, защищают экранами из асбеста или металла или покрытиями.

Предварительный нагрев детали перед напылением осуществляется плазмотроном до температуры 150—180 °С.

Режимы обработки определены экспериментально. Средние значения режимов плазменного напыления следующие:

- расстояние от сопла до детали 100—150 мм;
- скорость струи — 3—15 м/мин;
- скорость вращения детали — 10—15 м/мин;
- угол распыления — 60—90°.

Приведены рекомендуемые режимы для различных материалов в табл. 1, 2 [4].

Общую толщину покрытия собирают за несколько циклов с перекрытием распылительных полосок на 1/3 диаметра пятна распыления [5].

После напыления деталь снимают с плазмотрона, снимают защитные экраны и охлаждают до комнатной температуры.

Таким образом, получаем восстановленную поверхность детали с улучшенными прочностными характеристиками. Структура плазменного покрытия представлена на рис. 1.

Таблица 1

Рекомендуемые режимы для различных материалов

Тип наплавляемого материала	Режимы источника питания				Расход плазмообразующих газов, м³/ч	
	Аргон		Азот			
	Напряжение, В	Сила тока, А	Напряжение, В	Сила тока, А	Аргон	Азот
Самофлюсующиеся никелевые сплавы	65—75	450—460	75—85	450—460	3,6—4,0	3,1—3,6
Сплавы: Ni-Al, Ni-Ti	65—75	430—435	80—85	430—435	3,0—3,6	2,9—3,1
Бронза	60—70	490—500	74—80	490—500	3,2—3,6	3,0—3,1
Алюминий	60—60	490—500	74—80	490—500	3,6—4,0	3,1—3,5

Таблица 2

Рекомендуемые режимы для различных материалов

Тип наплавляемого материала	Расход транспортирующего газа, м³/ч	Давление плазмообразующих газов, МПа		Дистанция напыления, мм	Расход порошка, кг/ч	Коэффициент использования порошка, %
		аргон	азот			
Самофлюсующиеся никелевые сплавы	0,5—0,8	0,70—0,78	0,35—0,4	140—160	8—10	50—55
Сплавы: Ni-Al, Ni-Ti	0,6—0,8	0,6—0,7	0,3—0,35	140—155	7—9	45—50
Бронза	0,4—0,7	0,65—0,7	0,3—0,35	140—150	7,5—9	55—60
Алюминий	0,45—0,75	0,65—0,7	0,3—0,35	140—150	8—9	60—65

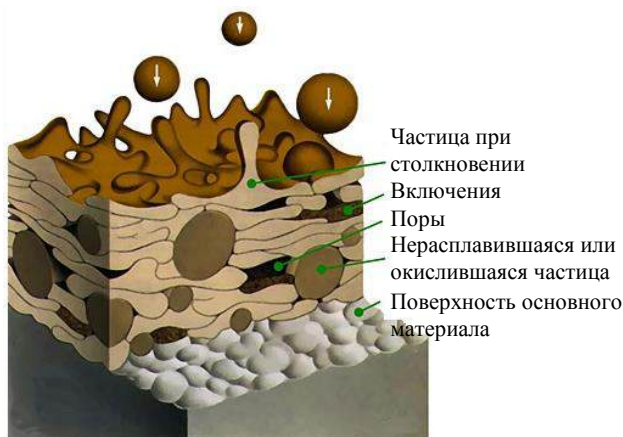


Рис. 1. Структура покрытия, напылённого плазменным способом

Для улучшения качества напыляемых покрытий используют следующие приемы [6]:

- обкатка с роликами под электрическим током;
- напыление с одновременной обработкой металлическими щетками;
- оплавление покрытий из самофлюсующихся сплавов. Плавку производят в печах ТВЧ в нагретых расплавах солей и металлов плазменным, лазерным или газопламенным методом. Температура плавления покрытия никель—хром—бор—кремний—углерод составляет 900—1200 °С.

Окончательные размеры деталей после плазменного напыления достигаются токарным и шлифовальным способами с охлаждением водными растворами и водомасляными эмульсиями. Круги шлифовальные выбирают из электрокорунда марки Э на керамической связке, зернистостью 36—46, твердостью СН. Режимы шлифования, следующие: диапазон скоростей 25—30 м/с, диапазон расхода 5—10 мм/об, скорость вращения детали 10—20 м/мин, подача деталей 0,015—0,03 мм/дв.х.

Далее проводят окончательный осмотр. В случае, если поверхность с покрытием потрескалась, отслоилась, есть риски, почернела, состарилась, не соблюдены размеры, то деталь возвращают для устранения проблемы (не более 1 раза), при этом область нанесения покрытия должна увеличиваться на 10—15 мм по периметру [7].

Математические модели процессов плазменного нагрева

Математические модели процессов плазменного нагрева представлены в ряде работ для конкретных условий обработки. В работе [8] аналогичная задача решена для полых цилин-

дровых деталей с использованием функции внутренних источников тепла. Задача математического моделирования микроплазменной закали в нелинейной одномерной постановке выполнена в работе [9]. Авторами [10] решены связанные внутренние и внешние задачи теплопроводности в нелинейной постановке.

В работе [11] рассмотрена напыления сталей плазменной дугой прямого действия, что сканируется магнитным полем вдоль и поперек движения плазмотрона. Рассчитаны: время аустенизации; время охлаждения от 850 до 450 °С и глубина проникновения изотермы 850 °С. Однако глубина проникновения изотермы может не отвечать толщине термоупрочненного слоя для сталей разного состава, особенно инструментальных высоколегированных, а средняя скорость закали, определяемая за время охлаждения в интервале 850—450 °С при является усредненной, а не истинной, зависимой от времени и координаты.

В основе расчета теплового действия высококонцентрированных источников энергии на материал лежит закон теплопроводности Фурье [12]:

$$dQ = -dx dy dz \left(\frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} + \frac{\partial q_z}{\partial z} \right). \quad (1)$$

Считая теплопроводность одинаковой на всех направлениях, а теплоемкость, температуропроводность и теплопроводность независимыми от температуры, можно вывести дифференциальное выражение, называемое оператором Лапласа:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} = \nabla^2 T. \quad (2)$$

В общем случае данное выражение решения не имеет, поэтому обычно рассматривают отдельные случаи теплопроводности.

К отдельным случаям теплопроводности относят:

- распространение тепла в тонкой пластине;
- распространение тепла в тонком стержне;
- распространение тепла в условиях теплового равновесия;
- плоский стационарный процесс;
- линейный стационарный процесс.

В результате расчет теплового действия ВКДЕ на материал сводится к расчету температуры в произвольной точке с радиус-вектором R [12]:

$$T(y_0, z_0, t) = \frac{2q}{Vc\gamma} \cdot \frac{e^{-\frac{z^2}{4at}}}{\sqrt{4\pi at}} \cdot \frac{e^{-\frac{y_0^2}{4a(t_0+t)}}}{\sqrt{4\pi a(t_0+t)}}. \quad (3)$$

При этом принимаются некоторые допущения, главными из которых являются:

- распространение тепла происходит мгновенно [13];
- свойства материала не зависят от температур [13].

Поскольку в диапазоне температур от 0 до 1600 °С теплопроводность, теплоемкость и температуропроводность значительно изменяются, то расчет температур ведется с большой погрешностью (20—30 %), и оценка теплового действия ВКДЕ на упрочненный материал носит не количественный, а качественный характер.

Построение модели плазменной обработки

При построении модели плазменной обработки необходимо свести к минимуму погрешность расчетов для корректного разграничения вариантов обработки: без оплавления, с микроили макрооплавлением, поскольку температурный диапазон, разграничивающий переход от одного способа обработки к другому, очень малый [14].

Плазменное поверхностное укрепление применяют для повышения эксплуатационных свойств деталей машин.

Для построения математической модели обработки возникает необходимость классификации объектов укрепления по какому-то признаку. Исследуемый вал относится к полу "бесконечное тело", тела имеют плоскую или цилиндрическую поверхность.

Для устранения недостатков, что существующих в математических моделях обработки ВКДЕ, и учета особенностей распространения тепла в детали сложной конфигурации были приняты следующие положения:

- Форма поверхности учитывается введением граничных условий и фиктивных источников нагрева.
- Для снижения погрешности вычислений свойства обрабатываемого материала принимаем зависимыми от температуры:

$$\lambda, C\gamma, a = f(T)$$

- Обобщенная схема плазменной поверхностной обработки представлена на рис. 2 и 3.

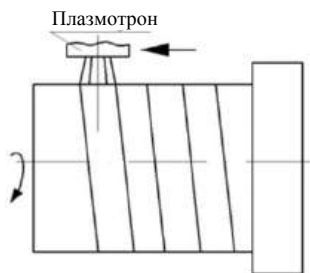


Рис. 2. Схема укрепления массивного тяжело-нагруженного вала

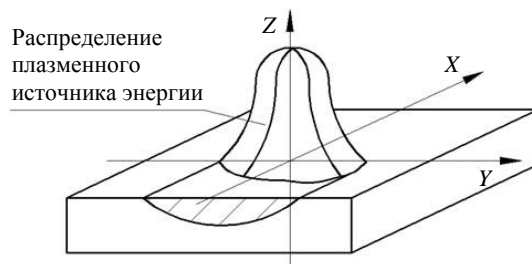


Рис. 3. Обобщенная схема плазменной обработки полубесконечного тела

Для расчета влияния струи высококонцентрированной плазмы на обрабатываемый материал в случае полубесконечного тела (рис. 4) решаем двумерную задачу теплопроводности. Источник тепла располагается на поверхности тела и считается быстро движущимся. Тепло отводится к обрабатываемому телу беспрепятственно.

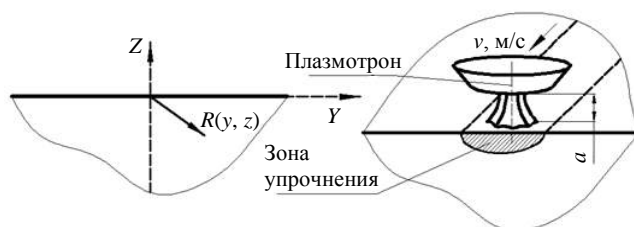


Рис. 4. Схема полубесконечного тела

Получаем зависимость

$$T(y_0, z_0, t) = \frac{2q}{Vc\gamma} \frac{e^{-\frac{z^2}{4at}}}{\sqrt{4\pi at}} \frac{e^{-\frac{y_0^2}{4a(t_0+t)}}}{\sqrt{4\pi a(t_0+t)}}, \quad (4)$$

где q — эффективная удельная мощность плазменного нагрева;
 λ — коэффициент теплопроводности;
 a — коэффициент температуропроводности;
 $C\gamma$ — объемная теплоемкость;

$$t_0 = \frac{1}{4ak} \text{ — постоянная времени нагрева.}$$

Эффективная удельная мощность плазменного нагрева определяется выражением

$$q = \eta_T \eta_C q_0, \quad (5)$$

где η_T — термический КПД плазмотрона;
 η_C — КПД плазменной струи;
 q_0 — мощность, подведенная к струе.

Для расчета температуры нагрева от действия плазменной струи необходимо учитывать, что теплопроводность на границе раздела сред металл—воздух меняется скачкообразно.

Подобный предел принято считать непреодолимым для распространения тепла, поскольку теплопередача вглубь тела гораздо выше, чем из металла в воздух (адиабатический предел). Тепловой поток будет отражаться от этой границы, внося телу дополнительное тепло [14].

Таким образом, при расчете температур в произвольной точке с координатами (y, z) дополнительный нагрев необходимо учитывать введением дополнительного (фиктивного) источника нагрева.

Температуру от действия фиктивного источника нагрева рассчитываем по формуле:

$$T'(y_0, z_0, t) = \frac{2q}{Vc\gamma} \frac{e^{-\frac{z^2}{4at}}}{\sqrt{4\pi at}} \frac{e^{-\frac{(2L+y)^2}{4a(t_0+t)}}}{\sqrt{4\pi a(t_0+t)}}, \quad (6)$$

где L — расстояние от оси теплового потока к адиабатической грани.

Суммарную температуру определяем как сумма температур от действия действительного и фиктивного источников нагрева:

$$T_{\Sigma} = T + T'$$

$$T = \frac{2q}{Vc\gamma} \frac{e^{-\frac{z^2}{4at}}}{\sqrt{4\pi at}} \frac{e^{-\frac{(2L+y)^2}{4a(t_0+t)}}}{\sqrt{4\pi a(t_0+t)}} +$$

$$+ \frac{2q}{Vc\gamma} \frac{e^{-\frac{z^2}{4at}}}{\sqrt{4\pi at}} \frac{e^{-\frac{y_0^2}{4a(t_0+t)}}}{\sqrt{4\pi a(t_0+t)}}.$$

Выносим $\frac{2q}{Vc\gamma} \frac{e^{-\frac{z^2}{4at}}}{\sqrt{4\pi at}}$ за скобки, упрощаем выражение и получаем:

$$T(y_0, z_0, t) = \frac{2q}{Vc\gamma} \frac{e^{-\frac{z^2}{4at}}}{\sqrt{4\pi at}} \times$$

$$\times \left(\frac{e^{-\frac{y^2}{4a(t_0+t)}}}{\sqrt{4\pi a(t_0+t)}} + \frac{e^{-\frac{(2L+y)^2}{4a(t_0+t)}}}{\sqrt{4\pi a(t_0+t)}} \right). \quad (8)$$

На рис. 5 представлена блок-схема расчета тепловых процессов плазменного упрочнения поверхностей.

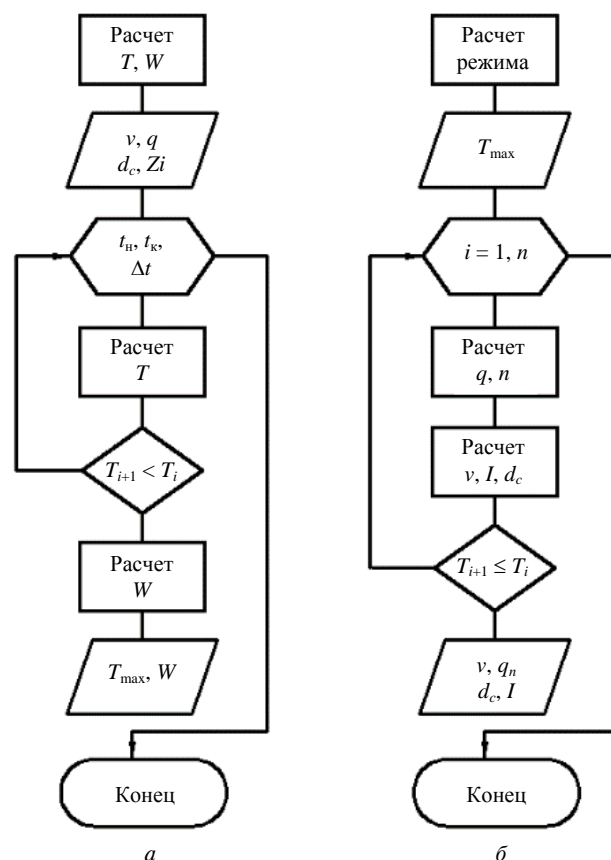


Рис. 5. Блок-схема расчета тепловых процессов плазменного упрочнения инструмента:

а — расчет температуры нагрева тела; б — расчет режимов плазменной обработки

Для реализации этого процесса поверхность инструмента должна быть нагрета до температуры, превышающей температуру плавления не больше чем на 100 °С.

Математическая модель позволяет рассчитать погонную энергию, необходимую для этого.

В случае полубесконечного тела погонную энергию определяем по формуле:

$$\frac{q}{V} = \frac{Tc\gamma}{2} \frac{\sqrt{4\pi at}}{e^{-\frac{z^2}{4at}}} \frac{\sqrt{4\pi a(t_0+t)}}{e^{-\frac{y_0^2}{4a(t_0+t)}}}. \quad (9)$$

Приобретая необходимое значение погонной энергии, можно определить силу тока и скорость обработки.

Результаты

Оптимизация других технологических параметров плазменного поверхностного укрепления нецелесообразна. Напряжение дуги зависимо и меняется с увеличением силы тока, а изменение расхода плазмообразующего газа или увеличивает газодинамические действия плазменной струи на оплавленную поверхность обрабатываемого материала, что приводит к ухудшению качества поверхности, или снижает стабильность плазменной дуги.

Наиболее перспективной конструкцией плазмотрона для поверхностного укрепления инструмента является плазмотрон непрямого действия с секционной межэлектронной вставкой. При использовании ультразвуковой обработки при нанесении плазменного покрытия увеличивается поверхностная прочность, т. к. ультразвуковое воздействие вызывает деформации в кристаллической решетке [15].

Заключение

Разработан технологический процесс применения плазменного напыления с ультразвуковой обработкой. Определены режимы обработки, толщина слоя в зависимости от материала, принципиальная схема напыления. Проведены исследования по прочности соединения напыленного покрытия, циклической прочности, коррозионной стойкости, триботехнологических характеристик в соединении с сопряженными деталями [16].

Напыление с одновременным ультразвуковым воздействием приводит к формированию плотного, гомогенного покрытия с модифицированной на всех масштабных уровнях структурой и высокой микротвёрдостью. Плазменные покрытия, напылённые с ультразвуковой обработкой, демонстрируют высокие характеристики износостойкости в условиях фреттинг-коррозии, повышают адгезионные свойства поверхности, коррозионную стойкость, а также улучшают триботехнические показатели [17].

ЛИТЕРАТУРА

1. Коломейченко А. В., Кравченко И. Н., Соловьев Р. Ю. и др. Ресурсосберегающие восстановительно-упрочняющие технологии нанесения износостойких металлокерамических покрытий // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2020. № 1. С. 18—22. DOI 10.31044/1684-2561-2020-0-1-18-22.
2. Горященко С. Л. Формирование полимерных покрытий ультразвуковым распылителем // Вестник Херсонского национального технического университета. 2018. № 1(64). С. 34—39. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-polimernyh-pokrytiy-ultrazvukovym-raspylitelem> (дата обращения: 14.03.2022).
3. Assael M. J., Dix M., Gialou K., Vozar L., Wakeham W. A. Application of the transient hot-wire technique to the measurement of the thermal conductivity of solids // International J. Thermophysics. 2002. V. 23. P. 615—633. DOI: 10.1023/A:1015494802462.
4. Gustafsson S. E., Karawacki E., Khan M. N. Transient hot-strip method for simultaneously measuring thermal conductivity and thermal diffusivity of solids and fluids // J. Physics D: Applied Physics. 2001. V. 12. P. 1411—1421. DOI: 10.1088/0022-3727/12/9/003.
5. Hammerschmidt U., Sabuga W. Transient hot strip (THS) method: uncertainty assessment // International J. Thermophysics. 2000. V. 21. P. 217—248. DOI: 10.1023/A:1006621324390.
6. Watanabe H. Further examination of the transient hot-wire method for the simultaneous measurement of thermal conductivity and thermal diffusivity // Metrologia: International J. Scientific Metrology. 2002. V. 39. № 1. P. 65—82. DOI: <http://dx.doi.org/10.1088/0026-1394/39/1/9>.
7. Gustavsson M., Gustavsson J., Gustafsson S., Hålldahl L. Recent developments and applications of the hot disk thermal constants analyser for measuring thermal transport properties of solids. High Temperatures-High Pressures. 2000. V. 32. P. 47—51. DOI: 10.1068/htwu259.
8. Hot Disk. Hot Disk/Technology/In-depth [Internet]. 2021. Available from: <http://www.hotdiskinstruments.com/technology/in-depth.html> [Accessed: 2022-03-12].
9. Uher C, Morelli D, et al. Thermal Conductivity 25 / Thermal Expansion 13. 1st ed. — New York: CRC Press. 2019. —391 p.
10. Wulf R., Barth G., Gross U. Intercomparison of insulation thermal conductivities measured by various methods // International Journal Thermophysics. 2018. V. 28: P. 1679—1692. DOI: 10.1007/s10765-007-0278-8.
11. Parker W. J., Jenkins R. J., Butler C. P., Abbott G. L. Flash method of determining thermal diffusivity, heat capacity, and thermal conductivity // J. Applied Physics. 1961. V. 32: P. 1679—1684. DOI: <http://dx.doi.org/10.1063/1.1728417>.
12. Панфилова Е. В., Сырицкий А. Б., Доброносова А. А. Применение методов сканирующей зондовой микроскопии в исследовании опаловых наноструктур // Инженерный журнал: наука и инновации. 2018. № 1(73). С. 5. DOI: 10.18698/2308-6033-2018-1-1721.
13. Ogawa M., Mukai K., Fukui T., Baba T. The development of a thermal diffusivity reference material using alumina // Measurement Science and Technology. 2001. V. 12. № 12. P. 2058—2063.

14. Hay B., Filtz J. R., Hameury J., Rongione L. Uncertainty of thermal diffusivity measurements by laser flash method // International J. Thermophysics. 2005. V. 26: P. 1883—1898. DOI: 10.1007/s10765-005-8603-6.
15. Vozar L., Hohenauer W. Uncertainty of thermal diffusivity measurements using the laser flash method // International J. Thermophysics. 2005. V. 26. № 6. P. 1899—1915. DOI: 10.1007/s10765-005-8604-5.
16. Choi T. Y., Maneshian M. H., Kang B., Chang W. S., Han C. S., Poulikakos D. Measurement of thermal conductivity and convective heat transfer coefficient of water-based single-walled carbon nanotubes solution by modified 3- ω method // Nanotechnology. 2009. V. 20. № 31. DOI: 10.1088/0957-4484/20/31/315706.
17. Сухинина Е. В., Ермаков М. А., Шастин В. И. Ультразвуковое кавитационное удаление заусенцев с поверхности малогабаритных деталей // Молодой ученый. 2018. № 9(195). С. 53—54. [Электронный ресурс]. URL: <https://moluch.ru/archive/195/48595/> (дата обращения: 14.03.2022).

DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL OF THERMOPHYSICAL PARAMETERS OF PLASMA SPRAYING AND OPTIMAL MODES OF PLASMA TREATMENT TO IMPROVE THE TECHNOLOGY OF HARDENING THE SURFACE LAYER BY PLASMA SPRAYING WITH ULTRASONIC PROCESSING

E. Yu. Lushpa

Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, Russia

The aim of the work is to study the increase in the durability of machine parts by hardening technology using ultrasonic waves and plasma spraying. The relevance of this work is to ensure the high quality of the studied part using modern technological equipment. A mathematical model of thermophysical parameters of plasma spraying and optimal modes of plasma treatment has been developed.

Keywords: mathematical model, thermophysical parameters, plasma spraying, ultrasonic treatment.

Bibliography — 17 references.

Received April 6, 2022

УДК 001.891.57

DOI: 10.52190/1729-6552_2022_2_30

EDN: HRDPVS

МЕТОДИКА ОЦЕНИВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ, РЕАЛИЗУЕМАЯ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ АППАРАТА НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКИ

Р. В. Катюха, канд. техн. наук

Военно-космическая академия имени А. Ф. Можайского, Санкт-Петербург, Россия

А. В. Евенко

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), Москва, Россия

Предложен подход к решению задач идентификации технического состояния космических аппаратов, как сложных технических систем (СТС) на основе многопараметрического анализа их состояния по совокупности параметров телеметрической информации на основе интеллектуальной технологии мониторинга и управления.

Ключевые слова: многопараметрический анализ, сложный технический объект, идентификация, мониторинг.

Существующие и проектируемые сложные технические объекты (СТО) как элементы СТС являются сложными управляемыми объектами, информация о функциональном состоянии которых передается в виде текущих значений измерительной информации в соответствующую систему управления. Повышение уровня сложности СТО требует существенного увеличения количества контролируемых параметров, характеризующих процессы его функционирования, количество которых для большого класса систем в ответственных приложениях (ракетно-космическая, авиационная, корабельная техника, сложные системы электроснабжения, радиоэлектронные и автоматизированные системы и комплексы различного назначения и ведомственной принадлежности и т. п.) уже сегодня достигают нескольких сотен и тысяч [1, 2].

Все это происходит из-за того, что не существует такой технологии оценивания состояния СТО, которая позволила бы на основе единого методологического подхода обосновать и сформировать некоторый унифицированный комплекс программно-алгоритмических средств обработки и анализа используемой при монито-

ринге измерительной информации и синтезировать исполнительные системы автоматизированных средств мониторинга состояния — для конкретных условий применения с использованием моделей, инвариантных происходящим на СТО процессам. А это, в свою очередь, имеет место из-за отсутствия опыта создания и эксплуатации соответствующих крупномасштабных унифицированных программных средств. Для таких средств не решены вопросы организации вычислений в составе распределенной системы мониторинга, создания системы математических моделей, достаточно адекватных контролируемым процессам и явлениям, и ориентированным на свою реализацию в существующей программно-аппаратной среде. Кроме того, отсутствует единая технология разработки программных средств для решения конкретных задач мониторинга, не решен целый ряд других сопутствующих проблем. Все это не позволяет обеспечить достижения приемлемых характеристик функционирования системы мониторинга, а значит, успешную реализацию всех функций управления СТС.

Одной из основных особенностей СТС является то, что их параметры и структуры на различных этапах жизненного цикла изменяются под действием объективных и субъективных причин. Другими словами, на практике мы сталкиваемся постоянно со структурной динамикой СТС. В этих условиях для повышения (сохранения) уровня работоспособности и возможностей СТС либо обеспечения наилучших условий деградации указанных систем необхо-

Катюха Роман Васильевич, преподаватель кафедры.

E-mail: romankatyuha@mail.ru

Евенко Александр Валериевич, заместитель начальника кафедры.

E-mail: alex.question@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 21 марта 2022 г.

© Катюха Р. В., Евенко А. В., 2022

димо осуществлять управление их структурами (в том числе управление реконфигурацией структур СТС).

Решение проблемы управления структурной динамикой СТС предполагает исследование следующих задач: анализа структурной динамики СТС; оценивания (наблюдения) структурных состояний и структурной динамики СТС; синтеза оптимальных технологий и программ управления структурной динамикой СТС в различных условиях обстановки (в том числе задачи синтеза технологий мониторинга состояний СТС и ее основных элементов — сложных технических объектов).

Поэтому весьма актуальным становится совершенствование прикладных подходов теории управления структурной динамикой СТС, которая позволит с единых управленческих позиций подойти к решению проблемы многоструктурного синтеза СТС на различных этапах их жизненного цикла [2]. Данная теория, как показывает анализ результатов исследований в предметной области, должна формироваться в рамках междисциплинарной отрасли научных знаний и основываться на результатах, полученных в классической теории управления, в исследовании операций, в искусственном интеллекте, в теории систем и системном анализе.

Рассмотрим некоторые подходы к решению прикладных задач мониторинга технического состояния СТО на примере космических аппаратов.

Важнейшей задачей управления космическими аппаратами является идентификация их технического состояния, что возможно при их многопараметрическом анализе в целях повышения оперативности принятия решений персоналом пункта управления космическими аппаратами.

Многопараметрический анализ дает возможность идентификации технического состояния космического аппарата по совокупности параметров телеметрической информации, получаемой с борта космического аппарата, а также наблюдения за изменением технического состояния космического аппарата при изменении влияющих на него параметров телеметрической информации. Проанализируем существующие теоретические подходы к решению задачи оценки состояния космического аппарата и принятию решений оперативным персоналом на основе данной информации.

Традиционный подход к моделированию многопараметрических процессов предусматривает возможность регистрации выходного показателя при разных сочетаниях, влияющих на него факторов, с последующим построением

регрессионной зависимости. Однако отсутствие экспериментальной установки лишает исследователя такой возможности. В этих условиях единственным источником информации для моделирования являются экспертные знания, которые носят, как правило, качественный характер, т. е. могут быть использованы только в виде экспертных естественно-языковых высказываний типа "ЕСЛИ-ТО". Такие сугубо нелинейные зависимости представляют собой концентрацию опыта специалистов и играют значительную роль в практике принятия решений человеком в задачах идентификации.

Теория идентификации, которая базируется на моделировании динамических объектов уравнениями, недостаточно приспособлена для использования экспертных знаний об объекте [3, 4]. Формальным аппаратом для обработки экспертной информации на естественном языке является теория нечетких множеств и лингвистических переменных. Согласно этой теории, модель объекта задается в виде, так называемой, нечеткой базы знаний, которая представляет собой совокупность правил "ЕСЛИ-ТО", связывающих лингвистические оценки входных параметров и выходных оценок объекта.

Общая схема этапов решения данной задачи, независимо от практической реализации включает следующие этапы:

- анализ процесса идентификации технического состояния космического аппарата;
- разработка математической модели идентификации технического состояния космического аппарата;
- разработка алгоритма настройки модели идентификации технического состояния ка;
- разработка системы поддержки принятия решений для оперативного персонала пункта управления космическими аппаратами;
- разработка методики оценки эффективности системы поддержки принятия решений.

В [4] показан один из подходов к решению задачи. Разработана методика многопараметрической идентификации технического состояния космического аппарата на базе нечеткой логики. Эта методика представляет собой взаимосвязанную совокупность математических моделей и алгоритмов, обеспечивающих возможность использования доступной экспертной информации для оценки технического состояния космического аппарата и исследования зависимости технического состояния от влияющих на него параметров телеметрической информации.

Определены параметры телеметрической информации, влияющие на техническое состояние космического аппарата, в виде дерева логиче-

ского вывода, корень которого соответствует оценке состояния космического аппарата, а ветви — влияющим на него параметрам телеметрической информации, рассматриваемым как логическая переменная.

Идея предлагаемого метода для решения поставленной задачи состоит в использовании нечетких логических уравнений, которые строятся на базе матрицы знаний и системы логических высказываний. Они позволяют вычислить значения функций принадлежности различных результатов идентификации при фиксированных значениях телеметрических параметров. В качестве искомого решения будем выбирать решение с наибольшим значением функций принадлежности.

Лингвистические оценки α_i^{jp} переменных x_1, x_2, \dots, x_n , входящих в логические высказывания о решениях $d_j, j = \overline{1, m}$, рассмотрены как нечеткие множества, определенные на универсальных множествах $X_i = [x_i, \bar{x}_i], i = \overline{1, n}$.

Рассмотрены функции:

$\mu^{a_i^{jp}}(x_i)$ — принадлежности параметра $x_i \in [x_i, \bar{x}_i]$ нечеткому терму $\alpha_i^{jp}, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}, p = \overline{1, l_i}$;

$\mu^{d_j}(x_1, x_2, \dots, x_n)$ — принадлежности вектора телеметрических параметров $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ значению выходной оценки $y = d_j, j = \overline{1, m}$.

Связь между этими функциями определяется нечеткой базой знаний и может быть представлена в виде системы уравнений:

$$\begin{aligned} \mu^{d_j}(x_1, x_2, \dots, x_n) &= \mu^{a_1^{j1}}(x_1) \wedge \mu^{a_2^{j1}}(x_2) \wedge \dots \wedge \\ &\wedge \mu^{a_n^{j1}} \vee \mu^{a_1^{j2}}(x_1) \wedge \mu^{a_2^{j2}}(x_2) \wedge \dots \wedge \\ &\wedge \mu^{a_n^{j2}}(x_n) \vee \dots \vee \mu^{a_1^{jl_j}}(x_1) \wedge \mu^{a_2^{jl_j}}(x_2) \wedge \dots \wedge \\ &\wedge \mu^{a_n^{jl_j}}(x_n), j = \overline{1, m}. \end{aligned} \quad (1)$$

Эти уравнения получены из нечеткой базы знаний путем замены лингвистических термов на их функции принадлежности, а операции И и ИЛИ — на операции \wedge и \vee .

Для краткости система уравнений (1) может быть записана следующим образом:

$$\mu^{d_j}(x_i) = \bigvee_{p=1}^{l_j} \left[\bigwedge_{i=1}^n \mu^{a_i^{jp}}(x_i) \right], j = \overline{1, m}. \quad (2)$$

Нечеткие логические уравнения являются аналогом введенной Заде процедуры нечеткого логического вывода, которая осуществляется с помощью операции "нечеткая (min-max) композиция".

Учитывая, что в теории нечетких множеств операциям \wedge и \vee соответствуют операции min и max, (2) представим в виде

$$\mu^{d_j}(x_i) = \max_{p=1, l_j} \left\{ \min_{j=1, n} \left[\mu^{a_i^{jp}}(x_i) \right] \right\}. \quad (3)$$

Рассмотренные нечеткие логические уравнения вместе с функциями принадлежности нечетких термов позволяют принять решение по техническому состоянию космического аппарата в соответствии со следующим алгоритмом:

1. Фиксируются значения телеметрических параметров технического состояния космического аппарата $X^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_m^*)$.

2. Определяются функции принадлежности $\mu^j(x_i^*)$ при фиксированных значениях параметров $x_i^*, i = \overline{1, m}$, с использованием методики определения функций принадлежности.

3. Вычисляются значения функций принадлежности $\mu^{d_j}(x_1^*, x_2^*, \dots, x_m^*)$ при векторе состояния $X^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_m^*)$ для всех состояний d_1, d_2, \dots, d_n с использованием логических уравнений, при этом логические операции И (\wedge) и ИЛИ (\vee) над функциями принадлежности заменяются на операции min и max:

$$\begin{aligned} \mu(x) \wedge \mu(y) &= \min[\mu(x), \mu(y)], \\ \mu(x) \vee \mu(y) &= \max[\mu(x), \mu(y)]. \end{aligned} \quad (4)$$

4. Определяется решение d_j^* , для которого:

$$\mu^{d_j^*}(x_1^*, x_2^*, \dots, x_m^*) = \max_{j=1, m} \left[\mu^{d_j}(x_1^*, x_2^*, \dots, x_m^*) \right]. \quad (5)$$

Структура обобщенной математической модели идентификации технического состояния представлена в виде дерева логического вывода, отражающего классификацию параметров, влияющих на оценку технического состояния. Ко-

рень дерева соответствует результату идентификации, а вершины — влияющим телеметрическим параметрам. Выходной результат идентификации состояния космического аппарата и влияющие на него параметры рассматриваются как лингвистические переменные, которые оцениваются при помощи нечетких термов на соответствующих универсальных множествах. Моделирование процесса принятия решения по идентификации технического состояния космического аппарата на базе нечеткой логики осуществляется с использованием доступной экспертной информации в виде правил "ЕСЛИ-ТО", связывающих нечеткие термы параметров телеметрической информации и результат идентификации технического состояния космического аппарата.

В модели идентификации технического состояния систем космического аппарата, построенных на базе нечеткой логики, предполагается, что веса всех экспертных правил "ЕСЛИ-ТО" равны единице. Все правила, составляющие основу модели, являются равнозначными. Однако, по мере появления экспериментальных данных, можно подобрать такие веса правил, которые приблизят нечеткую модель оценки к реальным, т. е. к экспериментальным зависимостям. Далее выполняется адаптация или настройка нечеткой модели.

Вес правила — это число из диапазона (01), которое характеризует субъективную меру уверенности эксперта в данном правиле.

С введением правил система уравнений (3) примет следующий вид:

$$\mu^{dj}(x_i) = \max_{p=1, \overline{l_j}} \left\{ W_{jp} \min_{j=1, \overline{n}} \left[\mu^{ajp}(x_i) \right] \right\}, \quad (6)$$

где W_{jp} — вес jp -го правила строки, $j = \overline{1, m}$, $p = \overline{1, k_j}$.

Если $W_{jp} = 1$, то мы переходим к формуле (3).

Алгоритм настройки весов правил градиентным методом в данном случае будет таким

1. Задается начальное значение вектора $\mathbf{W} : W_i = W_0$,

где \mathbf{W} — вектор весов правил в нечеткой базе знаний, входящих в модель процесса идентификации;

W_i — текущее значение вектора \mathbf{W} ;

W_0 — начальное значение вектора \mathbf{W} ;

\mathbf{G} — вектор единичной длины, направленный в сторону, противоположную градиенту функции $F(W)$.

2. Находим вектор \mathbf{G} для функции $F(W)$ в точке W_i .

Обозначим:

λ — достаточно малое приращение аргументов;

ΔW_i — вектор приращения W , j -й элемент которого равен 0, если $j \neq i$ и λ , если $j = i$;

Δ — вектор градиента.

Тогда вектор \mathbf{G} можно найти по следующему алгоритму:

- находится вектор Δ :

$$\Delta = \frac{\Delta_1}{\lambda}, \frac{\Delta_2}{\lambda}, \dots, \frac{\Delta_r}{\lambda}, \quad (7)$$

где $\Delta_i = F(W + \Delta W_i) - F(W)$;

- находится вектор \mathbf{G} :

$$\mathbf{G} = \frac{\Delta}{|\Delta|},$$

где \mathbf{G} — вектор единичной длины, направленный в сторону, противоположную градиенту функции $F(W)$.

3. Задаем в качестве текущего значения шага S_T максимальное значение $S_T = S_{\max}$,

где $S_{\max}(S_{\min})$ — максимальная (минимальная) длина шага вдоль вектора \mathbf{G} ;

S_T — текущее значение шага;

4. Задаем новое значение вектора W

$$W_{i+1} = W_i + S_T \mathbf{G}. \quad (8)$$

5. Корректируем W_{i+1} в соответствии с ограничениями:

$$\begin{aligned} W_k \in W_i \wedge W_k > 1 &\Rightarrow W_k = 1; \\ W_k \in W_i \wedge W_k < 0 &\Rightarrow W_k = 0. \end{aligned} \quad (9)$$

Обозначим W'_{i+1} — вектор W_{i+1} после корректировки, где W_{i+1} — значение вектора \mathbf{W} на следующем шаге.

6. Если $F(W'_{i+1}) < F(W_i)$, т. е. возможен шаг длиной S_T вдоль вектора \mathbf{G} , то делается новая точка текущей $W_i = W'_{i+1}$ и производится переход к шагу 2,

где $F(W) = \sum_{k=1}^H \left[d^k - d_m^k(W, X^k) \right]^2$ — критерий оптимизации.

7. Уменьшаем значение шага $S_T = S_T k_{ym}$,

где k_{ym} — коэффициент уменьшения шага ($0 < k_{ym} < 1$).

8. Если найдено оптимальное W , т. е. $S_T < S_{\min}$, то работа алгоритма завершается, в противном случае производится переход к шагу 4.

Отмечая несомненные достоинства и простоту данного метода необходимо отметить и следующий недостаток. В таком подходе определяется набор телеметрических параметров, влияющих на техническое состояние космического аппарата. Для оценки каждого параметра телеметрической информации вводится термножество, которое содержит оценки вида: "высокий, выше среднего, средний, ниже среднего, низкий".

Поэтому, для устранения этого недостатка можно применить результаты теории распознавания образов [3, 5]. За счет расширения спектра применения методов распознавания образов в последнее десятилетие эта теория получила бурное развитие и сформировалась в отдельное научное направление прикладной математики. Это объясняется рядом причин, среди которых можно выделить, следующие. С одной стороны, многие задачи обработки и анализа информации могут быть сведены к задаче распознавания, с другой — наличие большого количества плохо формализуемых реальных систем, для которых стоит актуальная задача их изучения и моделирования поведения. При этом для таких систем не удастся, как правило, синтезировать математические модели традиционными в математике средствами — из-за невозможности точного описания модели изучаемых явлений (процессов) или неспособности реализовать необходимые вычисления по синтезированной модели с помощью существующих или появляющихся в обозримом будущем вычислительных средств.

Благодаря усилиям многих научных школ и направлений, теория распознавания образов обогатилась большим количеством методов, эффективно действующих в различных сферах своего применения. Практически все они решают задачу "черного ящика", суть которой состоит в следующем: опираясь на некоторую ограниченную, неполную, намеренно или ненамеренно искаженную, стохастическую информацию об изменении наблюдаемых параметров, необходимо сформулировать достаточно четкое суждение о наиболее существенных свойствах явления (или процесса) — источника информации, получить прогноз его динамики, иначе говоря, построить практически полезную математическую модель. В рамках теории распознавания образов эта задача принимает множество приложений: обнаружение закономерностей, восстановление зависимостей по эмпирическим данным, выявление регулярностей, эмпирическое предска-

ние, анализ данных, принятие решений на основе прецедентов и т. д.

В [2] показаны некоторые подходы к решению задач распознавания образов технических объектов в реальном масштабе времени. При этом постановка задачи для традиционной системы распознавания включает следующее.

Введен ряд базовых множеств и отношений.

$\Omega = \{\omega\}$ — множество распознаваемых объектов, образов, которые в ходе распознавания (классификации) должны быть отнесены к одному из классов образов.

$\Omega' \subset \Omega$ — множество ТС, являющееся обучающим множеством образов (ТС) — для систем распознавания, обладающих в какой-либо степени обучаемостью (системы с обучением, с самообучением).

$X = \{x\}$ — множество (словарь) признаков, формирующее при распознавании некоторое признаковое пространство.

$G = \{g\}$ — множество классов образов или классов ТС, принадлежность к одному (в частных случаях — некоторой группе) из которых необходимо определить в процессе распознавания. Как правило, для технических систем распознавания этому множеству соответствует некоторое множество решений (управлений) соответствующей надсистемы для рассматриваемой системы распознавания — системы управления, функционирующей совместно. Можно предположить (для большинства систем распознавания), что $|G| < +\infty$.

К базовым относятся следующие отношения.

$\eta: \Omega' \rightarrow G$ — функциональное отношение (отображение), ставящее в соответствие каждому элементу обучающего множества Ω' единственный элемент множества классов — отношение обучения.

Введен также еще ряд метаформализмов:

$A = \{\alpha\}$ — множество вариантов разбиения множества объектов ω на классы. Тогда, если выбран некоторый вариант α разбиения, то множество Ω разбивается на m_α классов;

$C = \{c\}$ — множество значений стоимостей (затрат, ресурсов) на получение значений каждого признака из множества признаков X . Тогда $C = \sum_{j=1(1)|X|} c_j$ стоимость (затраты) на получение значений признаков признакового пространства;

$R = F(A, X, C)$ — выигрыш или, в более общем случае, показатель эффективности системы распознавания как функция от выбранного сло-

варя признаков, варианта разбиения множества объектов и затрат на получение значений признаков.

С учетом введенных элементов, задача распознавания в наиболее общем случае решается в два этапа. Первый — обучение системы распознавания и второй — непосредственно распознавание.

Первый этап — обучение системы распознавания заключается в реализации итеративной процедуры, уточняющей априорное разбиение A^0 множества объектов Ω и априорного словаря признаков X^0 при наличии описания отношения обучения η и, с учетом максимальных затрат ресурсов, C_0 , которые доставляют максимум в функцию $R = F(A, X, C)$ и формируют отношения измерения ϕ и интерпретации δ . Поскольку этот процесс является итеративным, то процесс обучения требует наличия сходящейся последовательности

$$R^0, R^1, \dots, R^i, \dots,$$

каждый элемент которой обеспечивает нахождение разбиения A^i и словаря признаков X^i за счет доставки максимума величины R^i , т. е. выполнения [2]

$$R^i = \max_{A^i} \max_{X^i} F(A^{i-1}, X^{i-1}, C).$$

Второй этап — непосредственно распознавание.

Таким образом, сформулированная задача распознавания допускает существующие частные случаи, когда, например последовательность $R^0, R^1, \dots, R^i, \dots$ вырождается в единственное значение; словарь признаков не допускает каких-либо изменений; в качестве ресурсов выступают стоимостные или временные ресурсы, затрачиваемые на процесс распознавания и т. д.

Частным случаем для такой общей задачи является и случай *структурно-потокowo-многоуровневого* (СПМ) распознавания. Термином СПМ подчеркивается наличие трех основных качеств этого типа распознавания:

– *структурность* распознавания означает, что основным носителем знаний о предметной области является топологическая структура параметров ТС;

– *потокowoсть* означает, что процесс распознавания предполагает наличие потокowoй асинхронной модели вычислений, обеспечивающей непрерывное получение результатов распознавания в РМВ;

– *многоуровневость* означает, что процесс распознавания включает в себя несколько уровней, причем таких, что результаты распознавания на более низких уровнях используются как исходные данные распознавания на более высоких уровнях.

Заключение

Таким образом, для решения задач повышение оперативности принятия решений персоналом пункта управления космическими аппаратами при идентификации технического состояния космических аппаратов разработан подход с использованием теории нечетких множеств и лингвистических переменных.

С учетом наличия большого количества плохо формализуемых реальных систем, для которых стоит актуальная задача их изучения и моделирования поведения, для задачи обработки и анализа информации предложено применить некоторые постулаты теории распознавания.

В конечном итоге данный подход позволит разработать систему поддержки принятия решений для оперативного персонала пункта управления космическими аппаратами при идентификации их технического состояния.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шикин Е. В., Чхартишвили А. Г. Математические методы и модели в управлении. — М.: Дело. 2000. — 437 с.
2. Охтилев М. Ю. и др. Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов. — М.: Наука, 2006. — 408 с.
3. Евгенийев Г. Б. Модели вместо алгоритмов. Смена парадигмы разработки прикладных систем // Информационные технологии. 1999. № 3. С. 38—44.
4. Бадамшин Р. А., Ильясов Б. Г., Черняховская Л. Р. Проблемы управления сложными динамическими объектами в критических ситуациях на основе знаний. — М.: Машиностроение, 2003. — 240 с.
5. Дуда Р., Харт П. Распознавание образов и анализ сцен / пер. с англ. Вайнштейна Г. Г. и Васильковского А. М., под ред. Стефанюка В. Л. — М.: Мир, 1976. — 511 с.

THE TECHNIQUE OF ASSESSING THE TECHNICAL CONDITION OF SPACECRAFT, IMPLEMENTED ON THE BASIS OF THE USE OF FUZZY LOGIC APPARATUS

R. V. Katyukha

Military Space Academy named after A. F. Mozhaisky, St. Petersburg, Russia

A. V. Evenko

Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, Russia

An approach to solving the problems of identifying the technical condition of spacecraft as complex technical systems based on a multiparametric analysis of their condition by a set of parameters of telemetry information based on intelligent monitoring and control technology is proposed.

Keywords: multiparametric analysis, complex technical object, identification, monitoring.

Bibliography — 5 references.

Received March 21, 2022

УДК 621.396.67
DOI: 10.52190/1729-6552_2022_2_37
EDN: HTHRZR

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТРАЖАЮЩИХ ПЛАСТИН ДЛЯ КОМПОЗИТНЫХ АНТЕНН

М. А. Назаренко, канд. физ.-мат. наук; Д. А. Малиев

Институт перспективных технологий и индустриального программирования,
МИРЭА — Российский технологический университет, Москва, Россия

Рассмотрены параметры, характеристики и результаты для наиболее эффективного контроля качества при производстве композитных антенн. Приведен список мер по обеспечению качества антенн, при изготовлении которых используются полимерные композиты. Описаны основные требования к качеству рефлекторов. Перечислены основные требования международного обеспечения качества. Рассмотрены все версии стандарта ISO 9000 и упомянуты основные концепции обеспечения качества композитных антенн.

Ключевые слова: проверка, композитные материалы, обеспечение качества, антенна, многослойная пленка, антенный отражатель.

Полимерные композиты (ПК) популярны во всем мире в военной, гражданской и космической промышленности [1]. Прежде всего потому, что полимерный композитный материал (ПКМ) очень твердый и легкий, и самое главное, может быть изготовлен в различных формах. Методы принятия ПКМ включают технологию автоклавирования, используемую для больших и сложных продуктов, и технологию без автоклавирования, используемую для производства небольших объемов. ПКМ еще не очень известны и поэтому их используют в продукции с высоким уровнем риска и высокими требованиями [2]. Следовательно, процесс обеспечения качества продукции должен иметь управление и контроль за выявлением несоответствий на всех этапах производства. В данной работе рассмотрены параметры, необходимые для мониторинга и управления процессом на протяжении всего производственного процесса ПКМ.

Качество — степень соответствия совокупности присущих характеристик объекта требованиям [3].

Обеспечение качества — часть менеджмента качества, направленная на создание уверен-

ности, что требования к качеству будут выполнены [3] при хранении, транспортировке и использовании продуктов.

Качество продукта зависит от сочетания внешних и внутренних факторов.

Внешние факторы:

- требования к качеству;
- источники средств и ресурсов;
- законы и правила о качестве.

В качестве внутренних можно рассматривать следующие факторы:

- Оборудование и материалы;
- Передовые технологии;
- Хорошее управление бизнесом;
- Высококвалифицированные сотрудники.

Основные международные требования к обеспечению качества на различных этапах процесса производства продукции описаны в ISO 9000, который существует в трех версиях: ISO 9001, ISO 9002 и ISO 9003 [4]. ISO 9004 — это методический стандарт, в который входят ISO 9041, ISO 9042, ISO 9043 и ISO 9044 [5]. ISO 9000 используется и признан практически во всех странах мира. В России ГОСТ ИСО 9001-96 и ГОСТ Р ИСО 9002-96 соответствуют тем же стандартам, что и ИСО 9001, ИСО 9002 и ИСО 9003 [6].

ISO 9000 предоставляет руководство по применению стандартов к окружающей среде и рабочим процессам организации. Ранее ISO 9001-9003 были предназначены для обеспечения качества на различных этапах производства.

— Сертификация по ISO 9001:1994. Целью этого стандарта — обеспечение качества в разработке и производстве.

Назаренко Максим Анатольевич, заведующий кафедрой электроники.

E-mail: nazarenko@mirea.ru

Малиев Дмитрий Анатольевич, аспирант кафедры электроники.

E-mail: dmitrii_maliev@mail.ru

Статья поступила в редакцию 16 мая 2022 г.

© Назаренко М. А., Малиев Д. А., 2022

– Стандарт ISO 9002:1994. Система качества. Целью этого стандарта являлось обеспечение качества в разработке и производстве.

– Норма ISO 9003:1994. Система качества. Этот стандарт был разработан для управления готовой продукцией на завершающем этапе.

В дальнейшем в серии осталась только одна модель системы качества, ISO 9001 (начиная с версии 2000 г.) [7]. ISO 9004 предоставляет собой руководящие принципы по внедрению и управлению качеством на предприятиях. Как упоминалось ранее, этот стандарт включает четыре стандарта: ISO 9004-1, ISO 9004-2, ISO 9004-3 и ISO 9004-4, каждый из которых содержит рекомендации по техническому обслуживанию, обеспечению качества и улучшению качества. Цель ISO 9004 — обеспечить работу систем качества и в будущем, чтобы никаких проблем не возникало. Кроме того, в норме содержатся рекомендации по подготовке персонала на разных уровнях. В соответствии с международным стандартом ISO 9000 [3] руководители несут ответственность за качество.

Очень важной особенностью системы, предлагаемой стандартом ISO, является определение и оценка стоимости качества продукта. Практикуя применение норм, мы можем осознать ценность улучшения норм в будущем. Два стандарта, ISO 10011 (Руководство по аудиту систем качества) и ISO 10012 (требования к обеспечению качества для измерительных приборов), опубликованы.

Требования к системе качества: программный пакет QS 9000 был разработан в 1994 году.

- все требования к ISO 9001-94
- все остальные требования к ISO 9001-94 [3].

Определение требований клиентов к основам метода обеспечения качества в соответствии с QS9000 ("Расширенный прогноз качества продукции", "Контроль статистических процессов", "Исследование системы измерения", "Процедуры выпуска продукции", "Типы и последствия ошибок").

Из вышесказанного следует отметить, что не существует понятий, таких как: "сертифицировано ИСО", "сертификат ИСО". Сертификация систем управления направлена на соответствие международным стандартам и проводится аккредитованными учреждениями, обладающими соответствующими навыками сертификации. Сертификацию систем управления обычно проводят на определенных производственных площадках. Кроме того, нет "сертифицированных по ISO 9000 или ISO 14000" продуктов или услуг.

ISO 9000 и ISO 14000 не подразумевают требования к качеству или безопасности для объектов, поэтому не допускается предоставление информации о системе управления сертификацией [7].

Модели и методы обеспечения качества

Опишем обеспечение качества антенн. Обеспечение качества в производственной среде должно быть проверено на каждом этапе производства. Меры по обеспечению качества полимерных композитных изделий характеризуются следующими параметрами:

- входные параметры (связующее);
- параметры управления (параметры состояния технологического оборудования);
- нерегулируемые параметры (параметры со случайными атрибутами);
- Выходные параметры (параметры, определяющие качественный состав продукта) [8].

Управление приемкой является наиболее важным инструментом для обеспечения качества конечного продукта. Все работы по сборным деталям и конструкциям выполняют в соответствии с ГОСТ Р 51989-2002, ГОСТ Р 51138-98, ГОСТ Р 51269-99 и технической документацией проектной документации, а также отклонением (стандартным отклонением) теоретического контура размеров изделия и морфологии поверхности, а также измерением толщины поверхности. Механические свойства и контроль качества изделий, параметры прочности и точности, устойчивость к термической деформации, внешним воздействиям отвечают ГОСТ РВ 20.39.304-98, ГОСТ РВ 20.39.304-98, ГОСТ РВ 20.57.306-98.

Для обеспечения бесперебойной работы изделия необходимо обеспечить максимальную отражательную способность радиоантенного отражателя. Это требует нанесения радиоотражающего покрытия и коэффициента радиоотражения 0,96 или более. Также предполагается, что покрытие соответствует требованиям к долговечности в условиях эксплуатации. Во время изготовления антенных отражателей ПКМ армирующие материалы и склеивающие материалы проходят приемную проверку [9]. Например, армирование контролируется такими параметрами, как условия хранения, влажность, вязкость, целостность и т. д. Нарушение этих требований негативно повлияет на качество готового продукта:

- если изделие и детали содержат влагу, это приведет к искажению, деформации;

- если целостность сетевого интерфейса будет нарушена, произойдет несанкционированное вмешательство в устройство, что приведет к неприемлемой ситуации;

- если фильтрация фитинга нарушена, проницаемость продукта будет снижена.

Основными характеристиками материалов являются температура, вязкость, влажность, срок годности, условия хранения и т. д. На качество продукта влияют параметры, подобные описанным ранее, но их можно выразить следующим образом:

- если значение вязкости будет превышено, пропитка арматуры может ухудшиться;
- неравномерная усадка из-за перегрева или чрезмерного пикового времени нагрева;
- температура стеклования может указывать верхний и нижний предел температуры, применяемой к продукту.

Методология

Снижение термостойкости материала, снижение устойчивости к влаге, снижение устойчивости материала к различным напряжениям и, наконец, изменение устойчивости материала к статическим и динамическим нагрузкам — все это может возникать, когда отверждение матрицы является неполным. Проверка поступающего технического оборудования включает несколько параметров: подтверждение соответствия технической документации, выявление путей передачи и вентиляционных отверстий, подтверждение герметичности, подтверждение качества элементов, встроенное подтверждение правильной установки, подтверждение механических повреждений и т. д.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Bunsell A. R., Renard J.** Fundamentals of Fibre Reinforced Composite Materials. Bristol. — UK: Inst. of Phys. Publ. Ltd., 2005. P. 391.
2. **Метьюз Ф., Ролингс Р.** Композитные материалы, механика и технология / пер. с англ. Баженова С. И. — М.: Техносфера, 2004. — 224 с.
3. ГОСТ Р ИСО 9000-2015 Системы менеджмента качества.
4. ГОСТ 40.9003-88 (ИСО 9003-87) Системы качества. Модель для обеспечения качества при окончательном контроле и испытаниях.
5. Центр практик: информационный ресурс Центр-практик.РУ. [Электронный ресурс] <http://http://www.centerpractic.ru/text/34.html>.
6. Рекомендации по применению ГОСТ 40.9001-88 (ИСО 9001-87), ГОСТ 40.9002-88 (ИСО 9002-87), ГОСТ 40.9003-88 (ИСО 9003 — 87).
7. ГОСТ 40.9001-88 (ИСО 9001-87) Системы качества. Модель для обеспечения качества при проектировании и/или разработке, производстве, монтаже и обслуживании.
8. ГОСТ 40.9002-88 (ИСО 9002-87) Системы качества. Модель для обеспечения качества при производстве и монтаже.

Контроль работ.

Этот экзамен описывает контроль качества после производственного процесса.

- Проверка позиционирования фитингов.
- Проверка герметичности пресс-формы.
- Контроль проникновения продукта.
- Контроль температуры и давления.

Контроль поступления товаров.

Инспекция по обеспечению качества готовой продукции имеет следующие характеристики: проверку технических характеристик и конструкторской документации, неправильной геометрии и габаритов, измерения толщины готовой продукции в соответствии с положениями технической документации, ГОСТ Р 51989, ГОСТ Р 51138-98, ГОСТ Р 51269-99 [10]; контроль механических свойств изделия, в частности устойчивости изделия в различных температурных диапазонах, изменения и деформации изделия, прочности изделия, устойчивости к деформации, температурам и внешним воздействиям регулируют в соответствии с ГОСТ РВ 20.39.304-98, ГОСТ РВ 20.57.305-98, ГОСТ РВ 20.57.306-98.

Заключение

В результате этих исследований были введены три вида обеспечения контроля качества производства антенн из полимерных композитных материалов. Во всех видах контроля формулируются параметры, которые отвечают за качество всего производственного процесса и, следовательно, за качество самого конечного продукта. Основными параметрами при производстве продуктов ПКМ являются температура продукта, скорость нагрева и время прессования.

9. Lee D. H., Lee W. I., Kang M. K. Analysis and minimization of void formation during resin transfer // Composite Science and Technology. 2006. V. 66. P. 3281–3289.

10. ГОСТ Р 50-601-20-91 Рекомендации по оценке точности и стабильности технологических процессов (оборудования). Введ. 1991-11-29. М.: Изд-во стандартов, 1991.

QUALITY CONTROL OF MANUFACTURING REFLECTIVE PLATES FOR COMPOSITE ANTENNAS

M. A. Nazarenko, D. A. Maliev

Institute of Advanced Technologies and Industrial Programming,
MIREA — Russian Technological University, Moscow, Russia

This article will consider the parameters, characteristics and results for the most effective quality control in the production of composite antennas. A list of quality assurance measures for antennas using polymer composites is provided. The basic quality requirements for the production of reflectors are also described. The main requirements of international quality assurance are listed. All versions of the ISO 9000 standard are considered and the basic concepts of quality assurance of composite antennas are mentioned.

Keywords: verification, composite materials, quality assurance, antenna, multilayer film, antenna reflector.

Bibliography — 10 references.

Received May 16, 2022

УДК 623.4.014.017
DOI: 10.52190/1729-6552_2022_2_41
EDN: HXFIVM

ЗАДАЧА ПОСТРОЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ ЕДИНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ ВООРУЖЕНИЯ, ВОЕННОЙ И СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ СТРАТЕГИЧЕСКИХ СИЛ СДЕРЖИВАНИЯ

В. А. Костенко, канд. воен. наук
Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
Москва, Россия

Рассмотрена задача формирования единой системы управления эксплуатацией ВВСТ стратегических сил сдерживания, позволяющая оптимальным образом распределять ограниченные ресурсы и оперативно управлять готовностью, надежностью и безопасностью однородных образцов ВВСТ. Цель работы — исследование возможностей и преимуществ при создании единой системы управления эксплуатацией ВВСТ в триаде ядерных сил. Актуальностью данной работы является оптимизация расходов бюджета на поддержание готовности стратегических сил сдерживания при финансовых ограничениях.

Ключевые слова: стратегические силы сдерживания, организационная структура, вооружение, военная и специальная техника, система управления эксплуатацией.

В органах государственного и военного управления Российской Федерации периодически поднимается вопрос о создании единой системы управления эксплуатацией ВВСТ стратегических сил сдерживания (ССС), включающих все три компонента стратегических ядерных сил: морскую, авиационную и РВСН, что приведет к постановке вопроса о формировании организационной структуры системы управления эксплуатацией вооружения стратегических сил сдерживания [1].

Выбор и определение показателей

Ввиду того, что РВСН, ВКС, ВМФ имеют на вооружении различные типы ядерных боеприпасов и средств их доставки, различающихся по своим характеристикам в очень большом диапазоне, исследование различных структур системы эксплуатации (СЭ) необходимо проводить на приведении боевых возможностей РВСН, ВКС, ВМФ к одному боезаряду. При этом процедура приведения состоит в следующем:

- определение частных показателей, характеризующих систему эксплуатации [2];

- определение комплексных показателей, характеризующих систему эксплуатации [2];

- определение обобщенных показателей, характеризующих систему эксплуатации [3];

4. нормирование обобщенных показателей [3].

Поскольку все последующие показатели получаются путем математических преобразований из частных, то частные показатели должны характеризовать и учитывать разнотипность вооружения ВКС, ВМФ, РВСН, различные степени его готовности к применению, другие характеристики и особенности процесса эксплуатации.

Среди частных показателей выбраны и определены следующие [4, 5]:

1. Показатель готовности ВВСТ к применению из заданного исходного состояния. Характеризует вероятность нахождения образцов ВВСТ в исходном состоянии (для применения, для хранения, и т. д.) определенном боевыми и эксплуатационными документами для периода заблаговременной подготовки к ведению боевых действий: $K_{\Gamma}^{\text{РВСН}}$, $K_{\Gamma}^{\text{ВКС}}$, $K_{\Gamma}^{\text{ВМФ}}$.

2. Показатель безотказности ВВСТ в заданном исходном состоянии. Характеризует вероятность отсутствия скрытых (невыявленных) отказов образцов ВВСТ, находящихся в исходном состоянии, определенном боевыми и эксплуатационными документами для периода заблаговременной подготовки к ведению боевых действий: $P_{\text{РВСН}}$, $P_{\text{ВКС}}$, $P_{\text{ВМФ}}$.

Костенко Валерий Анатольевич, доцент кафедры 202.
E-mail: Varnick70@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 6 апреля 2022 г.

© Костенко В. А., 2022

3. Показатель надежности приведения ВВСТ в исходное состояние для применения. Характеризует вероятность приведения ВВСТ в исходное состояние для боевого применения из исходного состояния, определенного для периода заблаговременной подготовки к ведению боевых действий: $P_{\text{пр}}^{\text{РВСН}}(t < T_{\text{зад}})$, $P_{\text{пр}}^{\text{ВКС}}(t < T_{\text{зад}})$, $P_{\text{пр}}^{\text{ВМФ}}(t < T_{\text{зад}})$.

4. Показатель интенсивности эксплуатации ВВСТ. Показывает долю ресурса, расходуемого в ед. времени, и определяет стоимость эксплуатации, уровень обученности личного состава, уровень безопасности образца: $S_{\text{РВСН}}$, $S_{\text{ВКС}}$, $S_{\text{ВМФ}}$.

5. Показатель безопасности эксплуатации ВВСТ характеризует вероятность происшествия (аварии) с образцом ВВСТ: $Q_{\text{РВСН}}$, $Q_{\text{ВКС}}$, $Q_{\text{ВМФ}}$.

Частные показатели преобразуются в комплексные [4, 5]:

- оперативной надежности СЭ:

$$\begin{cases} Y_{\text{ОН}}^{\text{РВСН}} = K_{\text{Г}}^{\text{РВСН}} P_{\text{РВСН}} P_{\text{пр}}^{\text{РВСН}}, (t < T_{\text{зад}}) \\ Y_{\text{ОН}}^{\text{ВКС}} = K_{\text{Г}}^{\text{ВКС}} P_{\text{ВКС}} P_{\text{пр}}^{\text{ВКС}}, (t < T_{\text{зад}}) \\ Y_{\text{ОН}}^{\text{ВМФ}} = K_{\text{Г}}^{\text{ВМФ}} P_{\text{ВМФ}} P_{\text{пр}}^{\text{ВМФ}}, (t < T_{\text{зад}}) \end{cases} \quad (1)$$

• ожидаемые затраты на эксплуатацию ВВСТ (с учетом возможного ущерба от аварий и происшествий) — $C_{\text{РВСН}}(S_{\text{РВСН}}, Q_{\text{РВСН}})$, $C_{\text{ВКС}}(S_{\text{ВКС}}, Q_{\text{ВКС}})$, $C_{\text{ВМФ}}(S_{\text{ВМФ}}, Q_{\text{ВМФ}})$. Обобщенный показатель эффективности функционирования системы эксплуатации получен из комплексных посредством деления показателя оперативной надежности системы надежности к ожидаемым затратам на эксплуатацию. По своему содержанию он представляет отношение "эффективность—стоимость":

$$\begin{cases} D_{\text{РВСН}} = \frac{(K_r^{\text{РВСН}} P_{\text{РВСН}} P_{\text{пр}}^{\text{РВСН}}(t < T_{\text{зад}}))}{C_{\text{РВСН}}(S_{\text{РВСН}}, Q_{\text{РВСН}})} \\ D_{\text{ВКС}} = \frac{(K_r^{\text{ВКС}} P_{\text{ВКС}} P_{\text{пр}}^{\text{ВКС}}(t < T_{\text{зад}}))}{C_{\text{ВКС}}(S_{\text{ВКС}}, Q_{\text{ВКС}})} \\ D_{\text{ВМФ}} = \frac{(K_r^{\text{ВМФ}} P_{\text{ВМФ}} P_{\text{пр}}^{\text{ВМФ}}(t < T_{\text{зад}}))}{C_{\text{ВМФ}}(S_{\text{ВМФ}}, Q_{\text{ВМФ}})} \end{cases} \quad (2)$$

В виду того, что РВСН, ВКС, ВМФ имеют различное количество носителей, боевых зарядов

необходимо провести нормирование обобщенных показателей с учетом наличия различных боевых блоков, пусковых установок (носителей), эффективности преодоления ими ПРО (ПВО) и срабатывания боевых блоков у цели для каждой из компонент ССС

$$\begin{cases} \bar{D}_{\text{РВСН}} = \frac{N_{\text{ББ}}^{\text{РВСН}} N_{\text{ПУ}} W_{\text{ПУ}}}{C_{\text{РВСН}}(S_{\text{РВСН}}, Q_{\text{РВСН}})} \times \\ \times \frac{(K_r^{\text{РВСН}} P_{\text{РВСН}} P_{\text{пр}}^{\text{РВСН}}(t < T_{\text{зад}}))}{C_{\text{РВСН}}(S_{\text{РВСН}}, Q_{\text{РВСН}})} \\ \bar{D}_{\text{ВКС}} = \frac{N_{\text{ББ}}^{\text{ВКС}} N_{\text{С}} W_{\text{С}}}{C_{\text{ВКС}}(S_{\text{ВКС}}, Q_{\text{ВКС}})} \times \\ \times \frac{(K_r^{\text{ВКС}} P_{\text{ВКС}} P_{\text{пр}}^{\text{ВКС}}(t < T_{\text{зад}}))}{C_{\text{ВКС}}(S_{\text{ВКС}}, Q_{\text{ВКС}})} \\ \bar{D}_{\text{ВМФ}} = \frac{N_{\text{ББ}}^{\text{ВМФ}} N_{\text{БРПЛ}} W_{\text{БРПЛ}}}{C_{\text{ВМФ}}(S_{\text{ВМФ}}, Q_{\text{ВМФ}})} \times \\ \times \frac{(K_r^{\text{ВМФ}} P_{\text{ВМФ}} P_{\text{пр}}^{\text{ВМФ}}(t < T_{\text{зад}}))}{C_{\text{ВМФ}}(S_{\text{ВМФ}}, Q_{\text{ВМФ}})} \end{cases} \quad (3)$$

На системе нормированных обобщенных показателей эффективности функционирования $\{D_{\text{РВСН}}, D_{\text{ВКС}}, D_{\text{ВМФ}}\}$ синтезируют и исследуют организационные структуры РВСН, РВСН + ВКС, РВСН + ВКС + ВМФ. С математической точки зрения проблему синтеза организационной структуры (ОС) наиболее естественно трактовать как задачу оптимизации некоторой целевой функции, формализующей требования к ОС, при учете необходимых ресурсных и прочих ограничений. Поскольку построение ОС связано с переработкой ее информации, порождаемой в системе, то для построения критерия оптимальности и ограничений приняты следующие гипотезы:

- скорость и качество обработки информации в каждом узле ОС убывают с увеличением количества входящих в него каналов передачи информации;
- качество информации снижается по мере перехода на более высокие уровни ОС;
- затраты на содержание узла ОС возрастают с увеличением уровня иерархии.

Для формализации выдвинутых гипотез представлен ориентированный граф, где n — число уровней иерархии в ОС, m_i — число узлов на i -м уровне иерархии; K_{ijk} — количество человек в j -м узле, на i -м уровне иерархии, обрабатывающих информацию в z -й системе (РВСН, ВКС, ВМФ); U_{ijz} — число дуг входящих, в j -й узел на i -м уровне от z — системы. Вводится функция

f_{ij}^Z — функция, характеризующая способность узла (органа управления) j уровня i обрабатывать поступающую в него информацию; она тем меньше, чем больше дуг входит в узел. Представляет собой вероятность успешной обработки управленческой информации.

Постановка задачи исследования

Вербальную постановку синтеза организационной структуры системы эксплуатации можно записать следующим образом:

Найти такие параметры организационной структуры СЭ $S = \{n, m_i, K_{ijz}, U_{ijz}\}$ при различных вариантах объединения (РВСН, РВСН + ВКС, РВСН + ВКС + ВМФ), которые доставят минимум вероятности невыполнения мероприятий по обработке информации в управляющей системе при выполнении ограничений по финансированию на ее содержание (рисунок).

Формализованная задача имеет вид

$$\left\{ \begin{array}{l} F(S) = \sum_{z=1}^3 \overline{D}_z \prod_{i=1}^{n-1} \prod_{j=1}^{m_i} (1 - f_{ij}^z) \rightarrow \min, \\ \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{l=1}^{Kl} C_{li} \leq C_{\text{выд}}, \end{array} \right. \quad (4)$$

где $f_{ij}^z = 1 - \exp(-\lambda_{i-1,j}^z t)$, $\lambda_{i-1,j}^z = \frac{\Pi_{i-1,j}^{\text{ж}} U_{i-1,j} V_U^1}{V_1 k_{ij} T}$.

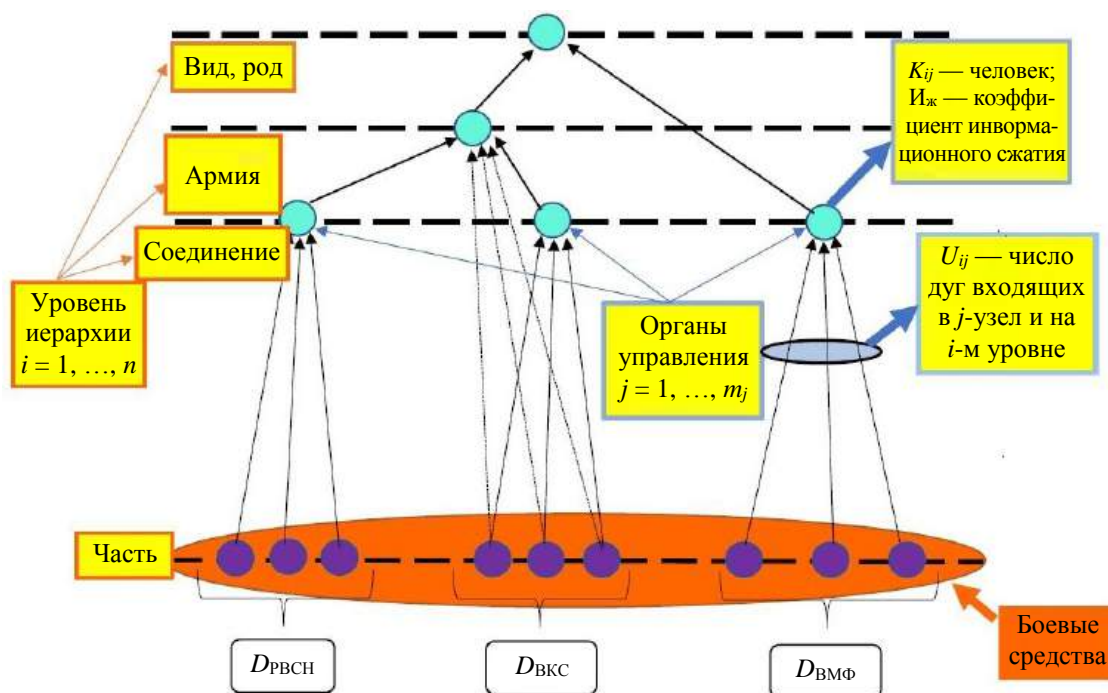
Заключение

Задача относится к классу задач нелинейного программирования. Решается методом Лагранжа. В ходе анализа различных вариантов решений были сделаны выводы.

1. Объединение компонент приводит к усилению функционального разделения управленческого труда в объединенной структуре — выделение подструктур управления по однородности объекта управления: автомобильной службы, метрологической службы, службы гостехнадзора, службы энергонадзора.

2. Выделение подструктур управления по однородности объекта управления позволит:

- оптимальным образом распределять ограниченные ресурсы между РВСН, ВКС, ВМФ как в рамках каждой подструктуры, так и между подструктурами, обеспечивая максимальный эффект системы, исходя из решаемых ею задач;
- оперативно управлять готовностью, надежностью и безопасностью однородных образцов ВВСТ за счет перераспределения ограниченных ресурсов в зависимости от внешних условий;



Графическое представление задачи исследования

- более успешно реализовывать программы унификации однородных образцов ВВСТ;
- оптимизировать информационные потоки в системе.

3. Наиболее рациональным объединением является РВСН+ВКС+ВМФ, так как при этом наблюдается снижение стоимости содержания ОС в 1,5—1,9 раза по сравнению с вариантом, когда системы эксплуатации РВСН, ВКС, ВМФ функционируют раздельно.

4. Вариант объединения РВСН+ВКС приводит к снижению стоимости эксплуатации 1,2—1,5 в раза по сравнению с вариантом, когда системы эксплуатации функционируют раздельно.

5. Способность обрабатывать управляющую информацию практически остается неизменяемой при соответствующих параметрах ОС, незначительно приводящих к увеличению стоимости эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Указ Президента РФ от 2 июня 2020 г. № 355 "Об основах государственной политики Российской Федерации в области ядерного сдерживания".
2. Пьянков В. В., Карулин В. П. Формирование состава научно-технических проектов при планировании общесистемных исследований проблем развития оборонно-промышленного комплекса в условиях ресурсных ограничений // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. 2019. № 3(108). С. 20—28.
3. Карулин В. П., Пьянков В. В. Подходы и особенности реализации проектного управления в развитии оборонно-промышленного комплекса // Известия российской академии ракетных и артиллерийских наук. 2018. № 1(101). С. 41—48.
4. Емелин Н. М. Надежность ракетно-космических комплексов: монография. — М.: 2007. — 231 с.
5. Костенко В. А., Лушпа Е. Ю. Основы организации эксплуатации ракетного вооружения: учеб. пос. — М.: МАИ, 2021. — 107 с.

THE TASK OF BUILDING AN ORGANIZATIONAL STRUCTURE OF A UNIFIED MANAGEMENT SYSTEM FOR THE OPERATION OF WEAPONS, MILITARY AND SPECIAL EQUIPMENT OF STRATEGIC DETERRENCE FORCES

V. A. Kostenko

Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, Russia

The task of forming a unified management system for the operation of the strategic deterrent forces is considered, which makes it possible to optimally allocate limited resources and promptly manage the readiness, reliability and safety of homogeneous samples of the strategic deterrent forces. The aim of the work is to study the possibilities and advantages of creating a unified system for managing the operation of the VST in the triad of nuclear forces. The relevance of this work is the optimization of budget expenditures to maintain the readiness of strategic deterrence forces under modern financial constraints.

Keywords: strategic deterrence forces, organizational structure, armament, military and special equipment, operation management system.

Bibliography — 5 references.

Received April 6, 2022

УДК 621.396

DOI: 10.52190/1729-6552_2022_2_45

EDN: IDNTAP

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОЙ СИСТЕМЫ СВЯЗИ

А. В. Гриньков

АО «Научно-исследовательский институт приборостроения имени В. В. Тихомирова»,
г. Жуковский, Московская обл., Россия

М. С. Кузнецов; А. Д. Лавриненко; С. П. Романов; Г. Э. Широ, д-р техн. наук
Национальный исследовательский университет «МИЭТ», г. Зеленоград, Москва, Россия

Изложены основные принципы построения помехоустойчивых систем связи, использующих метод расширяющей последовательности. Предложена структурная схема помехоустойчивого цифрового приёмника, использующая гребенчатый фильтр для грубого определения начала пакета передаваемой информации и согласованный фильтр для последующего точного определения. На численном примере описана работа устройства.

Ключевые слова: помехоустойчивые системы связи, шумоподобные сигналы, метод расширяющей последовательности, относительная фазовая манипуляция, гребенчатый фильтр, согласованный фильтр.

В системах связи, для которых достоверность информации является критическим важным параметром, на первое место выходят вопросы обеспечения помехоустойчивости (ПУ) системы. Одним из способов достижения высокой ПУ канала является внесение в систему некоторой избыточности.

Метод расширяющей последовательности

В помехоустойчивых системах связи на большие расстояния требуемая скорость передачи данных составляет десятки кбит/с. Столь невысокие скорости обмена информацией позволяют применять метод расширяющей последователь-

ности direct sequence spread spectrum (DSSS), при котором каждый символ передаваемого сообщения кодируется шумоподобным сигналом (ШПС). Метод позволяет повысить ПУ системы в m раз, где m — длина ШПС.

В системах связи с ШПС ширина спектра ШПС всегда много больше ширины спектра передаваемого сообщения [1].

Относительная фазовая манипуляция

Известно [2], что наилучшим способом передачи двоичных сигналов с точки зрения помехоустойчивости является двоичная фазовая манипуляция (binary phase-shift keying, BPSK).

Основным недостатком такого способа передачи является необходимость построения сложных когерентных систем, позволяющих отслеживать абсолютное значение начальной фазы сигнала на входе приёмника. Для высокочастотных сигналов знать начальную фазу практически невозможно (достаточно приблизить приемник к передатчику на половину длины волны, чтобы фаза изменилась на 180°).

В связи с этим на практике широкое применение получила относительная фазовая манипуляция (ОФМ, differential phase shift keying, DPSK) [3], в частности относительная двоичная фазовая манипуляция (DBPSK). Суть относительной манипуляции заключается в том, что кодируется не сам бит информации, а его изменение [4].

Гриньков Александр Владимирович, главный конструктор.

E-mail: grinkov.a@noi7.niip.ru

Кузнецов Максим Сергеевич, инженер-электроник 1-й кат.

E-mail: kuznetsov_ms@org.miet.ru

Лавриненко Александр Дмитриевич, инженер-электроник 1-й категории.

E-mail: sanlav89@mail.ru

Романов Сергей Павлович, инженер-электроник.

E-mail: geroy_2000@mail.ru

Широ Георгий Эдуардович, профессор.

E-mail: georgy.shiro@gmail.com

Статья поступила в редакцию 18 января 2022 г.

© Гриньков А. В., Кузнецов М. С., Лавриненко А. Д., Романов С. П., Широ Г. Э., 2022

Отличительной особенностью систем связи с DBPSK является наличие операций дифференциального кодирования и декодирования на стороне передатчика и приёмника соответственно.

Дифференциальное кодирование двоичного потока сообщений $m(k)$, где k — индекс дискретизации, начинается с произвольного выбора первого бита кодовой последовательности называемого опорным битом, равным, например, единице. Затем последовательность закодированных битов $c(k)$ кодируется следующим способом: $c(k) = c(k-1) \oplus m(k)$, где символ " \oplus " — операция сложения по модулю 2. Другими словами, текущий бит кода $c(k)$ равен единице, если бит сообщения $m(k)$ совпадает с предыдущим закодированным битом $c(k-1)$, в противном случае — $c(k) = 0$.

Временная синхронизация

Важным принципом повышения ПУ является передача информации пакетами с наличием заголовка, выполняющего роль синхрослова.

В качестве синхрослова в предлагаемой системе выбран код Баркера длиной $N_s = 13$, имеющий, как известно, минимальный уровень боковых лепестков автокорреляционной функции.

Синхрослово позволяет устранить неоднозначность обнаружения сигнала по времени.

Решим задачу временной синхронизации последовательным применением: гребенчатого фильтра — грубое определение начала пакета

передаваемой информации; согласованного фильтра — точное определение начала пакета передаваемой информации.

Формат посылки

Рассмотрим пример системы связи, использующей кодирование DBPSK и метод расширяющей последовательности.

На рис. 1 представлен формат посылки, имеющей следующие параметры:

- длина синхрослова $N_s = 13$ бит (код Баркера);
- длина данных $N_d = 256$ бит;
- длина расширяющей последовательности $m = 127$ элементов;
- опорный символ кодирования DBPSK принят равным 1.

Каждый единичный бит кода DBPSK заменяется кодом ШПС, каждый нулевой — инвертированным кодом ШПС.

Временные параметры:

Полоса приемопередающего тракта 8 МГц.

Длительность элемента расширяющей последовательности (чипа) $\tau_c = 1/8$ МГц = 125 нс.

Символьная скорость 8 МГц/127 = 63 кГц.

Длительность символа $\tau_s = 125$ нс $\cdot 127 = 15,9$ мкс.

Размер пакета равен 270 бит, из которых: один опорный бит, 13 бит — заголовок (код Баркера) и 256 бит — размер данных.

Длительность пакета: 15,9 мкс $\cdot 270 = 4,29$ мс.

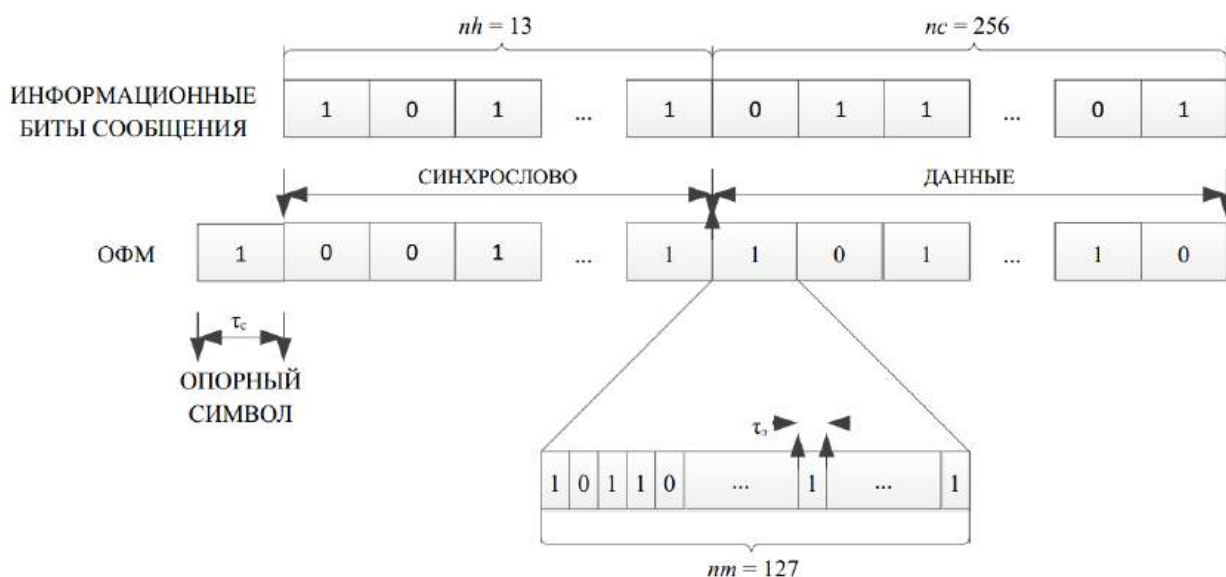


Рис. 1. Формат посылки

Структура цифрового приёмника

Далее рассмотрим наиболее сложную по реализации часть системы — цифровой приемник. На рис. 2 показана структурная схема цифрового приёмника.

Цифровой приёмник строится по схеме с квадратурными каналами I , Q , т. к. именно такая схема позволяет осуществлять оптимальный приём и оценку параметров сигналов с неизвестной начальной фазой.

Цифровую обработку в приёмниках принято разделять на первичную и вторичную. Первичная обработка характеризуется большим объёмом вычислений и, как правило, реализуется на цифровой логике. Вторичная обработка, используя результаты первичной обработки, выполняет более сложные алгоритмы и реализуется на микропроцессорном ядре.

На вход первичной обработки поступает цифровой сигнал на промежуточной частоте с выхода АЦП.

Первичная обработка включает в себя следующие этапы:

- цифровое разделение каналов (ЦРК), с низкочастотной (НЧ)-фильтрацией (СІС-фильтр) и прореживанием;
- комплексный умножитель;
- согласованный фильтр (СФ1);
- сдвиговый регистр входного сигнала на удвоенную длину пакета, реализованный на базе ОЗУ;
- вычисление модуля $|*|$;
- гребенчатый фильтр (ГФ);

- обнаружитель, включает пороговую обработку и схему поиска максимума;
- согласованный фильтр (СФ2).

С выхода ЦРК на дальнейшую обработку поступают квадратурные отсчёты I и Q с частотой дискретизации 16 МГц, что соответствует ширине спектра сигнала 8 МГц.

На базе комплексного умножителя осуществляется гетеродинирование частоты рассогласования между передатчиком и приёмником. Значение величины частотного рассогласования вычисляется на этапе вторичной обработки при приёме предыдущего пакета данных.

После компенсации частотного рассогласования сигнал поступает на вход согласованного фильтра СФ1 и запоминается в сдвиговом регистре. Из середины сдвигового регистра, соответствующего задержке сигнала на длину посылки, задержанный сигнал повторно поступает на СФ1, образуя второй поток данных. Разрядность комплексных составляющих обоих потоков увеличена до 24.

С выхода СФ1 оба потока: входных данных и задержанных данных поступают на схему вычисления модуля и далее на суммарный и разностный входы соответственно ГФ. Разрядность данных на выходе ГФ увеличена до 32. Гребенчатая фильтрация модуля сигнала фактически осуществляет некогерентное накопление сигнала в скользящем окне, позволяя "вытащить" сигнал из под шума и определить фазу входного сигнала.

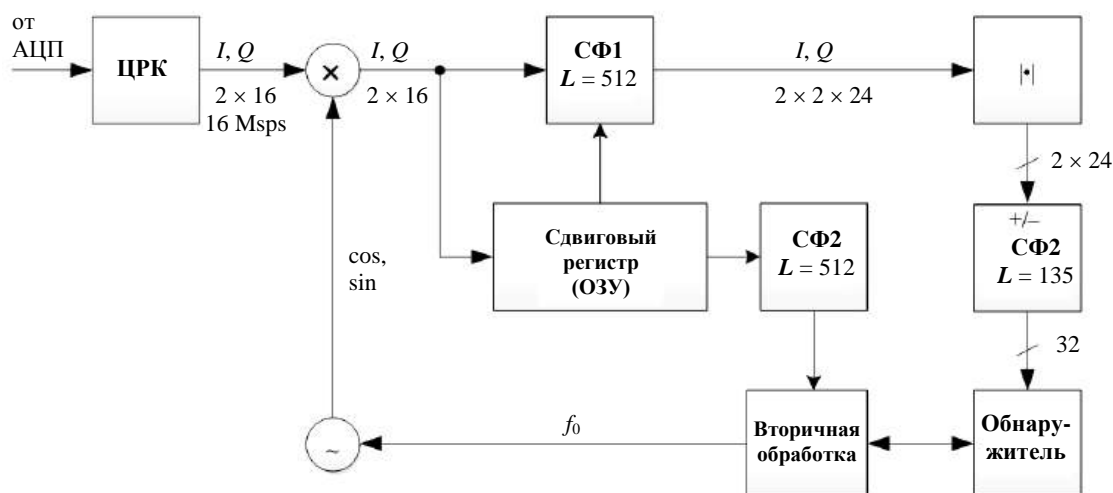


Рис. 2. Структурная схема цифрового приёмника

Сигнал с выход ГФ поступает на вход обнаружителя, реализующего конечный автомат поиска локального максимума. Запуск поиска максимума осуществляется по превышению сигнала порогового значения (схема пороговой обработки), время поиска максимума соответствует длине посылки. Обнаружитель формирует сигнал на вход вторичной обработки, позволяющий начать заблаговременный приём сигнала с выхода СФ2. Управление порогом обнаружителя осуществляет вторичная обработка: адаптивно на основе уровня входного сигнала.

Согласованные фильтры первичной обработки

Согласованные фильтры реализованы в частотной области, что требует разбиения выборок на длину БПФ с перекрытием на длину опорной функции минус один.

Для реализации СФ во временной области требуется 512 комплексных умножителей, работающих на частоте 16 МГц. Число умножителей может быть сокращено до 64 с одновременным повышением частоты работы до 128 МГц.

Современные схемы потоковых БПФ/ОБПФ требуют меньшего количества умножителей при достаточно небольшом количестве тактов на выполнение преобразования.

Например, потоковый БПФ-1024 архитектуры "Variable Streaming fixed-point" требует 28 умножителей 18×18 и 40 кбит памяти.

Для задач быстрой свертки сигналов, когда узлы БПФ и ОБПФ стоят друг за другом, в целях экономии ресурса памяти кристалла ПЛИС можно исключить операцию перестановки данных в нормальный порядок. Ядро БПФ позволяет принимать на входе данные в нормальном порядке, а выдавать — в бит-реверсном, а ядро обратного БПФ, наоборот, получает данные в бит-реверсном порядке, а выдает в нормальном. Это позволяет сэкономить два буфера на перестановку данных.

СФ в частотной области имеет ещё большие преимущества, если в обработке применяется несколько опорных функций для различных частотных гипотез.

Гребенчатый фильтр

Гребенчатый фильтр (Comb filter) — в обработке сигналов электронный фильтр, при про-

хождении сигнала через который к нему добавляется он сам с некоторой задержкой. АЧХ гребенчатого фильтра состоит из ряда равномерно распределённых пиков, так что она выглядит как "гребёнка".

В рассматриваемой системе имеем ГФ с гребенчатой импульсной характеристикой (ИХ):

$$h(k) = 1, \text{ при } k = 0, 1M, 2M, \dots, NM, = 0$$

для остальных k , где M — длина расширяющей последовательности, $N = ns$ — число символов в посылке.

Разностное уравнение фильтра:

$$y(k) = \sum x(k - iM),$$

где $i = 0, 1, \dots, N$.

По сути, представленный фильтр является Согласованным фильтром (СФ) с гребенчатой ИХ (Impulse Response), при этом АЧХ (Magnitude Response) также имеет гребенчатый вид, а переходная характеристика (Step Response) имеет вид "лестницы со ступенями".

На рис. 3, а представлена классическая структура ГФ, представляющая собой фильтр на линии задержки с отводами (tapped-delay-line, TDL).

Основным недостатком ГФ является достаточно большое количество 24-разрядных регистров на длину $nm \cdot ns = 256 \cdot 302 = 77312$.

В нашем случае сдвиговый регистр вынесен из состава ГФ и содержит сигнал до СФ, для экономии памяти, поскольку сигнал на входе СФ имеет меньшую разрядность.

Классическая структура ГФ с многовходовым сумматором не позволяет вынести сдвиговый регистр, поэтому структура ГФ может быть сделана мультиплексированной согласно рис. 3, б.

Вынесение сдвигового регистра теперь не так страшно, поскольку приводит к формированию двух потоков: текущего и задержанного.

Длина ГФ взята максимальная на длину посылки, однако может быть уменьшена по критерию оптимальной достоверности обнаружения сигнала при условии достоверного декодирования данных. В то же время данная избыточность позволяет отслеживать объект без декодирования данных в условиях плохого соотношения сигнал/шум. Пик пирамиды может позволить следить за дальностью и частотным рассогласованием подвижного объекта даже без возможности корректного принятия данных.

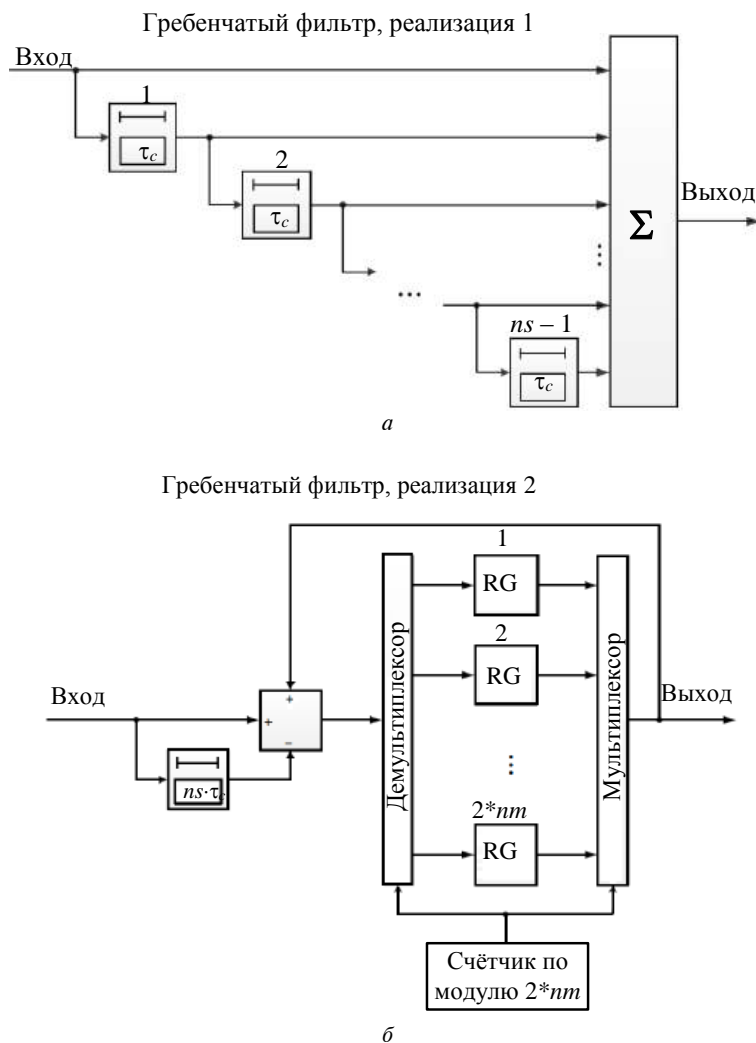


Рис. 3. Структуры ГФ: классическая с многовходовым сумматором (а); мультиплексированная (б)

Вторичная обработка

Вторичная обработка включает следующие алгоритмы:

- декодирование DBPSK сигнала;
- детектирование по методу наименьших квадратов (МНК) и коррекция фазы;
- точное определение начала пакета — поиск синхрослова;
- декодирование данных;
- определение частоты рассогласования.

Обозначим комплексные отсчёты, поступающие на вход вторичной обработки: $A_k = a_k e^{j\varphi_k}$, $k = 1K$, где K — длина посылки "плюс" некоторый допуск, на который возможна ошибка определения начала пакета по максимуму гребенчатого фильтра. На рис. 4 комплексные от-

счёты представлены в виде векторов на комплексной плоскости: вектора текущего A_2 и предыдущего A_1 отсчётов принятого сигнала. Для определённости отметим, разность фаз φ_{21} между векторами составляет π , что соответствует логической "1" при DBPSK.

Операция декодирования DBPSK сигнала представляет собой перемножение векторов A_2 и A_1^* , где A_1^* — комплексно-сопряженный вектор к A_1 и последующее нормирование результата. В результате операции получаем вектор:

$$B_1 = b_1 \cdot e^{j\psi_1},$$

$$\text{где } b_1 = 2a_1a_2 / (|a_1| + |a_2|), \psi_1 = \varphi_2 - \varphi_1.$$

Заметим, что полученный вектор не зависит, от неизвестной начальной фазы φ_{ind} , в чём и состоит предназначение DBPSK.

Опора	0	1	1	0	0	...
Передатчик	1	1	0	1	1	...
Приёмник	$a_0 \cdot e^{j\varphi_0}$	$a_1 \cdot e^{j\varphi_1}$	$a_2 \cdot e^{j\varphi_2}$...	$a_k \cdot e^{j\varphi_k}$...
Вычислитель разности фаз	$b_1 \cdot e^{j\psi_1}$	$b_2 \cdot e^{j\psi_2}$...	$b_k \cdot e^{j\psi_k}$
$\varphi_k - \varphi_{k-1}$	0	π	π	0	0	...
	0	1	1	0	0	...

$$\varphi_k = 0|\pi + \varphi_{ind}$$

$$a_k \cdot e^{j\varphi(k)} \times a_{k-1} \cdot e^{-j\varphi(k-1)} = b_k \cdot e^{j\psi(k)}$$

Рис. 4. Декодирование DBPSK сигнала

На рис. 5 представлен численный пример, поясняющий операцию декодирования DBPSK.

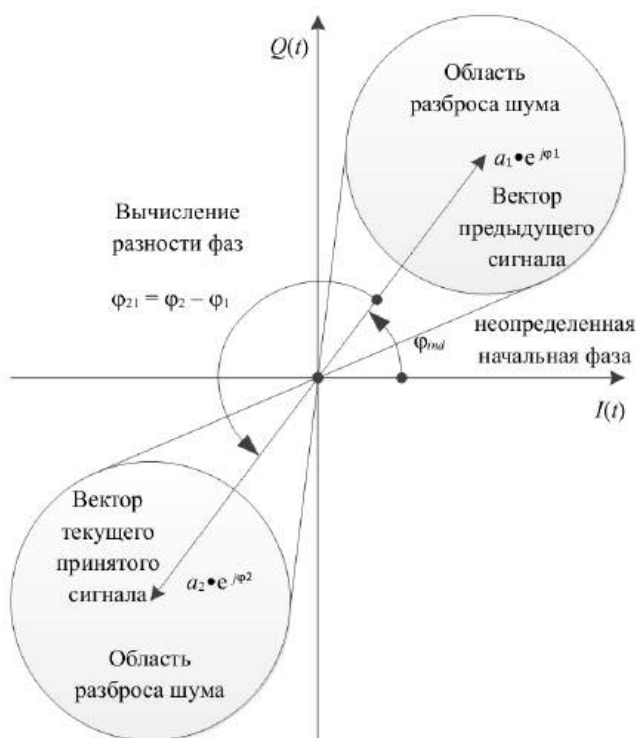


Рис. 5. Пример декодирования DBPSK сигнала

В случае наличия частотного рассогласования f_p , значение которого заранее неизвестно, вектор A_k будет иметь вид: $A_k = a_k \cdot e^{j(2\pi k \cdot f_p / f_{sym} + \varphi_k)}$, где f_{sym} — частота следования символов. Соответственно, при этом отсчеты B_k на выходе операции декодирования DBPSK будут иметь начальную фазу $\varphi_p = 2\pi \cdot f_p / f_{sym}$.

Отсчеты B_k , отмеченные на комплексной плоскости, из-за наличия шума будут представлять собой две области, противоположные относительно начала координат и повернутые на угол φ_p . Оценка поворотного множителя $e^{-j\varphi_p}$ осуществляется по методу наименьших квадратов для линейной функции, проходящей через начало координат:

$$e^{-j\varphi_p} = \left\{ \Sigma(x_k^2) - j\Sigma(y_k \cdot x_k) \right\} / \left\{ \sqrt{\Sigma(x_k^2) + \Sigma(y_k \cdot x_k)} \right\},$$

где $x_k = \text{Re}(B_k)$, $y_k = \text{Im}(B_k)$, $k = 1, \dots, K$. В результате коррекции фазы рассогласования получаем отсчеты: $C_k = B_k \cdot e^{-j\varphi_p} = b_k \cdot e^{j\psi_k}$.

После декодирования данных осуществляется фазовая деманипуляция входного сигнала вторичной обработки и оценка частоты рассогласования для приёма последующих посылок.

Моделирование работы цифрового приёмника

Рассмотрим модель работы цифровой обработки приёмника на примере сигнала с упрощенными параметрами:

- длина синхрослова $N_s = 13$ символов (код Баркера);
- длина данных $N_d = 16$ символов; общая длина посылки с учётом опорного символа = 30 символов;
- длина расширяющей последовательности $nm = 15$ элементов; общая длина посылки $30 \cdot 15 = 450$ элементов;
- число отчётов на один элемент = 2; общая длина посылки $450 \cdot 2 = 900$ отчётов.

Вид исходного сигнала и сигналов на основных этапах первичной обработки представлен на рис. 6.

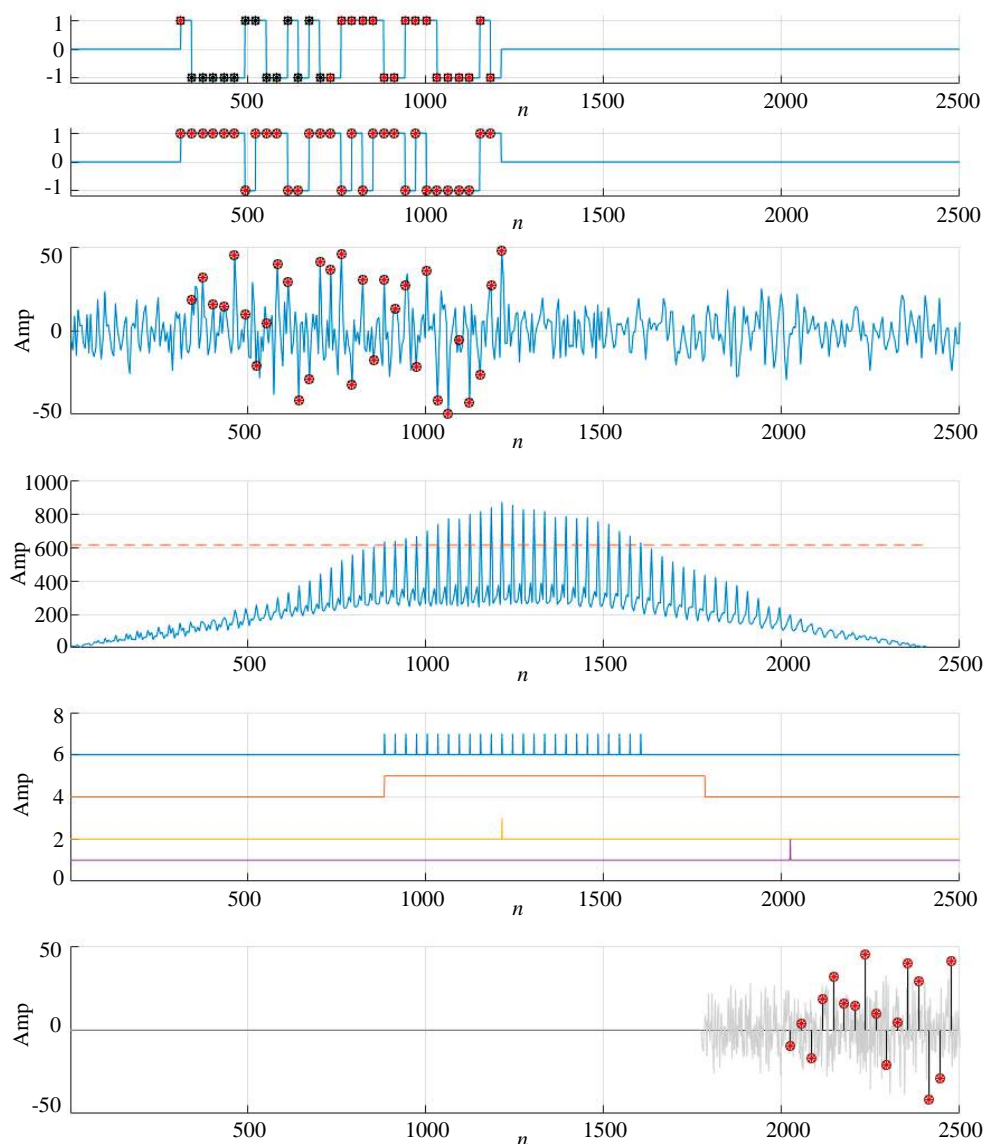


Рис. 6. Исходный сигнал и сигналы на этапах первичной обработки

Две верхних диаграммы рис. 6 показывают вид исходного сигнала до и после относительной манипуляции. Чёрными точками отмечено синхрослово.

На вход приёмника подадим полезный сигнал в сумме с нормальным (Гауссовским) шумом. Уровень шума в расчёте на один отсчёт составляет минус 12 дБ относительно уровня сигнала, что соответствует ССШ в символе $q = 0$ дБ.

При данном ССШ сигнал на входе приёмника представляет сплошной шум, в котором полезный сигнал не просматривается и на рисунке 6 не представлен.

На третьей сверху диаграмме рис. 6 показан вид входного сигнала на выходе СФ1. Точками красного цвета отмечены отсчёты, содержащие

полезный сигнал. Полезный сигнал на выходе СФ1 сдвинут на длину конвейерной задержки.

Полезный сигнал на выходе СФ1 достаточно хорошо визуально просматривается, однако достоверное обнаружение сигнала осуществляется на выходе гребенчатого фильтра. Вид сигнала на выходе ГФ, показанный на четвертой сверху диаграмме рис. 6, представляет собой подобие гребенчатой пирамиды. Вершина пирамиды соответствует моменту окончания приёма посылки.

Задача определения данной вершины решается обнаружителем. Конечный автомат нахождения максимума запускается в момент превышения сигналом "пирамиды" порогового уровня, показанного пунктиром красного цвета. Работа обнаружителя показана на второй снизу диа-

грамме рис. 6. Время определения максимума, соответствует длительности посылки.

Обнаружитель выдаёт на вход вторичной обработки импульс приёма сигнала с выхода фильтра СФ2, представленного на нижней диаграмме рис. 6. Точками красного цвета отмечены отсчёты сигнала, поступающего на вход вторичной обработки.

На рис. 7 представлены этапы вторичной обработки сигнала рассматриваемого примера. На верхней диаграмме показаны отсчёты входного сигнала a_k , $k = 1, \dots, 36$, отмеченные красными точками. Заметим, что число отсчётов взято на 6 точек больше длины посылки. На второй сверху диаграмме представлен сигнал b_k , $k = 1, \dots, 35$ после декодирования DBPSK.

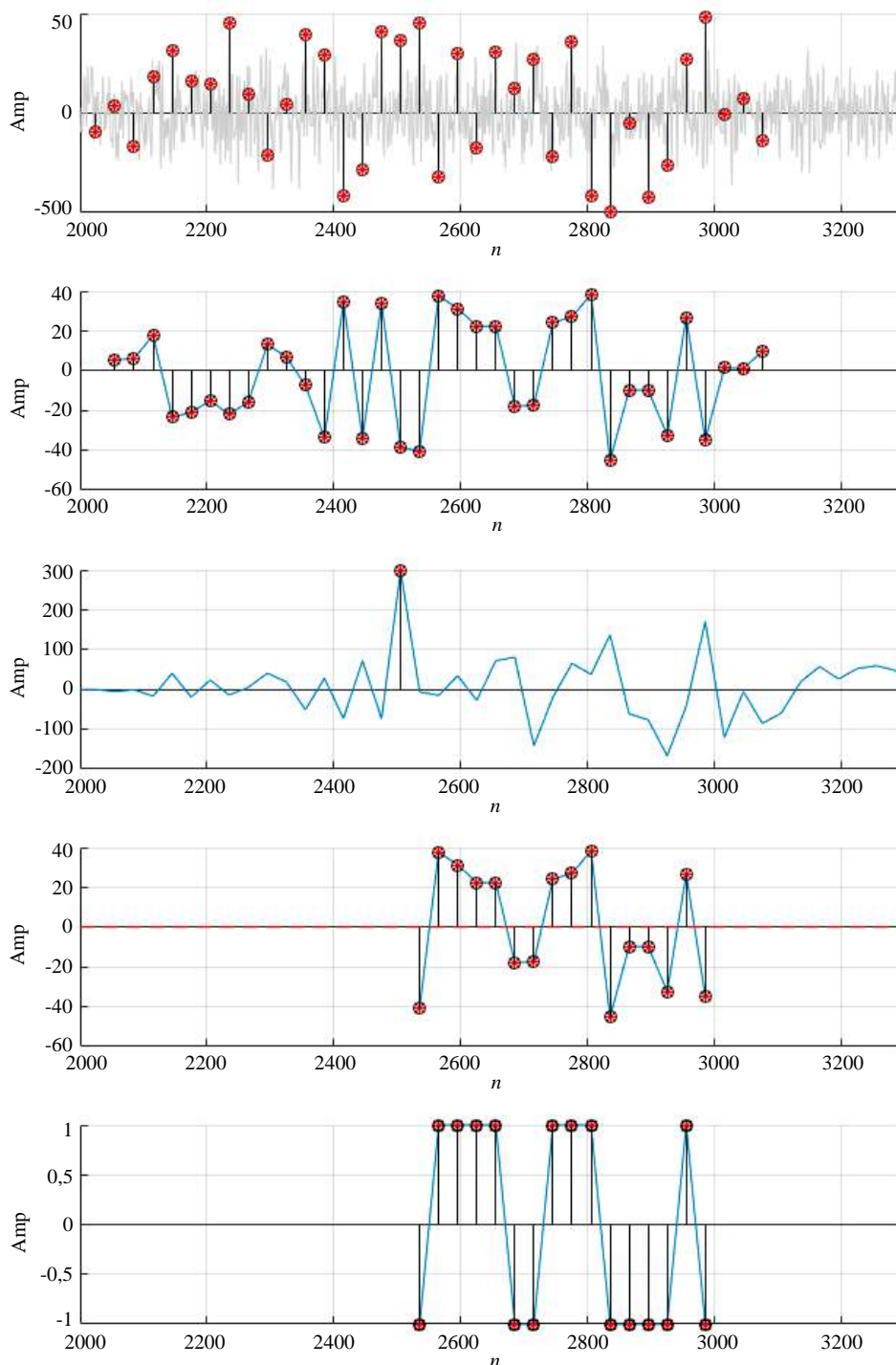


Рис. 7. Диаграммы сигнала на этапах вторичной обработки

Для точного обнаружения начала посылки производится поиск синхрослова методом согласованной фильтрации. Результат согласованной фильтрации показан на 3-й сверху диаграмме. Красной точкой отмечен максимум, указывающий положение синхрослова в сигнале. Заметим, что в данном случае максимум положительный, что свидетельствует о правильной фазе сигнала. В случае отрицательного корреляционного пика, требуется инверсия всех данных посылки.

После успешного обнаружения синхрослова в начале выборки осуществляется выделение 16 последующих отчётов данных, как показано на второй снизу диаграмме.

Схема принятия решения сравнивает отсчёты с нулевым порогом и при осуществлении декодирования двоичных данных, показанных на нижней диаграмме. Данные полностью соответству-

ют передаваемым данным на верхней диаграмме рис. 6.

Заключение

Предложена структурная схема помехоустойчивого цифрового приёмника.

В основе структуры положена идея гребенчатой фильтрации для грубого определения начала пакета передаваемой информации за счёт некогерентного накопления сигнала с последующим уточнением методом согласованной фильтрации.

В целях повышения помехоустойчивости авторы предлагают использовать относительную фазовую двоичную манипуляцию (DBPSK) с применением метода расширяющей последовательности на базе ШПС.

Снижение аппаратных затрат достигнуто за счёт применения СИС-фильтра для НЧ-фильтрации с компенсацией АЧХ в частотной области в составе согласованного фильтра.

ЛИТЕРАТУРА

1. Варакин Л. Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. — М.: Радио и связь, 1985. — 384 с.
2. Котельников В. А. Теория потенциальной помехоустойчивости. — М.: Госэнергоиздат, 1956. — 153 с.
3. Склар Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. Изд. 2-е, испр. / пер. с англ. — М.: Издательский дом "Вильямс", 2003. — 1104 с.
4. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов. — СПб.: Питер, 2003. — 604 с.

DIGITAL COMPUTING DEVICE FOR A NOISE-IMMUNE COMMUNICATION SYSTEM

A. V. Grinkov

JSC "Scientific Research Institute of Instrument Engineering named after V. V. Tikhomirov", Zhukovsky, Moscow region, Russia

M. S. Kuznetsov, A. D. Lavrinenko, S. P. Romanov, G. E. Shiro

National Research University of Electronic Technology, Zelenograd, Moscow, Russia

The basic principles of constructing noise-immune communication systems using the direct-sequence spread spectrum method are stated. A block diagram of a noise-immune digital receiver is proposed that uses a comb filter to roughly determine the beginning of a packet of transmitted information and a matched filter for subsequent precise determination. Using a numerical example, the operation of the device is described.

Keywords: noise-immune communication systems, noise-shaped signal, direct-sequence spread spectrum (DSSS), differential phase-shift keying (DPSK), comb filter, matched filter.

Bibliography — 4 references.

Received January 18, 2022

УДК 007:304.44:330.111.4:330.14:331.44

DOI: 10.52190/1729-6552_2022_2_54

EDN: ILCHUY

ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ КАПИТАЛ — ОСНОВНОЙ МЕХАНИЗМ РАЗВИТИЯ, УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ ОТ РИСКОВ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

¹Л. А. Митюрникова, канд. социол. наук; ²К. В. Пителинский, канд. техн. наук;¹Т. В. Ухина, канд. эконом. наук; ³Р. В. Самолетов, канд. эконом. наук¹ ФГБОУ ВО «Российский государственный университет туризма и сервиса», пос. Черкизово, Пушкинский р-н, Московская обл., Россия² ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет», Москва, Россия³ Московский государственный областной университет, г. Мытищи, Московская обл., Россия

Рассмотрен человеческий капитал — основной механизм развития современного социума, предполагающий активное участие человека в решении актуальных проблем экономического развития страны. Рассмотрены содержание, основные характеристики и понятия "человеческий капитал", главные факторы формирования и развития инновационной экономики, обеспечивающие высокое качество и высокий уровень жизнедеятельности человека как наивысшей ценности общества. Изучается роль человеческого потенциала как основного фактора управления бизнес-процессами компании, как основного резерва оптимизации бизнес-процессов, переводящего общество в новое качество и как импульса развития социально-экономического пространства. Отмечается ориентация новой парадигмы на человеческий фактор, высококвалифицированный труд, повсеместную информатизацию и интеллектуализацию реализуемых бизнес-процессов. В рамках концепции ERM изучается влияние операционных рисков на деятельность компании и их связь с поддержанием непрерывности реализуемых бизнес-процессов, что обеспечивает должные уровни экономической и информационной безопасности субъекта экономики.

Ключевые слова: человеческий капитал, нематериальные активы, социально-экономическое пространство, управление рисками, информационная безопасность, экономическая безопасность, непрерывность бизнес-процессов.

"Экономика — это умение пользоваться жизнью наилучшим образом"

Бернард Шоу

Современная рыночная экономика — сложнейший организм, симфония производственных,

Митюрникова Людмила Антоновна, доцент Высшей школы бизнеса, менеджмента и права.

E-mail: miturnikova@mail.ru

Пителинский Кирилл Владимирович, доцент, магистр делового администрирования, доцент кафедры "Информационная безопасность".

E-mail: yekadath@gmail.com

Ухина Татьяна Викторовна, доцент Высшей школы бизнеса, менеджмента и права.

E-mail: 3332221@mail.ru

Самолетов Роман Валерьевич, начальник управления организации и контроля качества образовательной деятельности.

E-mail: rsamoletov.mgou@gmail.com

Статья поступила в редакцию 27 апреля 2022 г.

© Митюрникова Л. А., Пителинский К. В., Ухина Т. В., Самолетов Р. В., 2022

коммерческих, финансовых и информационных структур, взаимодействующих на фоне разветвленной системы правовых норм бизнеса, объединяемых понятием "рынок".

Неуклонно растет значимость человеческого капитала общества, как основного механизма развития социально-экономического пространства, предполагающего при этом активное участие человека. Цель работы — показать роль человеческого потенциала как важного фактора управления бизнес-процессами, позволяющего провести их оптимизацию для перехода в новое качество развития, с оказанием опосредованного влияния на развитие не только компаний, но и всего общества.

Значимость человеческого капитала (ЧК) как основного механизма развития социально-экономического пространства и средства управления бизнес-процессами компании очень велика.

ЧК — основа деятельности каждой организации, каждого коллектива, команды, лидера и отдельного человека, основа построения системы бизнес-процессов, обеспечивающая их эффективность (слаженность и непрерывность) в рамках программно-целевой парадигмы управления сложными социотехническими системами.

Ввиду ориентации новой парадигмы развития общества на человеческий фактор, высококвалифицированный труд, повсеместную информатизацию и интеллектуализацию реализуемых бизнес-процессов, рассмотрение проблемы защиты от рисков является крайне актуальной, поскольку она напрямую связана с комплексным обеспечением информационной и экономической безопасности субъекта экономики.

Впервые термин "человеческий капитал" использовал в 1961 г. американец Теодор Шульц, а его последователь Гэри Беккер развивал эту идею с 1965 г., обосновав эффективность вложений в ЧК и сформулировав экономический подход к человеческому поведению. ЧК стали достаточно серьезно изучать с середины 1990-х гг., а Беккеру в 1992 г. за труды в области теории ЧК была присуждена Нобелевская премия. Сферой применения его теории считается анализ уровня эффективности инвестиций, вложенных в общее и профессиональное образование. Представляет интерес инвестирование в развитие ЧК — это важнейшее условие перехода общества на инновационный путь развития (см. рис. 1).

ЧК формируется за счет инвестиций в повышение уровня и качества жизни населения, в интеллектуальную деятельность: в воспитание,

образование, здоровье, знания (науку), искусство, культуру, профессиональную культуру и другие составляющие. Следовательно, ЧК лежит в основе развития социально-экономического пространства и управления бизнес-процессами на макро-, мезо и микроуровнях.

Уместно согласиться с авторами работы [1], рассматривающими индекс развития ЧК как комплексный показатель, отражающий три аспекта качества жизни: здоровье, экономическое благосостояние и обусловленные образованием возможности людей.

В работе [2] на примере региональной экономики Краснодарского края рассмотрена проблема развития и повышения эффективности ЧК. По результатам исследования проблем управления, торговой компанией предложена методика оценки эффективности ЧК и его связь с конкурентоспособностью. Установлено, что клиентоориентированная стратегия позволяет (через стимулирование ЧК и повышение качества и культуры обслуживания клиентов) стабилизировать долгосрочные показатели эффективности, ибо такая стратегия создает серьезные конкурентные преимущества.

Фредерик Уинслоу Тейлор подробно изучил социально-экономическую организацию компании и пришел к выводу, что технические и организационные нововведения сами по себе не эффективны. Они тесно взаимосвязаны с ЧК и с искусством менеджеров управлять как ЧК, так и компанией (которое уже прошло длительный путь развития и совершенствования и отвечает интересам динамичного развития общества в целом) [3].



Рис. 1. Последствия роста инвестиций в ЧК

Основная часть мирового ЧК сосредоточена в развитых странах мира, ибо инвестиции в ЧК за последние полвека здесь значительно опережают инвестиции в физический капитал. В США соотношение "инвестиций в человека" и производственных инвестиций (социальные расходы на образование, здравоохранение и социальное обеспечение в процентах к производственным инвестициям) в 1970 г. составляло 194 %, а в 1990 г. 318 %. В США стоимость ЧК в конце XX в. составляла 95 трлн долл. или 77 % национального богатства — это 26 % мировой итоговой стоимости ЧК. Для РФ соответствующие показатели: 30 трлн долл.; 50 %; 32 % и 8 % [4].

Социально-экономическое развитие государства требует нового подхода к ЧК, к проблеме становления и самореализации субъекта труда в профессиональной деятельности. Причин тому несколько: рост конкуренции, возникновение необходимости переподготовки кадров (кардинально изменились характер и цели труда, возросли его интенсивность и напряженность, стали остро востребованы выносливость и ответственность кадров, их мобильность и профессионализм). Несомненно, что ЧК играет главную роль в развитии любой компании независимо от его организационно-правовой формы и формы собственности.

Как было отмечено в [3], ЧК является главным фактором формирования и развития инновационной экономики и экономики знаний, влияет на решение социальных проблем, на воспроизводство и на формирование организационно-экономических условий для реализации всеми хозяйствующими субъектами принципов экономической свободы и хозяйственной самостоятельности, обеспечивающих высокое качество и высокий уровень жизнедеятельности человека как высшей ценности общества.

Понятие "человеческий капитал" это:

- интенсивный в широком смысле производительный фактор экономического развития, развития общества и семьи, включающий образованную часть трудовых ресурсов, знания, широкий инструментарий интеллектуального и управленческого труда, среду обитания и трудовой деятельности, обеспечивающие эффективное и рациональное функционирование человеческого фактора как производительного фактора развития;
- совокупность знаний, умений, навыков, уровень квалификации (образование), природных способностей (талантов), используемых для удовлетворения разноплановых потребностей человека и общества в целом;
- агрегированный показатель, включающий в себя здоровье, интеллект, способность приме-

нять имеющиеся знания и опыт для достижения поставленной цели (профессионализм), способность к быстрому принятию решения и изменению поведения в нестандартной ситуации под влиянием изменившихся факторов (мобильность), качественный и производительный труд, а также качество трудовой жизни;

- совокупность качеств человека, определяющих его производительность (они могут стать основой получения дохода человеком, семьей, организацией и страной) [3].

Авторы [5] считают ЧК элементом интеллектуального капитала и отмечают, что ЧК — это компетенции и способности персонала компании по решению различных проблем, способность к творчеству, лидерские качества, управленческие и предпринимательские навыки. В интеллектуальный капитал авторы [5] включают также капитал отношений и организационный капитал.

Капитал отношений — совокупность взаимосвязей между компанией и внешней средой, включающая в себя клиентский капитал, капитал поставщиков, капитал кооперации, капитал связей с государственной властью, капитал связей с общественностью и деловую репутацию.

Организационный капитал — совокупность интеллектуальной собственности компании и инфраструктурных активов (т. е. базис осуществления любой ее деятельности).

Взаимопроникновение интеллектуального капитала компании и внешней среды происходит в различных средах: социальной, деловой, информационной, интеллектуальной и др., что затрудняет построение эффективной защиты нематериальных активов от угроз, связанных с рисками снижения экономической и информационной безопасности. Для её создания надо учесть процессы взаимодействия между составными элементами интеллектуального капитала, для чего (по возможности) требуется обеспечить непрерывность реализуемых в компании бизнес-процессов, что, в свою очередь, является необходимым условием построения целостной системы защиты информации в рамках классической модели защиты информации CIA (конфиденциальность, целостность, доступность). Проведение своевременных мероприятий по обеспечению экономической и информационной безопасности компании гарантирует должный уровень его конкурентоспособности и фиксацию стоимости его активов. Надо помнить, что часто источником угроз информационной и экономической безопасности для компании является его персонал.

Отличительными чертами развития социально-экономического пространства являются следующие:

- обобществление и огосударствление части хозяйства в интернациональном масштабе;
- экономическая деятельность на базе разных форм собственности;
- повышение роли государства при обеспечении социальных гарантий;
- активное государственное регулирование национальной экономики для стимулирования потребительского спроса и предложения, предотвращения кризисов и безработицы и др.

В литературе встречается множество определений термина "бизнес-процессы", но на взгляд авторов, самым содержательным является следующее понятие, представленное Л. А. Митюрниковой: "Бизнес-процесс — это система или совокупность нескольких связанных между собой последовательных, целенаправленных и регламентированных видов деятельности, в которой посредством управляющих воздействий, с помощью материальных ресурсов и ЧК входы процесса преобразуются в выходы, результаты процесса, представляющие ценность и удовлетворение потребителей".

На основании структуры и классификации бизнес-процессов компаний (рис. 2) можно с уверенностью сказать, что их стержнем является ЧК и все взаимоотношения, возникающие в процессе совокупной деятельности самого человека как внутри, так и вне компании, ибо всё это направлено на достижение цели и на получение конкретного результата. При этом топ-

менеджмент должен четко определить миссию компании, его цели, задачи, стратегии, иметь известные и понятные персоналу метрики корпоративной культуры.

Если обратиться непосредственно к бизнес-процессу управления, включающему: стратегическое управление, управление финансами, управление товарными запасами, маркетинг, управление персоналом и др., то видно, что именно ЧК с его совокупностью знаний, умений, навыков, уровнем квалификации (образования), природных способностей (талантов) и является основой создания конкурентного товара и услуги.

Управление человеческими ресурсами — управление ЧК с упором на сотрудников, которые являются активом бизнеса. Здесь широко применяются математические и имитационные модели. Например, использование отдельных информационных панелей, объединенных в Систему сбалансированных показателей (ОБС), помогает гибко маневрировать человеческими ресурсами организации. При этом конкурентоспособность персонала циклически проявляется в ситуационном управлении, трансформируя этот потенциал в ЧК персонала организации с учетом влияния внешних конкурентных сил [6].

В работе [6] затронуты проблемы образования: роль и значение высшей школы в подготовке отвечающих требованиям квалифицированных кадров, способных обеспечить научно-техническое, экономическое, социальное и культурное развитие страны и обладающих высокими духовными и нравственными качествами.



Рис. 2. Классификация и структура бизнес-процессов

Решение этих проблем связано с обеспечением высоко результативного обучения и (пере)подготовки квалифицированных кадров по современным образовательно-профессиональным программам. Сформулированы идеи по совершенствованию института высшей школы (как основы формирования личности будущего руководителя), основанные на личностно-ориентированном подходе в образовании, направленном на развитие целостного человека, его природных, социальных и культурных начал.

При рассмотрении влияния ЧК на развитие социально-экономического пространства, можно отметить, что здесь делается упор на формирование гармоничной личности, которая в дальнейшем может быть основой не только экономического роста, но и гармонизации общества в целом (рис. 3).

В работе [7] большое внимание было уделено вопросам особенности кадровой политики в нынешних условиях хозяйствования, определяемых отраслевой спецификой и турбулентностью внутренней и внешней среды. Отмечена важность эффективного управления ЧК (как значимого фактора предоставления услуг), четко выделены цели кадровой политики и механизмы ее реализации, в основе которых лежат развитие ЧК, как основного механизма развития и управления компаний.

Важным является и совершенствование стратегического управления конкурентоспособностью социально-экономического пространства, ибо большинство компаний, даже имея качественный продукт, не всегда готовы к конкурентной борьбе из-за отсутствия научно-методических и практических основ применения малозатратных подходов к стратегическому управлению конкурентоспособностью. При этом велика потребность в отвечающей вызовам времени целостной системе управления. Для создания научно обоснованных положений обеспече-

ния конкурентных преимуществ в работе [8] предложена концепция стратегического управления конкурентоспособностью, использующая информационные воздействия на принятие конкурентами и потребителями решения в пользу реализующих стратегическое управление компаний.

Практика показывает, что механизмы формирования общего и специфического человеческого потенциала недостаточно развиты. Конкурентоспособность компании растет с ростом его ЧК и уровня человеческих ресурсов (что, в частности, проявляется при внедрении информационных технологий). Все это подчеркивает важность и значимость ЧК и его влияние на величину трудового потенциала компании, на уровень его использования и на состояние конкурентоспособности. Управление человеческими ресурсами можно трактовать как механизм координации целей субъектов и объектов системы управления с учетом их экономических и социальных интересов. Его суть — системное и взаимодополняющее сочетание методов эффективного мотивационного воздействия на персонал [9].

Весьма важна роль законов психологии — сквозь их призму надлежит рассматривать тактику ведения переговоров (с учетом личностных характеристик их участников), т. к. контактный менеджмент является основным механизмом развития и управления социально-экономическим пространством. Поэтому изучение этики и психологии деловых переговоров включено во многие программы профессиональной (пере)подготовки, где большое внимание уделено психологическому аспекту ЧК и дальнейшему его развитию [10]. Востребована психология и при защите компании от применения технологий социальной инженерии (далее — СИ), умелое применение которых может нанести значительный ущерб.



Рис. 3. Каналы влияния ЧК на экономический рост

Человек остается слабейшим звеном в любой системе безопасности, принудить его действовать нужным злоумышленнику образом много проще, чем преодолевать технические средства защиты. СИ позволяет, используя специфику человеческой психологии, получить доступ к критически важной информации. С помощью СИ злоумышленник может получать доступ к личной и к конфиденциальной информации, устанавливать вредоносное противоправное общение (ПО), обходить защищенные системы и совершать множество иных противоправных действий. Как показала практика, большинство инцидентов (операционных рисков, см. далее) вызвано именно недопустимыми действиями персонала [11, 12]. За 2021 г. злоумышленники в своих атаках часто использовали методы СИ (особенно в отношении частных лиц) [13].

Защиту нематериальных активов (в частности, ЧК) можно представить как элемент управления знаниями (постепенно выделяющегося в отдельную функцию менеджмента), влияющий на конечный результат деятельности и развитие

компании. Учитывая степень значимости информации и ее роль в обеспечении безопасности каждой личности (как элементарного носителя ЧК), государство взяло ее под свою защиту — это закреплено в ст. 23 и ст. 24 Конституции РФ и развито в ст. 11 Закона "Об информации, информатизации и защите информации", относящей эту категорию информации к конфиденциальной и отмечающей важность ее защиты.

К основным элементам развития и управления социально-экономическим пространством можно отнести оценку и управление социально-экономическими рисками, т. е. возможность минимизировать количество негативных ситуаций через понимание специфики того или иного вида риска, что часто сопряжено с ЧК. По концепции ERM (Enterprise Risk Management) выделяют следующие виды рисков: операционный, кредитный, рыночный и экономический. По материалам [14] в изменении динамики приоритетов социально-экономических рисков наблюдаются следующие тенденции (рис. 4).

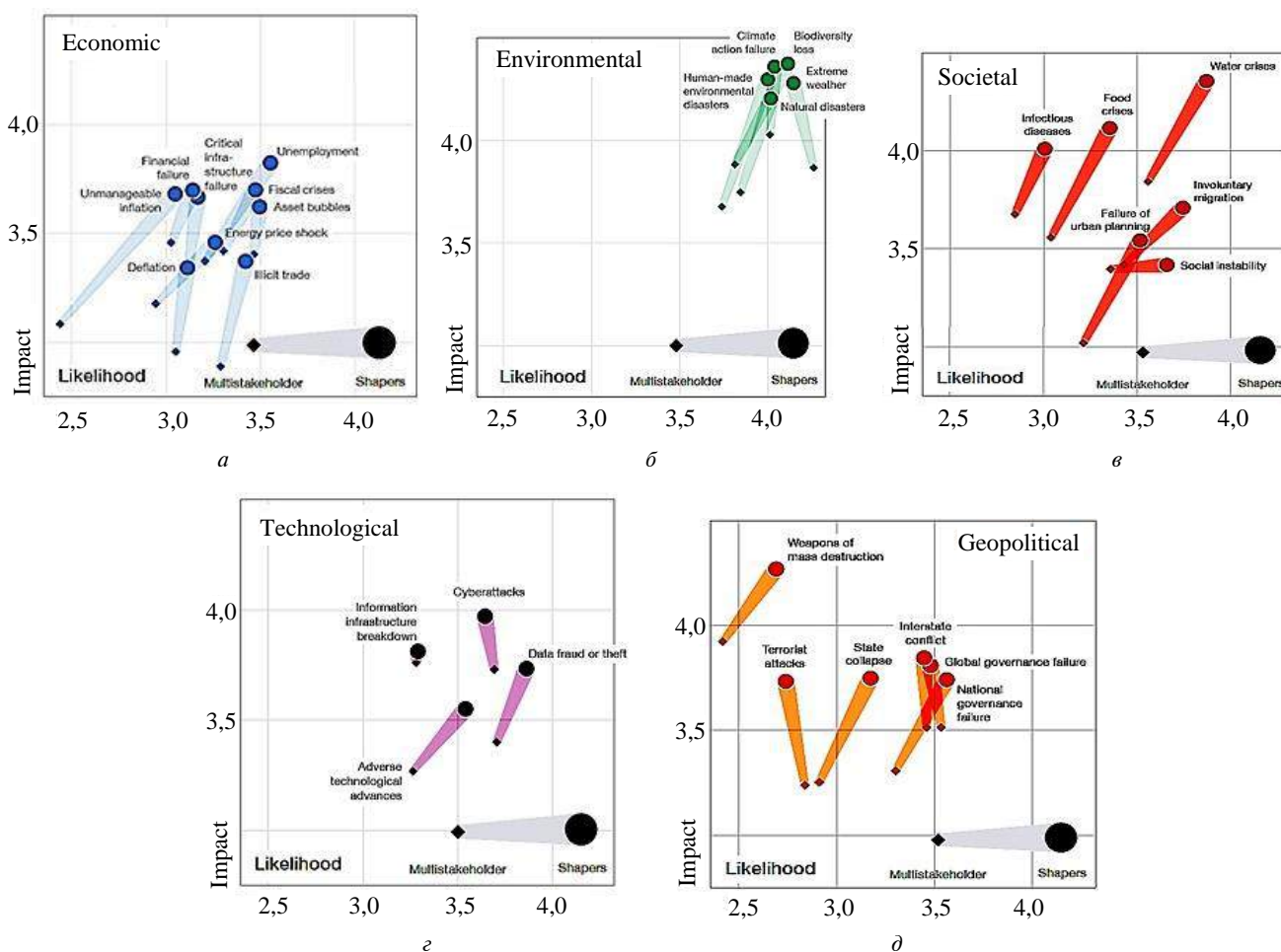


Рис. 4. Динамика глобальных тенденций риска [15]:

a — экономических; *б* — экологических; *в* — геополитических; *г* — социальных; *д* — технологических

В концепцию ERM входят методы и процессы управления рисками и оценки возможностей для достижения определенных ЛППР целей, что можно далее отнести и к ЧК. Кредитный риск — убыток от нежелания или невозможности партнеров выполнять свои финансовые обязательства; операционный риск (ОР) связан с прямыми потерями от неправильного поведения персонала, от неадекватной реализации внутренних бизнес-процессов или внешних событий; рыночный риск — ухудшение финансового положения из-за изменения динамики рынка (участие иностранного капитала, процентные ставки, цена акций); экономический риск обусловлен ошибками в принятии управленческих решений или при хозяйственной деятельности.

Наиболее передовыми являются требования, касающиеся рисков деятельности финансовых учреждений, в т. ч. в области экономической и информационной безопасности. Операционные и экономические риски наиболее часты в деятельности субъектов экономических отношений, а там где есть экономические отношения всегда присутствует и ЧК. Заметим, что именно экономические отношения непосредственно влияют на экономическую и информационную безопасность, а также на риски, связанные с нарушением непрерывности бизнес-процессов, отчего те могут быть включены в различные классификационные системы рисков, сгруппированные по ряду критериев.

К ним можно отнести обширный перечень видов рисков, например, внутренние бизнес-ошибки: процессуальные риски, юридические риски, риски использования неудачной модели управления бизнесом и риски отсутствия ликвидности для обеспечения бесперебойного финансирования бизнес-процессов. Более подробно они описаны в Базеле II как "риски прямых или косвенных потерь, возникающих из-за неадекватных внутренних процессов, ненадлежащего поведения персонала или внешних событий" [15]. Убытки, вызванные неудачными управленческими решениями, не включаются в ОР и по классификации ERM эти потери связаны с бизнес-рисками. К внутренним рискам можно отнести негативные последствия от неуспешных (недостаточных) действий людей, от бизнес-процессов (ошибки методологии, исполнения и нарушения лимитов рисков) и от технологий, с которыми может столкнуться любая компания. Порой бизнес-ошибки зависят от человеческого фактора, т. е., в основе всех этих рисков лежит ЧК.

Внешние ОР связаны с воздействием внешних обстоятельств: сменой политического режи-

ма, инновационными технологиями, изменением правовых норм и порядка их применения, стихийными бедствиями и стратегическими изменениями в деятельности компании. Эти риски являются метриками успешности реакции компании на внешние факторы, и здесь опять может проявиться человеческий фактор или ЧК, как элемент, влияющий на непрерывность бизнес-процессов, на их конкурентоспособность и на ценность бизнеса т. е. на экономическую и информационную безопасность социально-экономического пространства [15].

BCMS (business continuity management system) — элемент системы управления организацией, включающий в себя организационную структуру, планирование деятельности, политику, распределение ответственности, процессы, процедуры и ресурсы. Эффективный BCMS должен обеспечить реализацию бизнес-процессов в части инцидентов и возможных нарушений, а также планирование непрерывности бизнес-операций; учитывать влияние риска инцидента и факторов неопределенности. В социально-экономическом пространстве в процессе деятельности с определенной вероятностью возникают инциденты, искажающие реализуемые бизнес-процессы и негативно влияющие на эффективность его деятельности.

Существует два методологических подхода к изучению возможных инцидентов и степени их влияния на реализуемые компанией бизнес-процессы. Надо четко понимать, какие ресурсные и организационные условия нужны и достаточны для обеспечения деятельности компании на желаемом уровне его эффективности, который может быть установлен как совокупность целевых значений ключевых параметров, связанных с деятельностью компании. Информация, переданная в нужном ключе и в нужный момент, играет огромную роль в жизни общества, ибо тут мы имеем дело скорее с синергетическими, нежели с кибернетическими принципами управления социально-экономическими системами: важно не то, сколько раз вбрасываются в общество определенные идейные концепции и стереотипы (интенсивность управления, кибернетический подход), а момент, когда эти идеи вызываются к жизни (в т. н. точках бифуркации эволюции общества — подход теории хаоса).

Важны не только сама информация, но и информационные ресурсы (организованные и упорядоченные в виде баз знаний и данных, библиотек и др.), и институциональные образования, обеспечивающие организацию совместной интеллектуальной деятельности (научные

организации и объединения, органы управления научно-техническим развитием). Интеллектуальный потенциал общества как некоторая свертка названных факторов обладает свойством эмерджентности. Поэтому всем этим должен управлять человек с определенным уровнем интеллектуального знания, интеллектуального капитала, ЧК и само общество должно быть подготовлено к принятию данной информации.

Следовательно, на эффективность развития ЧК, как основного механизма развития социума и управления бизнес-процессами компании значительное влияние оказывает государственная координация, общегосударственная стратегия и поддержка со стороны власти, а также социальное партнёрство с предприятиями и организациями экономической и социальной сферы, со службами занятости, здравоохранения и образования, а также другими социальными институтами общества. Эффективность развития ЧК повышается при включении её в общую систему государственной кадровой политики.

По опыту государств с развитой экономикой известно, что при увеличении затрат на подготовку персонала увеличивается и его производительность и, как следствие, возрастает капитализация компании. Природные возможности человека (генетически обусловленный потенциал) надо рассматривать как начальный капитал, который требуется постоянно наращивать, вкладывая инвестиции в воспитание и в образовательный процесс.

Велика важность социальных взаимоотношений, влияющих на развитие ЧК, возникающих в процессе трудовой деятельности между государством, социальными институтами государства, компаниями, общественными организациями и самой личностью человека. Подобные взаимоотношения усиливают роль сплоченности общества, влияют на основной элемент качества трудовой жизни: возможность использовать и развивать свои способности, удовлетворять потребности в самореализации и в самовыражении; на возможность профессионального роста и на уверенность в будущем, на достойное место работы в жизни человека и на ее общественную полезность.

Качество трудовой жизни и ЧК взаимосвязаны и включают удовлетворенность человека своей профессиональной деятельностью, высокий уровень профессиональной культуры, профессиональную мобильность и соответствие вызовам времени [16]. Важнейшим направлением эффективного функционирования системы менеджмента является управление ЧК, человеческими ресурсами и повышение уровня компетентности

сотрудников организации. Опыт развития бизнеса показал, что эффективность межличностного управления рабочим процессом является мощным резервом повышения производительности и общей эффективности бизнес-процесса.

Комплексная система профессиональной ориентации молодежи является важным начальным этапом становления и раскрытия способностей, склонностей, внутреннего потенциала будущего профессионала и оттого имеет государственное значение. Система профориентации — значимый фактор профессионального становления, построения личной профессиональной карьеры и пополнения ЧК являющегося многомерным аспектом как социальной деятельности, так и развития социально-экономического пространства за счет деятельности человека ради человека.

Чтобы эффективно управлять компанией, менеджмент должен знать возможности своего персонала и обеспечить его своевременное и целенаправленное развитие, что включает в себя оценку через тестирование компетенций сотрудников (для максимального раскрытия их потенциала). Проведение непрерывной оценки компетенций по заданным параметрам позволяет указать векторы развития персонала, определить методы обучения и дать должную мотивацию к развитию компетенций [17].

При рассмотрении алгоритма процесса профессионального становления и развития личности (как будущего профессионала), можно отметить тесную взаимосвязь социального института по работе с кадрами государственного значения и с предпринимателями (рис. 5).



Рис. 5. Алгоритм процесса профессионального становления и развития личности

Основным элементом алгоритма процесса профессионального становления и развития бу-

душего ЧК является комплексная система профессиональной ориентации, включающая в себя первую ступень деятельности Центров профориентации молодежи, влияющих на становление профессионала, на приращение ЧК, на качество жизни, на развитие и гармонизацию общества (рис. 6) [18].

№ п/п	Содержание шага
Шаг 1	<p>Определение начальных условий исходя из общественных потребностей</p> <ul style="list-style-type: none"> • высокие требования социально-экономического пространства к профессионалам, к ЧК и др.; • модернизация социально-экономического сектора; • рост инвестиций в ЧК и др.
Шаг 2	<p>Создание и работа направлений деятельности Центра профессиональной ориентации молодежи:</p> <ul style="list-style-type: none"> • профинформация и профконсультация; • психологическая диагностика в бланковом и компьютерном вариантах; • консультации с психологом и психологическая поддержка; • тренинги, имитационные игры и др.; • встречи с профессионалами; • организация ярмарок вакансий; • работа клубов по профессиональным интересам; • организация профессиональных проб; • летнее трудоустройство; • разработка личных и профессиональных планов, запасных вариантов, выбор профессии
Шаг 3	<p>Формирование ЧК, улучшение качества жизни и гармонизация общества</p>

Рис. 6. Алгоритм деятельности Центра профессиональной ориентации молодежи

Комплексная система профессиональной ориентации молодежи — это три последовательных, взаимосвязанных этапа профессионального самоопределения:

- профессиональная ориентация школьников — первая ступень системы профессиональной ориентации молодежи, знакомящую школьников с миром профессий, с рынком труда, с социальными взаимосвязями и отношениями и т. д.;
- создание центров развития профессиональной карьеры молодежи при вузах и колледжах для студентов старших курсов;
- создание центров сообщества молодых ученых при вузах для аспирантов.

Вся деятельность комплексной системы профориентации молодежи направлена на освоение

молодыми людьми технологии построения своего жизненного и профессионального пути.

Основная деятельность таких центров включает:

- оказание профессиональных услуг как системы социальной поддержки молодежи;
- способы распространения социально значимой профессиональной информации;
- создание баз данных при высших и средних специальных заведениях (о будущих трудовых ресурсах и об их психофизиологических особенностях, способностях, мотивации), формирование рабочих команд и микрогрупп молодых ученых для решения стоящих перед компаниями научных задач, проведение НИОКР и их внедрение в производство и т. д.;
- налаживание связей с социальными институтами, компаниями, организациями и др.;
- обеспечение гармоничного сочетания интересов самой личности, государства и социума.

Вся деятельность комплексной системы профессиональной ориентации молодежи является эмерджентной парадигмой выявления, подготовки и раскрытия талантов будущих профессионалов, будущего ЧК, несущего синэргию (авт. понятие Л. А. Митюрниковой).

Комплексная система профориентации — социальный институт общества, имеющий задаваемую процессами структуру социального взаимодействия. В ней присутствует обеспечиваемое взаимодействием частей системы единство (при функциональной специфичности ее элементов и подсистем). При объединении и взаимодействии всех элементов системы, возникают новые количественные свойства, отчего растет ЧК, повышаются качество жизни и гармонизация общества в целом [18].

ЧК — конечный результат деятельности всей комплексной системы профессиональной ориентации. Просматривается диалектический закон перехода количества в качество, причем ему присуща синергичность (динамический аспект эмерджентности), предполагающая взаимодействие всех системных компонент. Заметим, что ЧК является капиталом лишь когда он находится в системе взаимодействия и когда создается единое сильное иерархическое смысловое поле (мыслеформа) данного капитала не только на уровне компании, но и государства, и общества в целом.

По мнению авторов достаточно подробно рассмотрены содержание, основные характеристики и понятия "человеческий капитал", главные факторы формирования и развития социума, обеспечивающие высокое качество и высокий уровень жизнедеятельности человека

как высшей ценности общества, экономики и государства.

В рамках рыночной экономики существуют многообразные модели развития социально-экономического пространства (обусловленные менталитетом нации, ходом исторического развития, геополитическим положением, уровнем развития и характером материально-технической базы и др.), причем залогом его развития и формирования "экономики знаний" является ЧК. В свою очередь, полнота его реализации определяется рядом условий, отражающих тесную связь интеллектуального, экономического, социального, научно-технического, духовного, информационного и иных потенциалов общества.

Переосмысление процессов формирования и развития рыночных форм хозяйствования и институтов в современной РФ требует построения надежного фундамента, основанного на комплексной подготовке специалистов, владеющих

профессиональной и экономической культурой, понимающих экономические закономерности функционирования рыночного механизма и основы государственного регулирования экономики. При этом социальная гармония как единство и согласие людей, слоёв и групп населения есть их сознательное стремление к балансу интересов (прежде всего, на самом фундаментальном структурном уровне сфер общества, в которых занято все население).

Социальная гармония может быть только эволюционной, связанной с постепенным процессом стирания социальных крайностей и антагонизмов, причем у каждой страны свой путь и срок построения общества социальной гармонии. Лишь тогда на смену агрессивным поколениям индустриальной цивилизации придут новые гармоничные поколения, которые и смогут найти равновесие между развитием техносферы, сохранением биосферы и расширением ноосферы планеты Земля [18, 20].

ЛИТЕРАТУРА

1. Кулайкин В. И., Зараковский Г. М., Задесенец Е. Е. Проект Доктрины государственного регулирования качества жизни населения России. // Поволжский вестник. — Саратов. 2005. № 1.6. С. 35—48.
2. Богатырева О. В. Развитие человеческого капитала как фактора роста конкурентоспособности торговой организации // Вестник Академии знаний. — Краснодар. 2020. № 40(5). С. 59—65 [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-chelovecheskogo-kapitala-kak-faktora-rosta-konkurentosposobnosti-torgovoy-organizatsii> (дата обращения: 20.04.2022).
3. Митюрникова Л. А. Концептуальные подходы профессиональной ориентации молодёжи в современной России. Монография. — М.: Инфра-М, 2014. — 347 с.
4. Митюрникова Л. А. Человеческий капитал — базовая доктрина развития социально-экономического пространства. // Вестник Московской международной академии. 2017. № 2. С. 96—107 [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kachestvo-trudovoy-zhizni-osnovnoy-mehanizm-regulirovaniya-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya-i-preobrazovaniy-v-ekonomike> (дата обращения: 20.04.2022).
5. Пителинский К. В., Кунафеев Д. А. Защита интеллектуального капитала компании в современных условиях // Вестник Московского университета им. С. Ю. Витте. Сер. 1: Экономика и управление. 2013. № 3(5). С. 70—77 [Электронный ресурс]. URL: http://www.muiv.ru/vestnik/pdf/eu/eu_2013_3_70-77.pdf (дата обращения: 20.04.2022).
6. Ухина Т. В. Особенности кадровой политики в сфере туризма и гостеприимства: мат. Всероссийской науч.-практ. конф. / под ред. Е. Е. Коноваловой. — М.: РУСАЙНС, 2018. С. 563—569.
7. Alibekov I. Yu., Pitelinskiy K. V., Boyar-Sozonovitch A. S. Assessment and quality management of dynamic circuit flows as a condition of enterprise safety // Journal of Physics Conference Series 1515:032038 April 2020 [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/341377285_Assessment_and_quality_management_of_dynamic_circuit_flows_as_a_condition_of_enterprise_safety (дата обращения: 20.04.2022).
8. Юдина Е. В., Ухина Т. В., Коновалова Е. Е. и др. Стратегическое управление конкурентоспособностью предприятий индустрии туризма и гостеприимства // Экономика и предпринимательство. 2018. № 11(100). С. 693—696.
9. Ухина Т. В., Троицкая Н. Г., Подсёвалова Е. Н. и др. Совершенствование управления персоналом в туристской индустрии // Экономика и предпринимательство. 2017. № 12-4(89). С. 1194—1197.
10. Ухина Т. В. Психологические аспекты в деловых переговорах // Экономика и предпринимательство. 2016. № 3-1(68). С. 1009—1012.
11. Гончаренко Г. Ю., Ермаков И. К., Ермолатий Д. А., Пителинский К. В. Компьютерная психология или универсальный подход к уязвимостям конфиденциальной информации // Вопросы защиты информации. 2018. № 4. С. 62—67.
12. Ермаков И. К., Ермолатий Д. А., Пителинский К. В. Социальная инженерия как технология нарушения информационной и экономической безопасности субъекта экономики // Вестник московской международной академии. 2019. № 1. С. 74—83 [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/>

article/n/sotsialnaya-inzheneriya-kak-tehnologiya-narusheniya-informatsionnoy-i-ekonomicheskoy-bezopasnosti-subekta-ekonomiki (дата обращения: 20.04.2022).

13. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/research/analytics/cybersecurity-threatscape-2021-q4/> (дата обращения: 20.04.2022).

14. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.weforum.org>.

15. **Бояр-Sozonovitch A. S., Buikin A. Y., Pitelinskiy K. V.** Features of enterprise risk management associated with operational risks // Amazonia Investiga. 2021. № 10(46). P. 9–19 [Электронный ресурс]. URL: <https://amazoniainvestiga.info/index.php/amazonia/article/view/1770> (дата обращения: 20.04.2022).

16. **Митюрникова Л. А.** Факторы, влияющие на качество жизни населения в современной России // Социально-гуманитарные знания. 2011. № 4. С. 64–78.

17. **Митюрникова Л. А.** Качество жизни как основной механизм регулирования социально-экономических преобразований в стране // Социально-гуманитарные знания. 2011. № 5. С. 39–48.

18. **Митюрникова Л. А.** Комплексная система профессиональной ориентации молодёжи как социальный институт общества. Монография. — М.: ГОУ ВПО МГУС, 2007. — 165 с.

19. **Салтыкова М. В., Пителинский К. В.** Безопасность личности как приоритетная цель актуальной государственной стратегии РФ // Вестник московской международной академии. 2017. № 2. С. 107–117. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bezopasnost-lichnosti-kak-prioritnaya-tsel-aktualnoy-gosudarstvennoy-strategii-rf> (дата обращения: 20.04.2022).

20. **Пителинский К. В.** Динамика изменений техносферы, биосферы и ноосферы Земли: некоторые результаты применения инновационных технологий // Вестник московского института лингвистики. 2014. № 2. С. 126–130 [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dinamika-izmeneniy-tehnosfery-biosfery-i-noosfery-zemli-nekotorye-rezultaty-primeneniya-innovatsionnyh-tehnologiy> (дата обращения: 20.04.2022).

HUMAN CAPITAL IS THE MAIN MECHANISM FOR THE DEVELOPMENT, MANAGEMENT AND PROTECTION FROM RISKS OF THE SOCIO-ECONOMIC SPACE

¹L. A. Mityurnikova, ²K. V. Pitelinskiy, ¹T. V. Ukhina, ³R. V. Samoletov

¹ Russian State University of Tourism and Service, village Cherkizovo, Pushkin district, Moscow region, Russia

² Moscow Polytechnic University, Moscow, Russia

³ Moscow State Regional University, Mytishchi, Moscow region, Russia

Human capital is considered — the main mechanism for the development of modern society, which involves the active participation of a person in solving urgent problems of the country's economic development. The content, main characteristics and concepts of "human capital", the main factors in the formation and development of an innovative economy, which ensure high quality and a high level of human life as the highest value of society, are considered. The role of human potential is studied as the main factor in managing the company's business processes, as the main reserve for optimizing business processes, transforming society into a new quality, and as an impetus for the development of the socio-economic space. The focus of the new paradigm on the human factor, highly skilled labor, widespread informatization and intellectualization of business processes being implemented is noted. Within the framework of the ERM concept, the impact of operational risks on the company's activities and their relationship with maintaining the continuity of ongoing business processes is studied, which ensures the proper levels of economic and information security of an economic entity.

Keywords: human capital, intangible assets, socio-economic space, risk management, information security, economic security, business continuity.

Bibliography — 20 references.

Received April 27, 2022

УДК 629.7
DOI: 10.52190/1729-6552_2022_2_65
EDN: IVUVHT

ПРОЕКТ САМОЛЕТА-ЗАПРАВЩИКА MQ-25 T1 КОМПАНИИ BOEING (США)

А. И. Коновалова, канд. эконом. наук
ПАО «Туполев», Москва, Россия

Описаны актуальные тенденции компании Boeing (США) в области дозаправки в воздухе на примере самолета-заправщика MQ-25 T1.

Ключевые слова: дозаправка в воздухе, Boeing, самолет-заправщик, MQ-25, беспилотник.

Компания Boeing проводит активную испытательную кампанию своего опытного образца беспилотного летательного аппарата-заправщика MQ-25 Stingray в целях устранения любых ошибок до запуска в производство. Принадлежащий компании испытательный аппарат, известный как T1, совершил свой первый полет 19 сентября 2019 г. на испытательном полигоне компании в аэропорту "МидАмерика Сент-Луис" в Маскауте, штат Иллинойс, в 40 милях от завода Boeing в Ламберт-Филд, Сент-Луис, и с тех пор им было пройдено много контрольных точек.



Рис. 1. MQ-25 T1

Новаторство Boeing

По словам Дэйва Буджолд — директора программы MQ-25, была изменена обычная последовательность закупка—сборка—испытание при создании изделия: в первую очередь проводятся испытания [1]. В результате получено огромное количество данных, которые применяют в производстве MQ-25 для ВМС. Boeing использует T1, чтобы укрепить цифровую нить, соединяющую проектирование самолета с производством, испытаниями, эксплуатацией и техническим обслуживанием. Внешний вид MQ-25 T1 представлен на рис. 1.

Летно-технические характеристики (ЛТХ) MQ-25 T1

Размах крыла, м	
с выдвинутыми крыльями	22,9
в сложенном виде	9,54
Длина самолета, м	15,5
Высота, м	
с выдвинутыми крыльями	3,0
в сложенном виде	4,79
Масса, кг	
пустого	6400
максимальная взлетная	20200
Двигатель	1 ТРДД Rolls-Royce AE3007
Мощность, л. с.	1 х
Максимальная скорость, км/ч	620
Крейсерская скорость, км/ч	
Практическая дальность, км	4 000
Практический потолок, м	12 000

История создания беспилотника-дозаправщика

Stingray появился в результате длительной программы по размещению малозаметного беспилотного разведывательного/ударного самолета на борту авианосцев ВМС США, но впоследствии превратился в систему дозаправки в воз-

Коновалова Анастасия Игоревна, ведущий специалист.
E-mail: akonvalova@tupolev.ru

Статья поступила в редакцию 5 апреля 2022 г.

© Коновалова А. И., 2022

духе авианосного базирования (CBARS), программа была принята в 2016 г. Концепция CBARS заключается в предоставлении самолету-топливозаправщику некоторых функций мало-заметности. Эти самолеты смогут снять бремя дозаправки в полете с флота Super Hornet фирмы Boeing, высвободив больше самолетов F/A-18 для боевых задач.

В августе 2018 г. ВМС США выбрали проект Boeing, а не проекты конкурентов General Atomics и Lockheed Martin, заключив первоначальный контракт на 805 млн долл. на разработку и производство четырех опытных образцов по результатам технического проекта. В апреле 2020 г. к заказу были добавлены еще три образца для демонстрации и испытания системы (рис. 2). Компания Boeing решила построить T1 за свой счет, чтобы ускорить процесс разработки и закупки.



Рис. 2. Беспилотный самолет-заправщик MQ-25 T1 проводит дозаправку палубного истребителя F-18 эскадрильи ВМС США VX-23. Подвесной агрегат для дозаправки в воздухе такой же, как и у самолета Super Hornet, когда он используется как топливозаправщик авианосного базирования

Компания Boeing вложила значительные средства в проектирование на основе компьютерного моделирования, позволяющее инженерам прогнозировать, как каждая система будет работать в определенных условиях. Данные испытательных полетов для проверки прогнозов или для информирования о необходимых изменениях, если реальные результаты отличаются от результатов, полученных в цифровой модели. Полеты продолжаются в течение многих часов в лаборатории с использованием моделей для имитации полета и характеристик самолета. Цифровое моделирование также используют для поддержки производства MQ25, а также для моделирования плана МТО и роста производства в будущем.

Результаты первичных испытаний MQ-25

После первоначальных летных испытаний систем в 2020 г. летательный аппарат T1 был оснащен подвесным агрегатом для дозаправки в воздухе фирмы Cobham, что позволило начать его испытания в качестве топливозаправщика (рис. 3).



Рис. 3. MQ-25 T1 перед испытаниями

Первоначально в ходе испытаний все внимание уделялось поведению MQ-25 во время полета с подвесным агрегатом заправки, впоследствии начались испытания в спутной струе с самолетами, дозаправляемыми в полете, что в конечном итоге расчистило путь для испытаний по установлению контакта [2].

4 июня 2021 г. во время 26-го полета беспилотник T1 успешно дозаправил самолет F/A-18F Super Hornet из испытательной эскадрильи ВМС VX-23 [3]. Исторический контакт произошел после того, как дозаправляемый самолет пролетел в непосредственной близости от MQ-25 (моментами приближаясь на расстояние до 20 футов) для оценки течения в спутной струе за топливозаправщиком. 18 августа 2021 г. Stingray заправил самолет дальнего радиолокационного обнаружения E-2D Hawkeye фирмы Northrop Grumman из авиационной эскадрильи VX-20 (рис. 4).



Рис. 4. Заправка E-2D Hawkeye 18 августа 2021 г.

Во время полета 13 сентября 2021 г. F-35C из авиационной эскадрильи VX-23 провел предварительное исследование спутной струи, прежде чем установить контакт с конусом системы дозаправки и получить топливо от MQ-25. Это завершило серию демонстрационных испытаний по дозаправке основных типов самолетов, которые Stingray будет заправлять в ходе эксплуатации [4].

К моменту дозаправки F-35C беспилотник T1 налетал более 120 ч за два года, прошедшие с момента его первого полета, и значительно расширил диапазон. Ранее в этом году он пролетел более шести часов и достиг высоты 30 000 футов. По словам летчика-испытателя Boeing Тай "Ворчун" Фраучи, самолет хорошо работает во всем диапазоне режимов полета, процессы и процедуры для регулярных полетов этого самолета успешно внедряются. На каждом этапе пути присутствовали испытатели ВМС, чтобы заранее воспользоваться преимуществами обучения, которое дает этот самолет.

Заключение

Boeing строит первые два опытных образца самолета по результатам технического проекта. ВМС планируют приобрести 72 беспилотника MQ-25 для развертывания в составе авианосных авиационных крыльев. Boeing подписала контракт с Пентагоном на производство и поставку первых четырех беспилотных самолетов-заправщиков палубного базирования. Стоимость контракта составляет 805 млн долл. [5]. Первоначальная эксплуатационная готовность намечена на 2024 год.

Тем временем Boeing продолжит использовать T1 для доработки конструкции и планирует провести испытания по управлению ЛА при движении по палубе авианосца, чтобы проверить элементы увязки с судном. Для этого планируется перевезти T1 в Норфолк, штат Вирджиния, а затем поднимут краном на борт авианосца.

Ожидается, что после принятия MQ-25 на вооружение, в США вернутся к разработкам ударно-разведывательных беспилотников палубного базирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. MQ-25. NAVIR [Электронный ресурс]. <https://www.navy.mil/Press-Office/News-Stories/Article/2647709>.
2. This Is Our First Look At Boeing's MQ-25 Tanker Drone Carrying A Refueling Pod [Электронный ресурс]. Код доступа: <https://www.thedrive.com/the-war-zone/35004/this-is-our-first-look-at-boeings-mq-25-tanker-drone-carrying-a-refueling-pod>.
3. Musto Julia. Boeing drone refuels Navy fighter jet for the first time [Электронный ресурс]. <https://www.foxnews.com/science/boeing-drone-refuels-navy-fighter-jet-first-time>.
4. БЛА MQ-25A выполнил дозаправку в воздухе истребителя F-35C "Лайтнинг-2" [Электронный ресурс]. <https://armstrade.org/includes/periodics/news/2021/0916/130064503/detail.shtml>.
5. Boyle Alan. Boeing wins \$805M contract to build U.S. Navy's MQ-25A robotic refueling planes [Электронный ресурс]. <https://www.geekwire.com/2018/boeing-wins-805m-contract-build-mq-25a-robotic-refueling-planes-navy>.

MQ-25 T1 TANKER AIRCRAFT DEVELOPMENT BY BOEING (USA)

A. I. Kononova

PJSC "Tupolev", Moscow, Russia

The article describes the current trends of Boeing (USA) in the field of refueling in the air on the example of an MQ-25 T1 tanker aircraft.

Keywords: aerial refueling, Boeing, tanker aircraft, MQ-25, drone.

Bibliography — 5 references.

Received April 5, 2022

Оборонный комплекс — научно-техническому прогрессу России: Межотр. науч.-техн. журнал / Федеральное государственное унитарное предприятие «НТЦ оборонного комплекса «Компас», 2022. Вып. 2. С. 1—68.

Компьютерная верстка: *Н. В. Ильина, К. В. Трыкина*

Подписано в печать 14.06.2022.

Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 7,9. Уч.-изд. л. 8,2.

Тираж 250 экз. Заказ 1995.

Свободная цена.

Адрес редакции: 125424, Москва, Волоколамское ш., 77.

ФГУП «НТЦ оборонного комплекса «Компас».

<http://ntckompas.ru>

Отпечатано: 101000, Москва,

Лубянский проезд, д. 15, стр. 4, офис 105.

ИП Кириченко Алексей Викторович.

Индекс 79379.