



ИнтелТранс
ГРУППА КОМПАНИЙ

I T & TRANSPORT

И Т & ТРАНСПОРТ

Сетевое издание

№ 1 (25)-2024

ISSN 2949-5288 (online)

Выходит: 4 раза в год

**Самара
ООО «НПЦ «ИТС»**

2024



I T & TRANSPORT

И Т & ТРАНСПОРТ

Направления:

- 1.2.2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ (технические науки)
- 2.3.1. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ, СТАТИСТИКА (технические науки)
- 2.3.3. АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ (технические науки)
- 2.3.5. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ (технические науки)

Главный редактор Михеева Т. И.
доктор технических наук, профессор,
Заслуженный деятель науки и образования РФ

Самара

ООО «НПЦ «ИТС»

2024

IT & Transport / ИТ & Транспорт : под ред. Т.И. Михеевой. –
Самара, ООО «НПЦ «ИТС», 2024, №1 (25). – 92 с. : ил.

ISSN: 2949-5288

В сборнике представлены научные статьи, содержащие результаты исследований в следующих предметных областях: системный анализ, управление и обработка информации, интеллектуальные транспортные системы, геоинформационные системы, информационные технологии, базы данных и знаний, системы искусственного интеллекта, цифровая обработка изображений, управление транспортными процессами, развитие транспортной инфраструктуры, автоматизация и управление технологическими процессами и производствами, математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей, математическое и компьютерное моделирование.

Предназначен для научно-технических работников, инженеров, аспирантов и студентов, обучающихся по специальностям, связанным с информационными технологиями, транспортными системами и процессами.

Авторская позиция и стилистические особенности публикаций полностью сохранены.

ISBN 978-5-6049535-3-2©

Сетевое издание «IT & Транспорт» зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций; регистрационный номер:
серия ЭЛ № ФС 77 – 85276 от 30.05.2023

e-mail: itsspc@yandex.ru

© Адрес страницы сайта: <http://ittransport.ru>

© ООО «НПЦ «ИТС», 2024

УДК 004.02

Смолев А.М., Михеева Т.И.
РЕАЛИЗАЦИЯ ПЛАГИНА ДИСЛОКАЦИИ КАМЕР
ФОТОВИДЕОФИКСАЦИИ НА ИНТЕРАКТИВНОЙ КАРТЕ
ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

*Самара, Самарский университет имени академика С.П. Королёва
ИнтелТранс*

В данной статье приводится описание реализации плагина геоинформационной системы ITSGIS «Камеры фотовидеофиксации», предназначенного для работы с объектами этого типа на электронной карте. Обосновывается необходимость реализации данного плагина. Дается информация о логической модели данных и графическом интерфейсе плагина, а также приводятся причины их реализации в этом виде. Раскрываются методы и средства, которые были применены при интеграции данного модуля в геоинформационную систему.

Ключевые слова: камера фотовидеофиксации, реализация, логическая модель данных, модульная архитектура, геоинформационная система, электронная карта, интеграция, паспортизация.

Введение

Повышение безопасности дорожного движения является одним из основных государственных приоритетов в дорожно-транспортном хозяйстве Российской Федерации. В связи с постоянным ростом численности транспортных средств на автодорогах, усиливающимся устареванием автопарка в результате снижения доступности новых машин для среднестатистического жителя России, а также сужением доступных опций в этом плане (например, отсутствием подушек безопасности в новых автомобилях), обеспечение безопасности движения средствами наружного и уличного контроля приобретает архиважную значимость. Одним из таких средств являются камеры фото- видеофиксации.

Стандарт ГОСТ Р 57144-2016 определяет функциональность камер фотовидеофиксации так: это специальные технические средства, работающие в автоматическом режиме и имеющие функции фото- и киносъемки, видеозаписи, предназначенные для обеспечения контроля за дорожным движением, в

том числе для фиксации административных правонарушений в области дорожного движения. Эта фиксация осуществляется на основе данных о пространственно-временных характеристиках изменения положения транспортных средств и участников движения, таких как положение на дороге, скорость, направление и т.д. Одна камера видеонаблюдения обеспечивает контроль за движением на участке автомобильной дороги или прилегающей территории, называемой зоной контроля [1].

Для гарантии безопасности движения на обширном участке улично-дорожной сети (УДС) требуется установка серьезного количества камер, контролирующих движение на загруженных перекрестках в этой сети. Ответственными за установку камер являются центры организации дорожного движения (ЦОДД). В качестве примера приведем статистику по числу средств видеонаблюдения в Республике Татарстан. В рамках реализации проекта АПК «Безопасный город» на территории республики было учтено 62906 видеокамер, из которых 3486 функционировало в реальном времени, а 42 камеры видеонаблюдения были интегрированы в адаптивную систему управления дорожным движением (АСУДД) г. Казань. Применение камер видеонаблюдения наряду с другими средствами организации дорожного движения (ОДД) позволило снизить смертность на дорогах Казани более чем в 2 раза [2]. Поскольку в ручном режиме производить учет тысяч камер в реальном времени крайне неэффективно, этот процесс должен быть реализован в рамках геоинформационной системы [3].

Геоинформационная система ITSGIS

Интеллектуальная транспортная геоинформационная система (ИТСГИС) «ITSGIS» представляет собой сложноорганизованную систему, интегриирующую в себе типичные компоненты ИТСГИС общего назначения с инструментами, более характерными для интеллектуальной транспортной системы (ИТС), предназначенными для моделирования и проектирования транспортной инфраструктуры и позволяющими рассчитывать транспортный поток на улично-дорожной сети. Система поддерживает работу как с геометрическим представлением, так и с семантическим содержанием объектов транспортной инфраструктуры, включая дорожные знаки и светофоры. Сбор, хранение, анализ и выгрузка атрибутивных данных об инфраструктуре позволяет в режиме реального времени поддерживать геоинформационную модель населенного пункта. Кроме того, система «ITSGIS» обладает широкими возможностями, позволяющими выполнять комплексную работу по паспортизации автомобильных дорог по улицам города на основе данных ортофотоплана и передвижной лаборатории.

Широкая сфера возможностей применения «ITSGIS» позволяет решать следующие задачи по цифровизации муниципального хозяйства [4]:

- снижать материальные и трудовые затраты за счет концентрации информации в одной ИТСГИС-системе;
- резко увеличивать оперативность и качество работы с пространственно-распределенной информацией;
- вести учёт объектов городской инфраструктуры, формировать сводные ведомости, экспортировать схемы организации дорожного движения и т.д.;
- актуализировать мероприятия по планированию территорий;
- принимать меры по повышению безопасности, отслеживать информацию о состоянии улично-дорожной сети, производить перенастройку сети по мере необходимости.

Структурная схема геоинформационной системы «ITSGIS» позволяет относительно быстрым и несложным путем подключать собственные модули (плагины) практически любого назначения, а существующая модель данных разрешает включение в нее сущностей любого характера, обладающих географической привязкой. Исходя из этих соображений, данная система была выбрана для реализации модуля учета камер фотовидеофиксации на электронной карте города.

Модель камеры фотовидеофиксации

Основной элементарной единицей модели данных интеллектуальной транспортной геоинформационной системе «ITSGIS» являются геообъекты. Они представляют собой совокупность цифровых данных, состоящую из пространственной и семантической составляющей, которым соответствует либо реальный физический объект на местности (сооружение, памятник, дорожный знак), либо участок пространства, границы которого определяются нормативными актами либо соглашениями (район, город и т.п.) [5]. Камера фотовидеофиксации является одним из видов реального объекта, который необходимо отмечать на цифровой карте.

Так как относительно небольшой физический размер камеры несущественен для пользователей карты, ее геометрическое представление будет задаваться простой точкой – парой координат {широта; долгота}. Атрибутивное, или же семантическое, представление камеры фотовидеофиксации определяется факторами, обосновывающими включение тех или иных свойств камер в модель данных. К этим факторам можно отнести [6]:

- характеристики камер, определяемые в имеющих непосредственное отношение к предметной области стандартах, таких как ГОСТ Р 57144-2016;

- требования правила паспортизации автомобильных дорог и организации дорожного движения;
- ожидаемые требования пользователей, которые в своей деятельности используют интеллектуальную транспортную геоинформационную систему «ITSGIS».

На основании этих критериев была выстроена классификация камер, которые могут быть внесены на карту ИТСГИС:

- автодорожные:
 - стационарная;
 - передвижная;
 - мобильная;
 - носимая;
- общественный транспорт:
 - городской общественный транспорт:
 - ✓ трамвай/троллейбус;
 - ✓ автобус;
 - ✓ маршрутное такси;
 - ✓ метрополитен;
 - железнодорожный общественный транспорт:
 - ✓ пассажирский поезд;
 - ✓ электропоезд;
 - ✓ товарный поезд;
- наружное наблюдение;
- помещение.

Данная классификация в основном отражает расположение камеры и пространство, которое она снимает; однако дорожные камеры дополнительно поделены в соответствии с критериями ГОСТ. Эта классификация отражена в разработанной модели данных.

В модели также отражены характеристики камеры, зависящие от ее конструктивных особенностей и модели (марки) камеры. Эти характеристики могут определять зону контроля, а также период действия (время суток, время года и т.п.) и вероятность ее поломки. К этим характеристикам относятся:

- конструкция (стационарная, купольная, поворотная, специальная);
- фокусное расстояние (постоянное, переменное);
- высота камеры над землей;
- угол обзора;
- частота обновления кадров;
- возможность записи звука;
- наличие датчика движения;

- поддержка цветной записи;
- наличие поворотного устройства, при наличии – поддержка горизонтальной и вертикальной плоскости поворота.

Требования к проектированию схем организации дорожного движения предопределили включение еще нескольких параметров камер:

- зона действия – начальное и конечное расстояние отслеживания дорожных событий, считая от расположения камеры;
- список отслеживаемых нарушений, который может обновляться в соответствии со стандартом;
- статус – установлена, требуется, демонтировать, временная, в ремонте, отсутствует;
- улица либо пересечение, где расположена и которую отслеживает камера;
- представление камеры как паспортизируемого объекта, включаемого в ведомость размещения работающих в автоматическом режиме специальных технических средств, имеющие функции фото- и киносъемки, видеозаписи для фиксации нарушений правил дорожного движения Российской Федерации.

Включение зоны видимости как отдельного атрибута дает возможность просматривать на электронной карте ту местность, которая покрывается камерами с теми или иными характеристиками.

Логическая модель данных о камерах фотовидеофиксации и ее связь с моделью данных ядра «ITSGIS» в нотации IDEF1X приведена на рисунке 1.

Реализация плагина в системе «ITSGIS»

Геоинформационной системой предоставляется ряд средств, позволяющих разрабатывать и интегрировать специализированные модули, выполняющие задачи по учету и паспортизации геообъектов. Большая часть этих средств применялась при реализации плагина «Камеры фотовидеофиксации».

К компонентам среды разработки относятся язык программирования C#, платформа .NET и приложение *Visual Studio*. Эти средства являются типичными при создании плагина «ITSGIS». Таким же стандартом является реляционное СУБД PostgreSQL. При подключении приложения .NET к БД применяется провайдер данных *pgsql*.

Средством, позволяющим обращаться к СУБД не выходя за рамки возможностей объектно-ориентированного языка программирования, является технология объектно-реляционного отображения. Инструментом, реализующим данную технологию в рассматриваемом случае, является *NHibernate*. Этот инструмент предоставляет разработчику возможность применять средства языка программирования, такие как LINQ, вместо запросов SQL при

взаимодействии с СУБД. Физическая модель данных, соответствующая такой в БД, описывается в документах XML [7].

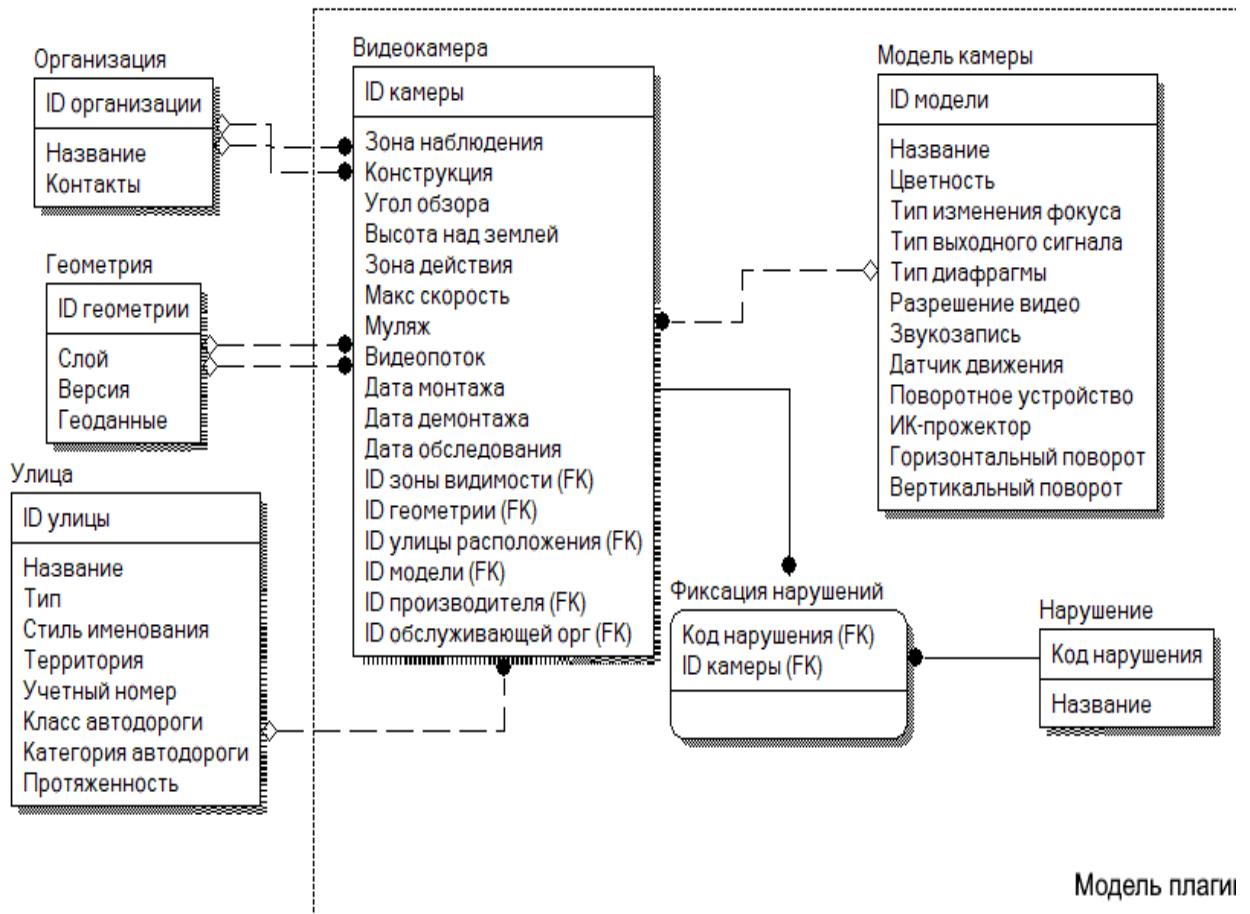


Рисунок 1. Модель данных плагина «Камеры фотовидеофиксации»

и ее связь с моделью ядра ИТСГИС

Для подключения компонентов плагина к системе «ITSGIS» используется контейнер инверсии зависимостей *Unity*. Этот инструмент позволяет указывать компоненты, внедряемые как зависимости, в специализированных классах, которые, в свою очередь, отмечаются в конфигурационном файле приложения. В этом файле содержатся описания библиотек подключаемых модулей системы. Так как приложение «ITSGIS» обладает клиент-серверной архитектурой, зависимости собираются отдельно для клиента и для сервера приложения. Тем самым образуется конфигурация, представленная в диаграмме компонентов на рисунке 2. Структурные части клиентской части плагина описываются в классе, реализующем интерфейс *IUnityConfigResolver*, а элементы сервера – в классе, реализующем *IServiceConfigurator*.

Геометрические операции над пространственными объектами на карте осуществляются благодаря применению библиотеки *NetTopologySuite*. Этот набор инструментов является аналогом *JTS Topology Suite*, предназначенным

для работы с геометриями на языке *Java*, и по сути является собой интерфейс для моделирования и вычислений над двумерными линейными геометриями. Этот инструмент реализует все требования спецификации OpenGIS, описывающей архитектуру для простых геометрических объектов, и поддерживает топологические операции над геометриями, начиная от нахождения пересечений и буферов геометрий, и заканчивая вычислением метрик Хаусдорфа и расстояния Фреше.

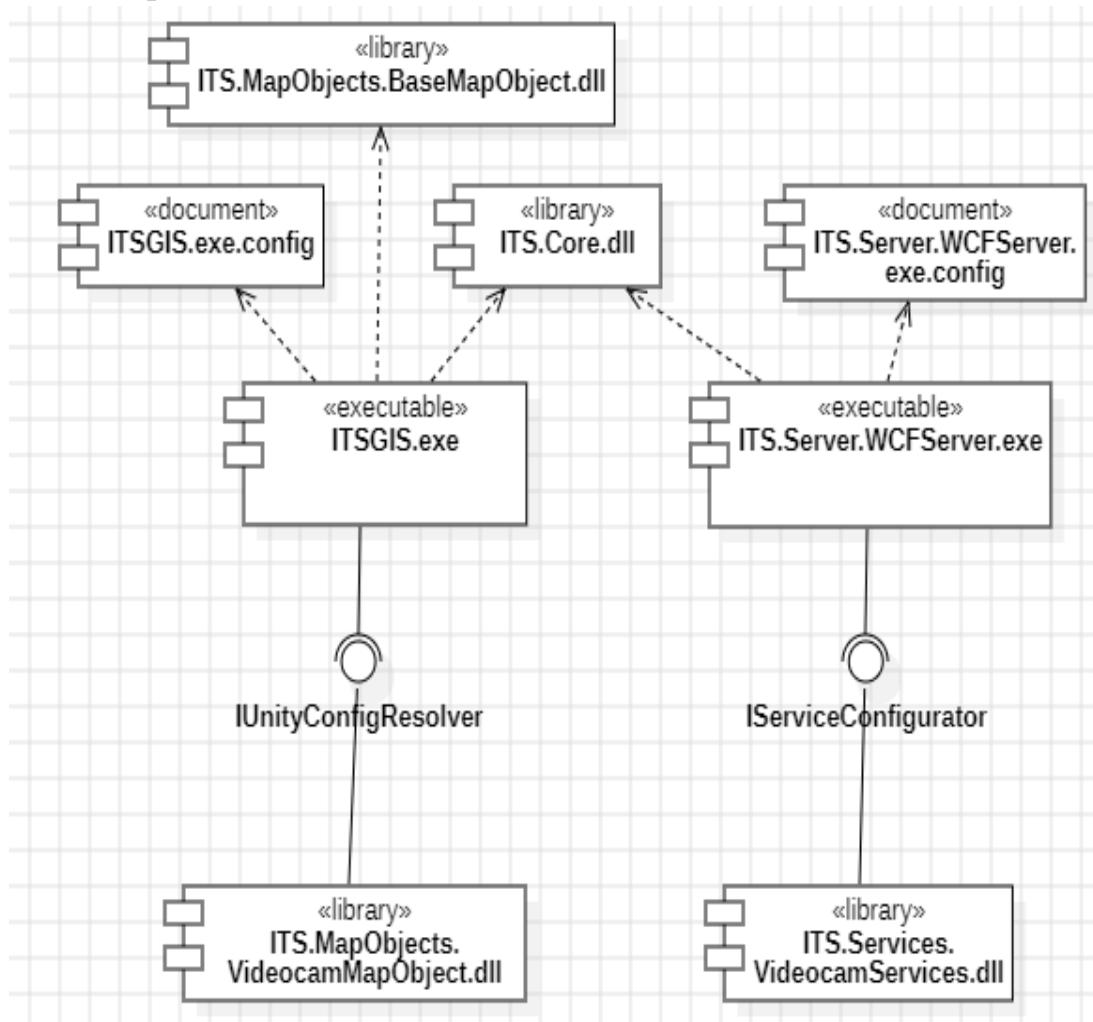


Рисунок 2. Диаграмма компонентов, участвующих в подключении плагина

Для разработки пользовательского интерфейса применялась библиотека *WinForms*. Весь инструментарий плагина представлен как отдельная вкладка (лента) в основной панели инструментов системы (рисунок 3).



Рисунок 3. Панель инструментов плагина «Камеры фотовидеофиксации»

В этот инструментарий входит:

- добавление новой камеры на карту;

- редактирование семантической информации о камере;
- копирование камеры;
- перемещение камеры;
- удаление камеры;
- поворот камеры;
- создание геометрии зоны видимости камеры;
- редактирование геометрии зоны видимости камеры;
- редактирование справочника моделей камер;
- отображение и скрытие зоны видимостей на карте;
- отображение подробной информации о камере;
- выборочное отображение по статусам;
- выгрузка сводной ведомости.

Дополнительно плагин включает модуль паспортизации камер фотовидеофиксации, реализующий интерфейс ядра *ICustomPassportizer* и используемый в плагине «Паспортизация» для заполнения ведомостей проектов и схем организации дорожного движения [8].

Внешний вид формы редактирования семантической информации о камере представлен на рисунок 4.

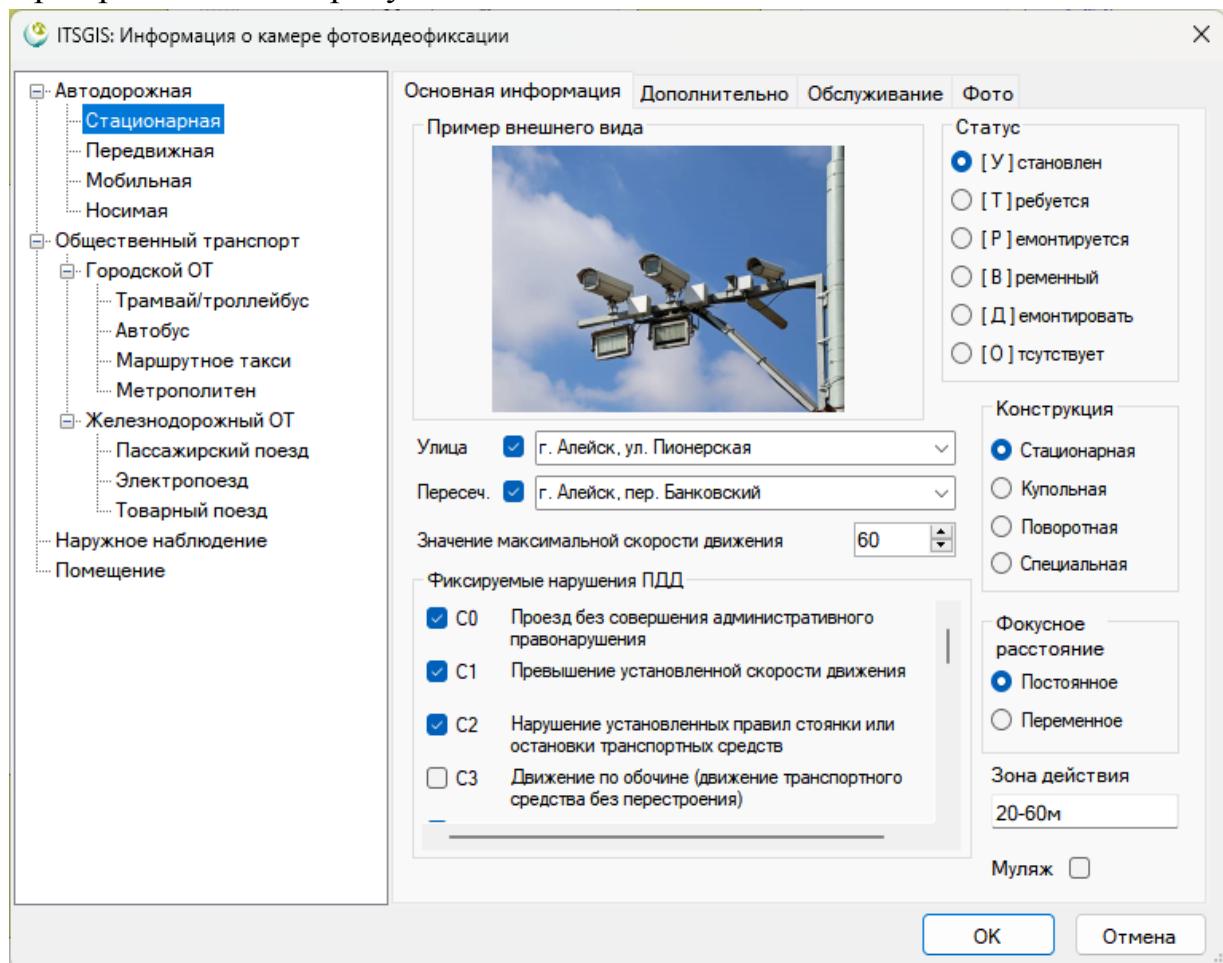


Рисунок 4. Форма редактирования информации о камере

Визуализация зон видимостей камер видеофиксации на участке электронной карты изображена на рисунок 5.

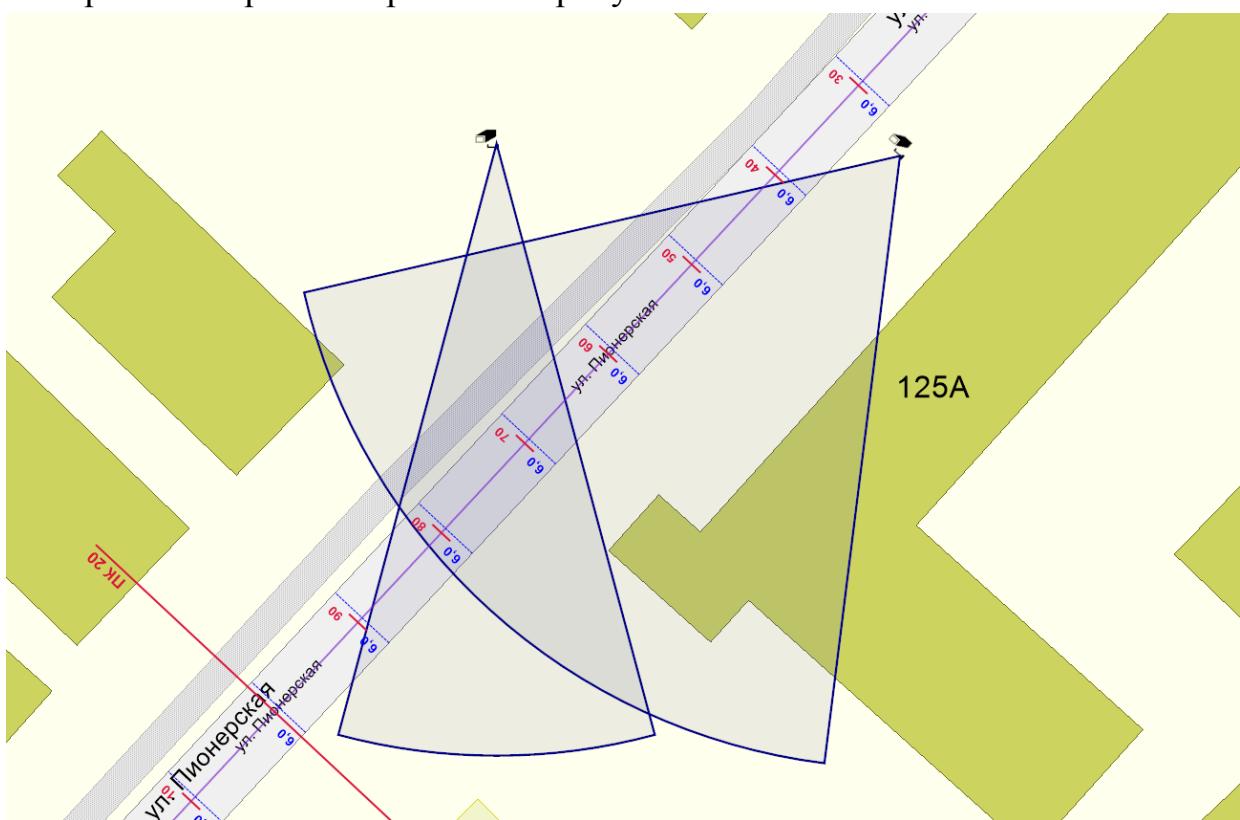


Рисунок 5. Визуализация зоны видимостей камер на карте

Инструменты создания зоны видимости камеры предоставляют два способа ее построения для последующей визуализации на карте. Первый способ заключается в проведении зоны видимости соответственно количественным параметрам камеры – повороту камеры α , углу обзора γ и дальности видимости R . С учетом этих параметров зона видимости определяется как сектор круга с центром в точке расположения камеры, радиусом R и центральным углом γ , причем граничные радиусы этого сектора повернуты относительно оси OX на углы $\alpha-\gamma/2$ и $\alpha+\gamma/2$. Второй способ состоит из ручного указания полигонального участка карты, видимого камерой.

Панель сводной информации о камере (рисунок 6) реализована как вкладка, открывающаяся в левой части окна программной системы. В верхней части этой вкладки содержится основная информация об объекте, а в нижней – подробные сведения о классификации, параметрах и обслуживании. Пользователь может отобразить требуемую информацию, нажав один из заголовков на вкладке. Пример отчета о камерах в ведомости проекта ОДД приведен на рисунке 7.

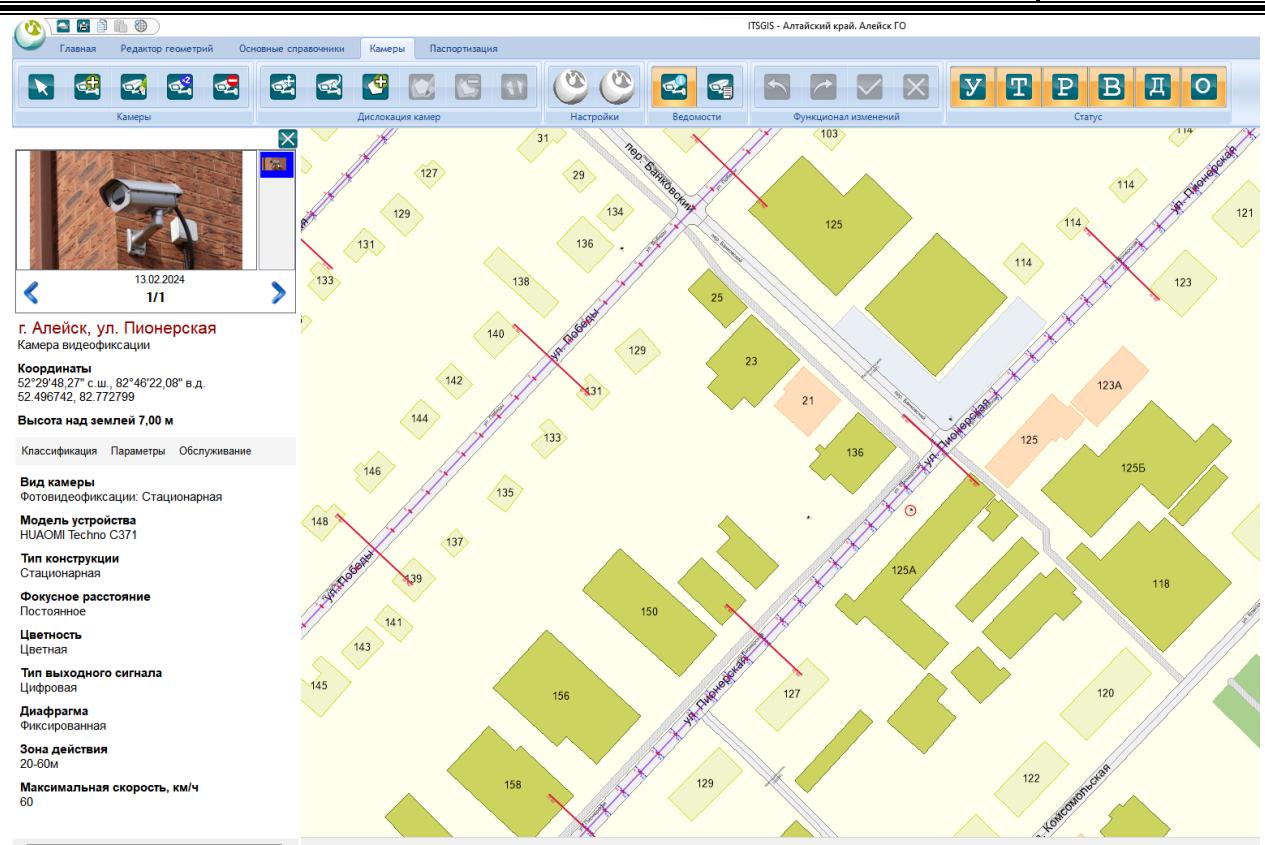


Рисунок 6. Информационная панель камеры и ее положение внутри окна

Заключение

Разработанная система сделала возможным проводить учет камер фото-видеофиксации в пределах муниципалитета с помощью современных автоматизированных средств, к которым относятся геоинформационные системы. Плагин «Камеры фотовидеофиксации» системы «ITSGIS» дополняет инструменты, предназначенные для проектирования схем ОДД и позволяет пользователям добавлять, изменять и просматривать информацию о камерах, зонах их видимости и контроля, а также экспортировать сводные ведомости камер как в пределах паспортизируемой улицы, так и всего города или района. Тем самым достигается оптимизационный эффект в повседневной работе государственных служб, направленной на повышение безопасности дорожного движения.

**ВЕДОМОСТЬ РАЗМЕЩЕНИЯ РАБОТАЮЩИХ В АВТОМАТИЧЕСКОМ
РЕЖИМЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ, ИМЕЮЩИЕ
ФУНКЦИИ ФОТО- И КИНОСЪЕМКИ, ВИДЕОЗАПИСИ ДЛЯ ФИКСАЦИИ
НАРУШЕНИЙ ПРАВИЛ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

№ п. п.	Месторасположение ТСАФ		Параметры зоны контроля	Виды предъявляемых нарушений ПДД	Макс. скорость движения, км/ч	Статус
	Адрес	Географические координаты				
1	ул. Пионерская/пер. Пролетарский	52,502273; 82,781640	10-50м	Превышение установленной скорости движения	60	Требуется
2	ул. Пионерская	52,501328; 82,780113	20-60м	-	60	Демонтировать
3	ул. Пионерская	52,500639; 82,778989	10-50м	Превышение установленной скорости движения; Нарушение установленных правил стоянки или остановки транспортных средств	60	Установлен
4	ул. Пионерская	52,500065; 82,778126	20-60м	Превышение установленной скорости движения	60	Установлен
5	ул. Пионерская	52,499404; 82,777138	20-60м	Превышение установленной скорости движения	60	Установлен
6	ул. Пионерская/пер. Банковский	52,497057; 82,773044	20-60м	Нарушение установленных правил стоянки или остановки транспортных средств; Движение по обочине (движение транспортного средства без перестроения)	60	Установлен
7	ул. Пионерская	52,496743; 82,772799	20-60м	Проезд на запрещающий сигнал светофора, в том числе на регулируемом пешеходном переходе, выезд на железнодорожный переезд при запрещающем сигнале светофора;	60	Установлен
8	ул. Пионерская	52,496724; 82,772224	20-60м	Превышение установленной скорости движения; Нарушение установленных правил стоянки или остановки транспортных средств	60	Установлен

	Итого	8
1	Камер фотовидеофиксации установлено	6
2	Камер фотовидеофиксации требуется	1
3	Камер фотовидеофиксации демонтировать	1

Рисунок 7. Сводная ведомость камер фотовидеофиксации

Список использованных источников

1. Воронина, Е.Е. Фотовидеофиксация как средство профилактики дорожно-транспортных происшествий / Е.Е. Воронина // Вестник НЦБЖД. – 2019. – № 2(40). – С. 73-79.
2. Минниханов, Р.Н. Применение данных ИТС систем для моделирования эффективной транспортной среды в Республике Татарстан / Р.Н.

- Минниханов, С.С. Степanova, В.А. Решетов, А.З. Махмутова // Безопасность дорожного движения. – 2021. – № 3. – С. 8-12.
3. Мартынюк, С.Н. Использование автоматизированных систем видеонаблюдения в обеспечении безопасности дорожного движения / С.Н. Мартынюк, В.Б. Косовский // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Юридические науки. – 2022. – Т. 8, № 2. – С. 105-110.
 4. Чекина, Е.В. Цифровая визуализация интерактивной карты интеллектуальной геоинформационной системы / Е.В. Чекина // IT & Transport / ИТ & Транспорт : Сборник научных статей. – Самара : ИнтелТранС, 2021. – Т. 14. – С. 87-96.
 5. Михеева, Т.И. Системный анализ объектов транспортной инфраструктуры в геоинформационной среде / Т.И. Михеева // Программные продукты и системы. – 2018. – № 1. – С. 12-18.
 6. ГОСТ Р 57144–2016. Специальные технические средства, работающие в автоматическом режиме и имеющие функции фото- и киносъемки, видеозаписи, для обеспечения контроля над дорожным движением. – URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/9dc/4293751424.pdf> (дата обращения: 30.01.2024).
 7. Плетухин, А.П. ORM как альтернативный способ общения с СУБД / А.П. Плетухин, М.А. Польская, А.А. Плетухина, О.Л. Серветник // Инновационные тренды и драйверы устойчивого развития социально-экономических процессов в условиях перехода к цифровому обществу : сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции, Ставрополь, 16–17 октября 2023 года. – Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2023. – С. 591-595.
 8. Смолев, А.М. Методы моделирования адресного плана в рамках геоинформационной системы / А.М. Смолев, Т.И. Михеева, А.В. Золотовицкий // IT & Transport / ИТ & Транспорт : Сборник научных статей. – Самара : ИнтелТранС, 2023. – Т. 24. – С. 4-13.
 9. Михеева, Т.И. Информационная технология автоматической дислокации геообъектов транспортной инфраструктуры на улично-дорожной сети / Т.И. Михеева, А.В. Сидоров, О.К. Головнин // Перспективные информационные технологии : труды Международной научно-технической конференции, Самара, 04–06 декабря 2013 года / Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева. – Самара : Самарский научный центр РАН, 2013. – С. 236-241.
 10. Михеева, Т.И. Инструментальная среда для проектирования объектов интеллектуальной транспортной системы / Т.И. Михеева // Вестник

-
- Самарского гос. техн. ун-та. Серия «Технические науки» №40. Самара: СамГТУ, – 2006. – С.96-103.
11. Михеева, Т.И. Интеллектуальная транспортная геоинформационная система ITSGIS. Ядро / Т.И. Михеева, С.В. Михеев, О.К. Головнин, А.В. Сидоров, Е.А. Савинов. – Самара : Интелтранс, 2016. – Т.1. – 171 с.

Smolev A.M., Mikheeva T.I.

**IMPLEMENTATION OF THE CAMERA DISLOCATION PLUGIN
PHOTO AND VIDEO RECORDINGS ON AN INTERACTIVE MAP
GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM**

*Samara, Samara University named after academician S.P. Korolev
IntelTrans*

This article describes the implementation of the ITSGIS geographic information system plug-in named “Traffic Enforcement Cameras”, designed for working with entities of the aforementioned type on an electronic map. The necessity of implementing this plugin is substantiated. Provided in this article are the information regarding the logical data model and user interface of the plugin, as well as reasoning for their implementation in this form. The methods and tools that were used to integrate this module into the geographic information system are disclosed.

Keywords: traffic enforcement camera, implementation, logical data model, modular architecture, geographic information system, digital map, integration, certification.

УДК 338.246.2

Хайтбаев В.А., Черняев Е.В.
**ОЦЕНКА НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ СТРАТЕГИЧЕСКОГО
ПЛАНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ И РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Самарский государственный университет путей сообщения

Статья посвящена анализу причин возникновения проблем в развитии электронной и радиоэлектронной промышленности России, вызванные недостатками нормативных документов планирования хозяйственной деятельности предприятий и их последствий. В работе проводится анализ возможных причин возникновения проблем неэффективного расходования ресурсов, выделяемых государством и бизнесом для восстановления электронной и радиоэлектронной промышленности России. В работе указывается, что проблемы низкой отдачи капиталовложений, срывов сроков освоения инвестиций и поставок продукции заказчикам, превышения текущих смет расходов над плановыми, могут быть вызваны недостатками нормативных документов планирования хозяйственной деятельности предприятий.

В исследовании показаны последствия перечисленных проблем в планировании деятельности предприятий исследуемой отрасли, которые влияют на темпы и качество следующих задач: импортозамещение; повышение технологического и инновационного потенциала; повышение роли ЦБ РФ в кредитовании реального сектора экономики, в том числе субсидирование государственного заказа (ГЗ). В статье даны рекомендации по уменьшение влияния выявленных проблем, возникающих при восстановлении электронной и радиоэлектронной промышленности, в части совершенствования законодательной базы.

Ключевые слова: радиоэлектроника, радиоэлектронная промышленность, стратегическое планирование, нормативная база, программа развития, оборонно-промышленный комплекс, гособоронзаказ, импортозамещение.

Введение

Восстановлению и развитию промышленного потенциала России, созданию перспективной и конкурентоспособной продукции препятствует, среди прочего, отставание производства высокотехнологичной электронной компонентной базы. При этом ключевым фактором экономического роста и залогом устойчивости государства является самодостаточная и эффективно

функционирующая электронная и радиоэлектронная промышленность (ЭРЭП). Как правило, определяющую роль в geopolитике и международных отношениях играют страны, выступающие локомотивами мирового технического прогресса и лидерами по развитию названного индустриального кластера (США, страны Евросоюза, Япония, Китайская Республика). При этом в современных условиях государство, имеющее собственную развитую радиоэлектронную отрасль, в наименьшей степени уязвимо для внешних вызовов, угроз и международной конъюнктуры.

В течение 20-го века наша страна показывала в целом положительный пример построения технологически самодостаточной ЭРЭП, в том числе, адаптированной, для сектора, производящего продукцию в рамках государственного заказа. Анализ научно-технологической базы индустриально развитых стран XX века показывает, что в начале века в мировой экономике сложились четыре «технологические зоны»: Германская, Американская, Японская и технологическая зона Великобритании. Главной характеристикой этих зон является способность государств, входящих в эти зоны производить высокотехнологичную продукцию по замкнутому циклу. Революция в России и затем период Сталинской индустриализации позволили создать пятую технологическую зону. Объемы и номенклатура производимой продукции, в том числе высокотехнологичной, показывали одно из лидирующих мировых мест СССР по этому показателю [8].

Однако в 1990-2000-х годах из-за внутриполитических проблем постепенное развитие ЭРЭП в России прекратилось, что сопровождалось образованием зависимости от зарубежных производителей электронной компонентной базы (ЭКБ). Наиболее критично обстояли дела в области создания высоконадежной и радиационностойкой микроэлектроники, применяемой в оборонном секторе, космонавтике, ракетостроении, авиастроении.

Проблема приобрела крайне негативный характер в 2014 году, когда после обострения российско-украинских отношений и ужесточения санкционного давления иностранные государства свернули поставки в нашу страну современной электронной компонентной базы, в том числе устанавливаемой на российское вооружение и военную технику.

В этом контексте целью статьи является анализ и оценка возможных проблем, препятствующих восстановлению и развитию ЭРЭП. Поставленная цель предопределается критически значимым влиянием производства электронной компонентной базы на без исключения, все промышленные отрасли, начиная от станкостроения, оборонной продукции и заканчивая товарами массового потребления.

Результаты исследования

В качестве информационной базы для проведения анализа и оценки влияния нормативных документов регулирующих производство ЭКБ выбраны: постановление Правительства РФ от 15.04.2014 № 328; приказ Минпромторга России от 31.03.2015 № 650; постановление Правительства РФ от 07.03.2019 № 239; постановление Правительства РФ от 30.04.2020 № 616; перечень поручений Президента России от 23.09.2019 № Пр-277; постановление Правительства РФ от 27.12.2019 № 1878; распоряжение Правительства РФ от 05.11.2020 № 2869-р; статистика по правоприменительной практики в отношении ряда предприятий ЭРЭП.

Разработка, изменения и дополнения нормативных документов регулирования экономической деятельности требует всестороннего анализа существующей нормативной базы и статистики основных результатов и достижений плановых показателей функционирования предприятий и отраслей. В этой связи особое внимание следует обратить на систематизацию, классификацию и причинно-следственные связи между нормативными актами, планами и фактическими результатами показателей хозяйственной деятельности предприятий промышленности.

Целевые ориентиры экономических результатов деятельности в натуральных и денежных единицах и их сравнение с фактически достигнутыми, являются очевидным основанием для оценки эффективности нормативных и регулирующих документов на всех уровнях государственного и корпоративного управления. Поэтому сравнение планов и результатов дает достаточное основание давать оценку эффективности применяемого правового механизма регулирования деятельности предприятий и отраслей промышленности.

Для уменьшения угрозообразующих тенденций воздействующих на уровень обеспечения военной безопасности и экономической самодостаточности Российской Федерации руководством страны взят курс на качественное преобразование отечественной ЭРЭП, а также развертывание программы импортозамещения иностранной радиоэлектронной продукции. В этих целях в 2015-2022 гг. Правительством РФ и заинтересованными федеральными министерствами изданы документы стратегического планирования, предусматривающие развернутый перечень мероприятий в направлении развития данной отрасли.

Так пример, в Самарской области, располагающей обширным кластером критически зависящих от состояния российской ЭРЭП научноемких производств, показывает, что до настоящего времени реализация вышеупомянутых целеполагающих и директивных документов не позволили нашей промышленности в должной мере преодолеть технологическое отставание в создании

радиоэлектронной продукции, создание центров компетенций по изготовлению электрорадиоизделий классов «space» и «military». По оценкам специалистов они находится на начальной стадии. При этом сохраняется тенденция критической зависимости от сверхсложной импортной микроэлектроники, негативно отражающаяся на состоянии и перспективах развития российского ракетостроения, космонавтики, авиастроения и ОПК.

В рамках указанной статьи авторы не приводят примеры конкретных проблем в связи со спецификой целевого назначения специальных образцов техники в условиях проведения специальной военной операции на территории Украины.

В то же время, авторами составлен обзор основных документов стратегического планирования в сфере развития российской электронной и радиоэлектронной промышленности.

Так, в 2014-2022 гг. основные целеполагающие и директивные положения по вопросам построения в России ЭРЭП регламентированы нижеследующими ключевыми федеральными нормативными правовыми актами, представленными в таблице № 1.

Таблица 1. Перечень и краткое содержание основных документов стратегического планирования ЭРЭП*

Перечень документов	Краткое содержание
Приказ Минпромторга России от 07.08.2007 № 311 «Стратегия развития электронной промышленности РФ на период до 2025 года»	Устанавливает ключевые концептуальные приоритеты в области развития электронной промышленности. Нацелена на решение системной социально-экономической проблемы по увеличению объемов продаж отечественной электронной компонентной базы, преодолению технологического отставания отечественной электронной промышленности от мирового уровня и повышению конкурентоспособности ее продукции на внутреннем и мировом рынках сбыта. Учитывала приоритетное развитие разработок и производства применяемой в условиях космоса радиационностойкой ЭКБ, включая вакуумную
Распоряжение Правительства РФ от 15.12.2012 № 2396-р «Государственная программа РФ «Развитие	Документ включал в себя подпрограмму «Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники на период до 2025 года», регламентировавшую приоритетные продукто-

Перечень документов	Краткое содержание
электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013-2025 годы» (действовала до 15 апреля 2014 года)	вые направления, на развитие которых ориентирована госполитика по созданию радиоэлектроники: энергетическое оборудование, телекоммуникационное оборудование, системы безопасности, медицинская, промышленная и автомобильная электроника
Приказ Минпромторга России от 31.03.2015 № 662 «Об утверждении Плана мероприятий по импортозамещению в отрасли радиоэлектронной промышленности РФ» (действовал до 2 августа 2021 года)	Регламентировал мероприятия и целевые показатели по импортозамещению в радиоэлектронной промышленности по тематическим направлениям: «электронная и оптическая компонентная база», «вычислительная техника», «телеинформатика и телекоммуникационное оборудование», «системы интеллектуального управления»
«Государственная программа РФ «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности». Утверждена Правительством РФ в апреле 2016 года, отсутствует в открытом доступе вследствие наличия сведений ограниченного распространения	Является переработкой распоряжения Правительства РФ от 15.12.2012 № 2396-р. Включает подпрограммы развития производства систем интеллектуального управления, вычислительной техники, телекоммуникационного и специального технологического оборудования
Распоряжение Правительства РФ от 17.01.2020 № 20-р «Стратегия развития электронной промышленности РФ на период до 2030 года»	Является переработкой и дополнением приказа Минпромторга России от 07.08.2007 № 311. Обозначена цель развития электронной промышленности: обеспечение роста объема выручки организаций отрасли до 5220 млрд. рублей при доле гражданской продукции в общем объеме производства промышленной продукции (по выручке) не менее 87,9 %. Основными направлениями развития отрасли должны стать создание высокотехнологичной продукции на базе российских технических решений, обеспечивающей реализацию национальных проектов, а также доминирование

Перечень документов	Краткое содержание
	на внутреннем рынке электронной продукции, критически значимой для обеспечения национальной безопасности, технологического и экономического развития. Объем экспорта российской электронной продукции должен увеличиться до 12,02 млрд. долларов США
Приказ Минпромторга России от 02.08.2021 № 2918 «Об утверждении Плана мероприятий по импортозамещению в отрасли радиоэлектронной промышленности РФ до 2024 года»	Является обновленной редакцией приказа Минпромторга России от 31.03.2015 № 662, рассчитанной на период реализации до 2024 года. Мероприятия в сфере импортозамещения сгруппированы исходя из потребностей отраслей нефтегазового, энергетического, тяжелого машиностроения, автоэлектроники

Источник: составлено автором на основе проведенного анализа нормативных документов.

Очевидно, приведенные правовые акты в целом подробно описывают направления стратегического планирования по развитию ЭРЭП, в том числе предусматривают мероприятия по импортозамещению зарубежной продукции.

Однако проведенный анализ содержания упомянутых нормативных документов свидетельствует о наличии в них недоработок, изначально не позволяющих наиболее полно решить проблему создания в России отечественной ЭРЭП, способной, прежде всего, удовлетворить потребности производства высокотехнологической продукции включая изделия для авиастроения, ракетостроения, космонавтики и обороны (таблица № 2).

Анализ показывает, что работы по созданию высоконадежной и радиационно стойкой электронной компонентной базы в интересах, авиации, ракетостроения, космонавтики, обороны были концептуально прописаны только в первоначальной редакции стратегии развития электронной промышленности. В программных документах, являющихся практическими инструментами реализации названного целеполагающего правового акта, упоминания о подобных образцах ЭКБ отсутствуют. В свою очередь, в утвержденных позднее документах стратегического планирования озвучивались тезисы, декларирующие факт достижения реальных положительных результатах в деле по развитию ЭРЭП, обеспечению ее конкурентоспособности, налаживанию производства сверхсложной микроэлектроники и предписывающие в будущем переводить российскую радиоэлектронную промышленность на коммерческие рельсы, в том числе путем продвижения ее продукции на мировых рынках.

Подобный диссонанс косвенно свидетельствует о недостаточной эффективности проводимого при обновлении, переработке и дополнении целеполагающих правовых актов анализа состояния российской ЭРЭП. При этом у авторов вызывает сомнение объективность отраженного в актуальной редакции стратегии информационного посыла о принципиальном соответствии научно-технологического задела по направлениям радиационностойких компонентов установленным требованиям и нуждам авиастроения, ракетостроения, космонавтики и обороны.

Таблица 2. Перечень основных недостатков документов стратегического планирования ЭРЭП*

Перечень документов	Основные недостатки
Приказ Минпромторга России от 07.08.2007 № 311 «Стратегия развития электронной промышленности РФ на период до 2025 года»	Принципиальных недостатков не имеется. Документ содержит общие целеполагающие ориентиры, в том числе включающие в себя приоритетное развитие радиационно стойкой электронной компонентной базы
Распоряжение Правительства РФ от 15.12.2012 № 2396-р «Государственная программа РФ «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013-2025 годы»	Регламентированные продуктые направления, на развитие которых ориентирована госполитика по созданию радиоэлектроники, не включают в себя создание высокотехнологичной радиационно стойкой ЭКБ для нужд оборонной отрасли, авиастроения, космонавтики и ракетостроения
Приказ Минпромторга России от 31.03.2015 № 662 «Об утверждении Плана мероприятий по импортозамещению в отрасли радиоэлектронной промышленности РФ»	Тематическое направление «электронная и оптическая компонентная база», представленное значительным количеством мероприятий, присутствовало только в первоначальной редакции нормативного акта. В декабре 2015 года обновлен перечень программных мероприятий, рубрика «электронная и оптическая компонентная база» исключена. В скорректированных редакциях 2016-2021 гг. мероприятий по направлению «электронная и оптическая компонентная база» не значилось

Перечень документов	Основные недостатки
<p>«Государственная программа РФ «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности», утвержденная Правительством РФ в апреле 2016 года</p>	<p>Бюджетные ассигнования в рамках мероприятий подпрограммы развития производства систем интеллектуального управления, вычислительной техники, телекоммуникационного и специально-го технологического оборудования в большинстве своем распределены по следующим направлениям:</p> <ul style="list-style-type: none"> - внедрение информационных систем в федеральных государственных бюджетных и автономных учреждениях; - пополнение фондов библиотек, приобретение особо ценного движимого имущества; - создание технологического задела по разработке базовых технологий производства приоритетных электронных компонентов и радиоэлектронной аппаратуры. <p>Названными мероприятиями фактически не предусмотрено создание конкретных образцов электронной компонентной базы, в том числе сверхсложной, высоконадежной и радиационно стойкой</p>
<p>Распоряжение Правительства РФ от 17.01.2020 № 20-р «Стратегия развития электронной промышленности РФ на период до 2030 года»</p>	<p>Упоминается о том, что созданный научно-технологический задел, в том числе по направлениям радиационно-стойких компонентов, в основном, соответствует предъявляемым требованиям и ориентирован на ОПК, а также ракетно-космическую промышленность. При этом конкретной подтверждающей фактуры не приведено. Ключевые направления развития отрасли ориентированы на гражданский сектор, имеют выраженный коммерческий характер и предполагают первостепенное извлечение финансовой выгоды. В связи с этим подразумевается принципиальное достижение целей и задач по созданию ЭКБ военного применения, хотя указанное не подкреплено ранее действовавшими программными документами</p>

Перечень документов	Основные недостатки
Приказ Минпромторга России от 02.08.2021 № 2918 «Об утверждении Плана мероприятий по импортозамещению в от- расли радиоэлектронной промышленности РФ до 2024 года»	Мероприятия в сфере импортозамещения не предусматривают разработку электронной компонентной базы для удовлетворения потребностей ОПК, авиастроения, космонавтики, ракетостроения

Источник: составлено автором на основе проведенного анализа нормативных документов

Регламентированные вышеприведенными документами стратегического планирования мероприятия предполагали существенное снижение либо, по отдельным позициям, либо полное устранение зависимости российской экономики от иностранных поставок высокотехнологичных радиоэлектронных изделий.

Кроме того, ни в одном документе стратегического планирования не прописаны активно применяемые в мировой экономической практике подходы по содействию качественному развитию и повышению капитализации ключевых машиностроительных отраслей, характеризуемых высокой добавленной стоимостью (в том числе, производство станочной техники).

При этом методы системной и комплексной поддержки, применительно к ЭРЭП в Российской Федерации подменены на дифференцированный и непрозрачный для предприятий порядок субсидирования, содержащий в себе, как указывалось выше, высокие коррупционные риски и изначально не ориентированный на оказание помощи реально нуждающимся в ней производственным организациям.

Несмотря на значительный объем нормативной базы в сфере практической реализации мероприятий по развитию ЭРЭП в привязке к деятельности профильных интегрированных холдингов возникают проблемы.

Тем самым, отечественные авиастроение, ракетостроение, космонавтика и оборонно-промышленный комплекс в значительной степени нуждающиеся в указанной продукции, должны были получить в свое распоряжение широкую номенклатуру отечественной ЭКБ, что придало бы названным научноемким секторам значительный импульс для дальнейшего поступательного развития.

Однако пример профильных предприятий Самарской области, как-то АО «РКЦ «Прогресс» и АО «НИИ «Экран» свидетельствует о том, что до настоящего времени качественных результатов по достижению технологиче-

ской самодостаточности в области производства сверхсложной полупроводниковой продукции не достигнуто. При этом в отдельных случаях по-прежнему фиксируется критическая зависимость от иностранных товаров, не позволяющая должным образом создавать современные и перспективные образцы специальной продукции. В числе других проблемы создания необходимой российской экономике подобных производств обсуждались в Пекине в октябре 2023 года [2].

Проведенный анализ показывает, что попытки Минпромторга России и Госкорпорации «Ростех» создать интегрированные холдинги и систематизировать имеющиеся в России инженерные компетенции по разработке и производству ЭКБ не привели к желаемому результату, повлекли за собой ненадлежащее использование бюджетных средств и усилению стагнационных процессов в отрасли.

Выводы

Таким образом, анализ нормативных документов позволяет сделать вывод о наличии противоречия, обусловленного с одной стороны тем, что вышеупомянутые документы стратегического планирования в сфере развития ЭРЭП не позволили в полной мере решить проблему обеспеченности российской промышленности работоспособной электронной компонентной базой, а российская электронная и радиоэлектронная промышленность (несмотря на реализацию программ импортозамещения), как следствие, не располагает достаточными возможностями выстраивания замкнутого технологического цикла производства электрорадиоизделий, в связи с чем по отдельным сырью, материалам и субкомпонентам находится в определенной зависимости от зарубежных поставщиков, в том числе находящихся в сфере политического влияния США. С другой стороны, на фоне затяжных военных конфликтов работа по созданию новейших образцов специальной техники, способных содействовать формированию стратегического баланса РФ в противостоянии с западными государствами, имеет определенные резервы, реализация которых позволит не допустить нанесения ущерба государственности Российской Федерации.

Несмотря на успешные примеры увеличения объемов производства для решения текущих и перспективных задач, а также строительства и ввода в строй новых заводов по производству современных и перспективных изделий ЭКБ, в целом можно говорить о том, что за время реализации документов стратегического планирования отечественное производство внедрило не полный перечень критически важных инновационных научных подходов к разработке ЭКБ, не до конца воссоздало требуемую инженерную школу и соответственно не сформировало полный перечень необходимых компетен-

ций по разработке указанной продукции вследствие чего промышленность РФ по-прежнему зависимы от зарубежных поставщиков оборудования.

Это не позволяет России добиться технологического суверенитета (в том числе, по линии обеспечения государственной безопасности) и значительно затрудняет движение нашей страны в направлении формирования «кибер-индустриального» хозяйственного уклада. При таком положении дел, по мнению авторов, в ближайшей перспективе Российская Федерация продолжит увеличивать отставание от мировых держав. Развитие событий по указанному сценарию в отдаленной перспективе, очевидно, может нанести ущерб экономическим интересам и национальной безопасности РФ.

На основании изложенного в целях решения указанного противоречия представляется целесообразным на правительственном уровне:

1. В ходе дальнейшего совершенствования основ государственной политики в области развития электронной промышленности РФ Минобороны России совместно с Минпромторгом России, Госкорпорациями «Ростех», «Роскосмос» и иными заинтересованными организациями и ведомствами рассмотреть вопрос о проведении комплексного анализа состояния российской электронной и радиоэлектронной промышленности на предмет имеющихся у изготовителей военной техники и вооружения потребностей в электронной компонентной базе и, как следствие, наличия технологических возможностей по выпуску высоконадежной и радиационно стойкой электронной компонентной базы для нужд авиастроения, ракетостроения, космонавтики и оборонного сектора.

2. По результатам анализа принять меры по внесению изменений в документы стратегического планирования по линии развития в России ЭРЭП, в том числе предусматривающие:

- разработку перечня мероприятий (со сроками исполнения и ответственными лицами) по созданию в России материального задела упомянутой микроэлектроники;

- проработку механизма развертывания либо расширения в РФ производства сырья и компонентов для сверхсложных электрорадиоизделий, прежде всего, применяемых в военных целях.

Предложенные меры могут обеспечить изменение вектора развития отечественного производства ЭКБ, ориентируя его на оснащения предприятий промышленности современным оборудованием с учетом актуальных вопросов обеспечения их экономической безопасности, а также повышения эффективности проектов, выполняемых в рамках государственного заказа в том числе, для целей повышения обороноспособности Российской Федерации [5, 6].

Вместе с тем, очевидно, что динамика изменений как внутри страны, так и за ее пределами всегда будет требовать постоянного анализа и оценки текущих нормативных документов. Поэтому их влияние на результаты производственной деятельности и эффективность использования средств потребуют их пересмотра и оценки на соответствие изменившимся условиям экономической деятельности.

Следовательно, дальнейшие научные исследования будут направлены на изучение взаимосвязи динамики изменений показателей производства ЭКБ и нормативной базы стратегического планирования исследуемой отрасли.

Практическая значимость исследования состоит в возможности использования статистического материала, который показывает несоответствие между результатами производства ЭКБ и выделяемыми для этого средствами. Анализ выявил, что существенное влияние на это оказывают документы стратегического планирования, где в системе целеполагания большее значение придается осваиванию средств, а не объемам производства в натуральных единицах.

Такие меры будут способствовать преодолению негативных тенденций технологического отставания при производстве ЭКБ. Очевидно, это отражается на состоянии и перспективах развития предприятий и отраслей российской промышленности с учетом актуальных вопросов обеспечения их экономической безопасности, а также повышения эффективности выполнения проектов в рамках государственных заказов в целях повышения национальной безопасности Российской Федерации [3, 4, 6].

Список использованных источников

1. Азаров: мы сумели представить потенциал Самарской области в Китае // Сетевое издание «РИА Новости», 18.10.2023. URL: <https://ria.ru/20231018/potentsial-1903679204.html> (дата обращения: 08.11.2023).
2. Подпрограмма «Подпрограмма «Обеспечение эффективного развития российской электронной и радиоэлектронной промышленности» // Сетевое издание «Госрасходы». URL: <https://spending.gov.ru/gp/19/sp/197> (дата обращения: 08.11.2023).
3. Хайтбаев, В.А. Актуальные вопросы экономической безопасности предприятий и отраслей оборонно-промышленного комплекса / В.А. Хайтбаев, Е.В. Черняев, С.С. Дорошев // Наука и образование транспорту: материалы XV Международной научно-практической конференции. Том 1 [Текст] / редкол.: М. А. Гаранин [и др.] – Самара: СамГУПС, 2022. – С. 291–294.

4. Черняев, Е.В. Многофакторная оценка эффективности проектов в системе программно-целевого планирования государственного оборонного заказа / Е.В. Черняев // Вестник СамГУПС. – Вестник СамГУПС. – Самара : Самарский гос. ун-т путей сообщения, 2023 – Вып. 1 (59). – С. 33–38.
5. Черняев, Е.В. Претензионная политика Минобороны России как значимый фактор риска при срыве сроков выполнении государственного оборонного заказа / Е.В. Черняев, В.А. Хайтбаев // Вестник СамГУПС. – Вестник СамГУПС. – Самара : Самарский гос. ун-т путей сообщения, 2022 – Вып. 4 (58). С. 16–20.
6. Черняев, Е.В. Мобилизационная экономика: характеристика, сравнительный ретроспективный анализ / Е.В. Черняев, В.А. Хайтбаев, С.С. Дорошев // Вестник СамГУПС. 2023. № 2 (60). С. 37-44.

Khaitbayev V.A., Chernyaev E.V.

**ASSESSMENT OF THE REGULATORY FRAMEWORK
FOR STRATEGIC PLANNING OF THE ELECTRONIC
AND RADIODEVICE INDUSTRY**

Samara State University of Railway Engineering

The article is devoted to the analysis of the causes of problems in the development of the electronic and radio-electronic industry in Russia, caused by shortcomings in regulatory documents for planning the economic activities of enterprises and their consequences. The work analyzes the possible causes of problems of inefficient use of resources allocated by the state and business for the restoration of the electronic and radio-electronic industry in Russia. The work indicates that the problems of low return on investment, delays in the development of investments and deliveries of products to customers, and excess of current cost estimates over planned ones can be caused by shortcomings in regulatory documents for planning the economic activities of enterprises.

The study shows the consequences of the listed problems in planning the activities of enterprises in the industry under study, which affect the pace and quality of the following tasks: import substitution; increasing technological and innovative potential; increasing the role of the Central Bank of the Russian Federation in lending to the real sector of the economy, including subsidizing state orders (GZ). The article provides recommendations for reducing the impact of identified prob-

lems that arise during the restoration of the electronic and radio-electronic industry, in terms of improving the legislative framework.

Keywords: radio electronics, radio electronics industry, strategic planning, regulatory framework, development program, military-industrial complex, state defense order, import substitution.

УДК 338.246.2

Хайтбаев В.А.
**«ГРУЗОВОЙ КАРКАС» КАК ТЕХНОЛОГИЯ ОРГАНИЗАЦИИ
ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ ГОРОДА**

Самарский государственный университет путей сообщения

В работе обоснованно использование «грузового каркаса» как части технологии «Умного города» и способа организации движения грузового транспорта в крупных мегаполисах на примере городского округа Самара. Расширены возможные границы использования технологии «Умного города» для городов России, показана модель и роль «грузового каркаса» для данной технологии, а также приведены характеристики «грузового каркаса» крупных городах Европы, Казани и Москвы. Проведен сравнительный анализ подходов к организации движения грузового транспорта на основе «грузового каркаса» городов России и городов иностранных государств. На основе использования сервиса ЯндексПробки был проведен анализ загруженности основных транспортных магистралей города, составлена карта транспортной доступности г.о. Самары с расчетом индексов транспортной доступности ее районов. Для проведения анализа загруженности грузовым транспортом Самарской области и г.о. Самара были проведены подсчеты интенсивности и состава потока грузового транспорта на крупных улицах города при помощи программно-аппаратного комплекса NETVISION Traffic, дифференцированно по месяцам и времени суток. Результат анализа позволил определить наиболее существенные проблемы организации дорожного движения. На основании использованных методов анализа грузопотоков была обоснована необходимость внедрения модели «грузового каркаса» в г.о. Самара. Предложен комплекс последовательных мероприятий обеспечивающих поэтапное формирование модели грузового каркаса. Наиболее важными мероприятиями являются: анализ соответствия градостроительного кодекса плану застройки города; анализ улично-дорожной сети; районирование тер-

ритории города; анализ формируемой сети транспортно-пересадочных узлов; разработка эшелонированной модели транспортно-логистических центров; первая итерация модели грузового каркаса; внедрение интеллектуальных систем управления и контроля функционирования грузового каркаса; формирование специализированного слоя графа транспортной инфраструктуры в среде геоинформационной системы «Муниципальный геопортал Самары».

Ключевые слова: умный город, моделирование, грузовой каркас, грузопоток, улично-дорожная сеть.

Введение

По прогнозам организации объединенных наций, одним из современных трендов развития территорий является увеличение уровня урбанизации городов. Предполагается, что к 2050 году городское население увеличится почти в два раза, что будет одной из самых значимых по масштабам тенденций XXI века. Население, хозяйственная деятельность, социальное и культурное взаимодействие и как следствие возрастающая нагрузка на окружающую среду создаст огромные проблемы для устойчивого развития городских агломераций в части жилья, инфраструктуры, основных услуг, продовольственной безопасности, здравоохранения, образования, достойной работы, безопасности и ограниченности природных ресурсов.

Поэтому программы развития городов являются коллективными проектами, в которых должны воплощаться методы и подходы решения максимального количества общественных проблем от оптимизации городского хозяйства до гармонизации личных и общественных взаимоотношений.

В этом контексте уровень комфорtnости городской среды основывается на уровне эффективности городского хозяйства частью которого являются городские грузопотоки. Поскольку управление потоковыми процессами города, которые включают потоки грузов, пассажиров, информации, электроэнергии, воды, газа, составляют наиболее сложную задачу, требующую достаточно наукоемкой базы технологии «Умного города» в настоящее время являются наиболее обоснованными.

Вместе с тем организация жизнеобеспечения города, прежде всего, зависит от способов организации грузоперевозок, которые являются одновременно самым сильным фактором негативного воздействия на окружающую среду. Поэтому разработка и внедрение модели грузового каркаса для города будет способствовать уменьшению вредного воздействия грузового транспорта на окружающую среду.

Следовательно, актуальность формирования модели грузового каркаса связана с задачей рационального управления движением грузового транспорта в крупных городах. Грузовой каркас используется во всем мире уже достаточно продолжительное время. Во многих городах с большим количеством транспорта специалисты в области организации дорожного движения пришли к выводу, что грузовой каркас необходим для регулирования движения грузового транспорта и уменьшения негативного влияния на окружающую среду. Более того, в рамках реализации проекта «умный город» устойчивое развитие городских агломераций должно быть направлено на достижение высокого качества жизни при позитивной динамике комплекса различных показателей социального, экологического и экономического характера [1].

Причину формирования и внедрения модели грузового каркаса следует искать, среди прочего, в интенсивном уровне урбанизации, превращении городов в крупные мегаполисы, уменьшения жизненного пространства для жителей городов и соответственно уменьшения уровня комфортности связанного с шумами и загрязнениями. Указанные внешние проявления урбанизации имеют, в том числе, скрытые воздействия на окружающую среду и человека вызывающие ухудшения здоровья и сокращение продолжительности жизни. С другой стороны, есть достаточно понятная и структурированная практическая задача, требующая формирования соответствующего подхода, позволяющая отчасти решить проблемы по уменьшению влияния грузопотоков на окружающую среду и человека.

Таким образом, обобщено актуальность внедрения грузового каркаса выражается как: способ упорядочения движения грузового транспорта в условиях высокого уровня урбанизации; противодействие негативным последствиям отрицательного воздействия транспорта на окружающую среду - вредные выбросы, шумы и т.п.; один из способов сохранения транспортного полотна; способ повышения безопасности дорожного движения; способ создания удобств для жителей города; уменьшение стоимости транспортно-логистической составляющей в цене товара и услуги.

Чтобы оценить пользу грузового каркаса в работе предлагается проанализировать и оценить опыт других стран и городов России при реализации модели грузового каркаса. На основе проведенного анализа с использованием сервиса ЯндексПробки были получены картографические модели позволившие выявить проблемы организации движения грузового транспорта в городском округе Самара и предложить описание модели формирования грузового каркаса города для их дальнейшего внедрения.

Очевидно, задача выбора или разработки модели должна быть направлена на достижение поставленной цели, с учетом требуемого уровня затрат и

результатов в условиях не достаточной статистической и методологической обеспеченности разработки и внедрения модели грузового каркаса. Поэтому в настоящее время задача моделирования грузового каркаса нуждается не только в новых теоретических подходах, но и в разработке соответствующих методологий, технологий, методик и алгоритмов.

Целью исследование является обоснование необходимости внедрения модели грузового каркаса, как способа организации дорожного движения, составляющий неотъемлемую часть концепции «Умного города».

Постановка задачи

«Умный город» – это инновационный город, использующий информационно-коммуникационные технологии и другие средства для повышения уровня жизни, эффективности деятельности в городах, а также повышения конкурентоспособности при обеспечении удовлетворения потребностей настоящего и будущих поколений в экономическом, социальном, природоохранном, а также культурном аспектах [5].

Однако, задача оказания одной из базовых услуг городу, грузоперевозки, с позиции полезности и последствий достаточно противоречива поскольку это одновременно удовлетворение населения в материальных ресурсах и сильное негативное воздействие на экологию.

Вместе с тем, российский опыт разработки и внедрения технологий «умного города» сводится к задаче организации системы видеонаблюдения за движением городского транспорта, включая грузовой и перемещением граждан. Есть неплохой опыт использования искусственного интеллекта, в части распознавания образов, например, в Москве, но главная цель, которую ставят органы исполнительной власти – это тотальный контроль за перемещением грузов и населения.

Очевидно, что этого недостаточно для формирования модели «умного города», поскольку этот подход не обеспечивает комплексное управление городским хозяйством.

Тем не менее, поскольку «умный город» это в том числе эффективное управление грузопотоками, поэтому модель организации грузопотоков должна обеспечивать социально-экономическое развитие города с минимальным ущербом окружающей среде.

Движение грузового транспорта в г.о. Самара долгое время регулировалась без достаточного научного обоснования и учета влияния грузового транспорта на окружающую среду. В результате на дорогах Самары грузовые автомобили создали огромную нагрузку – транспортную и экологическую. Поскольку проблему нужно решать быстро и максимально эффективно, поэтому очевидна необходимость в разработке проекта грузового каркаса. Этот

проект призван не только разграничить пространство, в котором грузовой транспорт будет передвигаться без нанесения ущерба жилым зонам, но и стимулировать перевозчиков рационально использовать транспортно-логистическую инфраструктуру города. С введением грузового каркаса город становится комфортней, безопасней и экологичней.

Министерством транспорта Самарской области принято решение о проведение научно-исследовательской работы по транспортному планированию в Самарской области и актуализации документов транспортного планирования Самарско-Тольяттинской городской агломерации. В соответствии с этим документом принято решение Департаментом транспорта г.о. Самара о формировании модели грузового каркаса.

Данная инициатива отражена в протоколе заседания Общественного совета по формированию экологической политики Самарской области. Во время заседания было предложено, провести обоснование необходимости грузового каркаса, как критичного инфраструктурного элемента улично-дорожной сети предназначенного для решения экологических и социально-экономических проблем города в рамках концепции «умный город».

Грузовой каркас поможет не только разделить улицы города на 2 зоны: сам «грузовой каркас» и «жилая зона», а также поможет поддержать состояние покрытия проезжей части в хорошем состоянии достаточно продолжительное время. Более того этот проект повысит безопасность дорожного движения, уменьшит автомобильные «пробки» и снизит аварийность дорожного движения.

Таким образом, задачу обоснования необходимости формирования модели грузового каркаса, можно сформулировать как последовательность мероприятий, на основе анализа, оценки, разработке и реализации управлеченческих решений по формированию методики и алгоритма моделирования системы «грузовой каркас», которые бы способствовали достижению целей развития городских агломераций в контексте «умного города».

Теоретическая часть

Транспорт является мощным источником загрязнения природной среды. Из 35млн. тонн вредных выбросов 89% приходится на выбросы автомобильного транспорта и предприятий дорожно-строительного комплекса. Грузовой транспорт является одной из главных причин ухудшения экологической обстановки в г.о. Самара.

Так же грузовой транспорт опасен высоким уровнем шума, который пагубно влияет на здоровье человека. На магистралях общего значения уровень шума от автотранспорта может достигать 68–78 Дб. А на магистралях район-

ного значения 62 – 78 Дб, относительно низкий уровень шума характерен для жилых улиц – 51,2– 60 Дб [7].

В промышленном городе обычно высокий процент грузового транспорта на магистральных улицах. Увеличение в общем потоке автотранспорта грузовых автомобилей, особенно больше грузовых с дизельным двигателем, приводит к росту уровня шума. В целом грузовые и легковые автомобили создают на территории городов тяжелый шумовой режим.

На магистралях городского значения грузовики составляют около 65% от общего количества транспорта. А это значит, что даже при небольшом количестве транспорта, уровень шума будет около 73 Дб. Шум от магистралей районного значения распространяются не только на примагистральную территорию, но и вглубь жилой застройки. Что пагубно влияет на здоровье людей.

В ближайшей перспективе, с учетом увеличения площади городских территорий, роста населения городов указанные проблемы примут угрожающий характер для окружающей среды, включая и качество проживания горожан, и увеличение расходов на организацию грузо- и пассажиродвижения, что несомненно скажется на стоимости товаров и услуг. Более того развитие транспортных систем характеризуется не только ростом их производительности, технической оснащенности, усложнением технологических процессов, но и конкуренцией при перевозках грузов и пассажиров [2]. Последнее предполагает использование одних и тех же транспортных магистралей в границах городских территорий.

Соответственно, проблема регулирования движения грузового транспорта требует емкого и достоверного анализа грузопотоков, выбора актуального научного инструментария и обоснование разработки проекта модели грузового каркаса.

Результаты исследования

Проведенный анализ опыта разработки и внедрения грузового каркаса в России и за рубежом позволил определить основные подходы и требования к его функционированию. Так, например для Лондона это: пропуск в город только экологически чистых грузовых автомобилей, о чем при въезде предупреждают дорожные знаки, при нарушении этого требования взимается штраф 1000 фунтов стерлингов; разработанная специальная схема контроля движение грузового транспорта весом более 18 тонн, с ограничениями с 21.00 до 7.00 с понедельника по субботу, и с 13.00 до 7.00 с субботы по понедельник, въезд в остальное время по специальному пропуску или платный въезд; предусмотрены специальные парковки, которые расположены за городом или в отдаленных районах Лондона с возможностью перевалки грузов;

обязанность администрация Лондона и Департамент транспорта мэрии заключать контракты только с подрядчиками, имеющими парк современных грузовых автомобилей. В Берлине предусмотрены следующие правила грузового каркаса: грузовой каркас в Берлине представлен как экологическая зона; право на проезд имеют транспортные средства отвечающие стандартам по выбросам выхлопных газов; в экологическую зону входит центральная часть Берлина в пределах кольца городской электрички *S-Bahn*; на автомобиль клеится зеленая наклейка с необходимостью разрешения на право пользования транспортным средством; в Берлине отсутствует четкая схема движения грузового транспорта, хотя ограничения на большие грузы есть. Грузовой каркас Берлина – это применения жестких стандартов на выбросы и шумы и эшелонированная система пунктов перевалки грузов из крупнотоннажного транспорта на мелкий тоннаж.

Анализ внедрения грузового каркаса в РФ. Для примера выбраны г. Казань и г. Москва. Грузовой каркас в Казани введен 1 июля 2013 года. В городе с 6:00 до 22:00 введен запрет на въезд грузового транспорта, запрещено движение автомобилей с массой более 5 тонн в период с 6:00 до 22:00 по дорогам, ограниченным Кировской дамбой, Ленинской дамбой, мостом «Миллениум» и т.д. В часы наибольшего трафика – с 6:00 до 9:00 и с 16:00 до 21:00 – действует ограничение для транспортных средств, тракторов и механизмов, осуществляющих содержание и ремонт дорог города. Кроме существующих ограничений, определены улицы, по которым могут перемещаться крупнотоннажные транспортные средства, которые представляют собой грузовой каркас города.

Улично-дорожная сеть г. Москвы делится на участки. Участки со свободным движением, масса более 2,5 тонн (грузовой каркас), и участки, где разрешено движение только для обслуживания предприятий или граждан. В обоих случаях съезжать и возвращаться на грузовой каркас необходимо с ближайшего к месту назначения перекрестка. Критерии отнесения улиц к грузовому каркасу определялись в рамках натурного исследования. Модель грузового каркаса г. Москвы представлена на рис. 1 [4].

Сравнительный анализ формирования и использования грузовых каркасов городов показал:

1. Для иностранных государств: сформированные модели «грузового каркаса» технологически и технически встроенные в формируемую систему «умный город»; отсутствие жесткой маршрутной схемы городских дорог, которая представляет собой «Грузовой каркас»; развитые интеллектуальные системы управления движением транспортных средств; наличие загородных грузовых парковок, мест перевалки грузов и их

дробление на мелкие партии; жесткие требования по выбросам и шумам; временные ограничения движения крупнотоннажных транспортных средств или выдача спец. пропусков; существенная система штрафов.

2. Для городов РФ: отсутствие технологической и технической связи формируемых моделей «грузового каркаса» с планируемыми системами «умный город»; четко выделенная маршрутная схема городских дорог, которая является «Грузовым каркасом»; отсутствие грузовых каркасов в большинстве городов России; не развитая интеллектуальная система управления городским транспортом (кроме Москвы, отчасти Казани); движение по пропускам или в определенное время; нехватка парковок и пунктов перевалки грузов, а порой их отсутствие; полное не выполнение, а порой отсутствие стандартов по выбросам и шумам делающие жизнь горожан не комфортной; гипертрофированная и выборочная система штрафов особенно за выбросы и шумы.

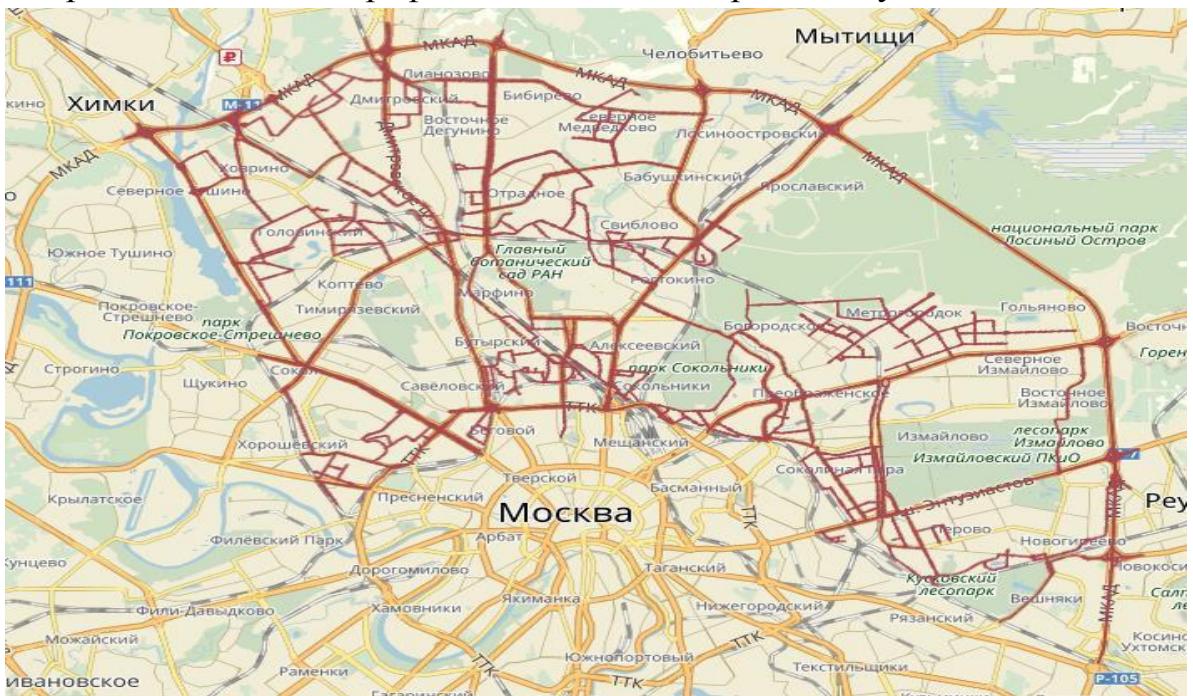


Рисунок 1. Модель грузового каркаса г. Москвы.

В границах проводимого исследования был проведен анализ и оценка транспортно-логистической инфраструктуры формирования грузового каркаса г.о. Самара. Современное состояние транспортно-логистической системы в крупных городах и в области в целом признается неудовлетворительной как представителями исполнительной власти, так и самими жителями крупных городов. Анализ загруженности улиц транспортом в г.о. Самара показан рисунках 2 и 3 [6].

Из графиков видно, что г.о. Самара по загруженности улиц находится на четвертом месте, среди крупнейших городов России. Кроме того, средний

балл пробок имеет максимальные значения в утренние и вечерние часы, при этом в зимнее время года эти показатели выше.

Также были проанализированы показатели транспортной доступности всех районов города, результат представлен в таблице 1, [6]. Очевидно, что самым загруженным оказались Ленинский, Самарский, Железнодорожный и Октябрьский районы.

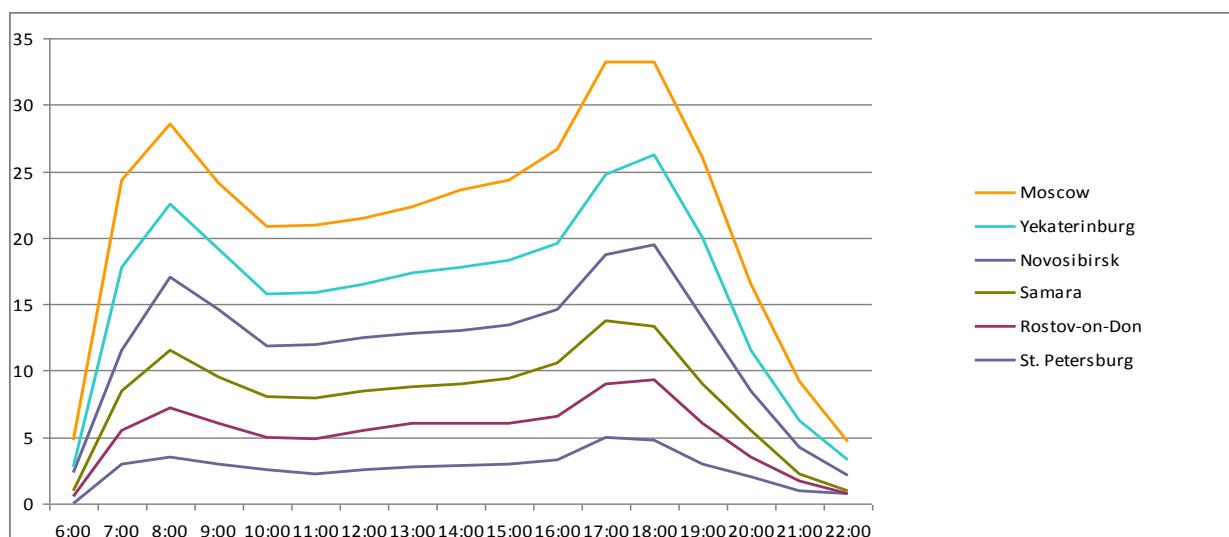


Рисунок 2. Сравнительный анализ загруженности улиц городов РФ

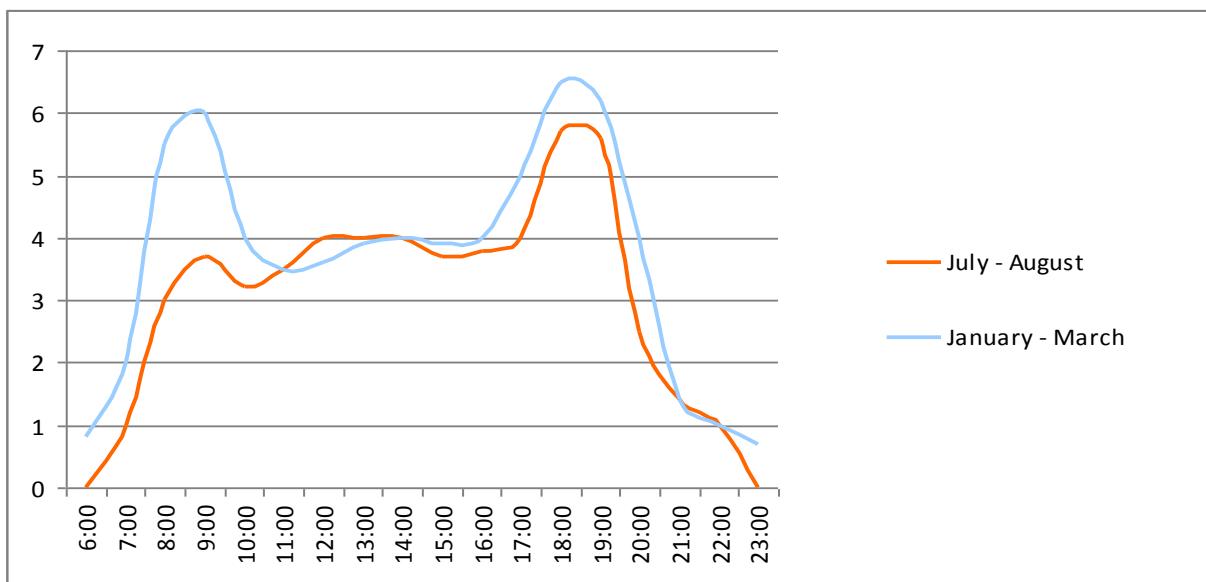


Рисунок 3. Анализ загруженности улиц транспортом в г.о. Самара

Таблица 1. Индекс транспортной доступности районов Самары

Район	Индекс транспортной доступности
Ленинский район	1
Самарский район	1,1
Железнодорожный район	2,3
Октябрьский район	2,5
Куйбышевский район (Сухая Самарка, Засамарская Слободка)	3,7

За 8 месяцев 2020 года в результате работы *NETVISION Traffic* установлено, что на территорию Самарской области въехало 27,1 млн автомобилей, из которых легковых – 23,8 млн, грузовых – 2,9 млн, пассажирских – 280 тыс. Выехало – 26,9 млн, из них легковых – 24,2 млн, грузовых – 2,6 млн, пассажирских – 103 тыс. Транзитный поток – 9,3 млн автомашин, что подтверждает необходимость транспортной разгрузки города.

В настоящее время по Самаре проходят две дороги магистрального значения – это Московское шоссе и ул. Ново-Садовая, которые являются связующими и несут основную транспортную нагрузку, как для движения грузового транспорта, так и для пассажирского. Кроме того, развитие транспорта ограничивается естественными водными преградами. Еще одной проблемой является не достаточная протяженность выделенных трамвайных путей и отсутствие выделенных полос для общественного пассажирского автотранспорта. На сегодняшний момент в г.о. Самара действует порядка 1190 дорожных знаков, регулирующих движение грузового транспорта. Однако их расположение не формирует интегрированную систему движения грузового транспорта (рис. 4) [6]. В качестве примера, на схеме, для Самарского, Ленинского и Октябрьского районов, показаны выделенные участки дорог с дорожными знаками, регулирующие движение грузового автотранспорта и по сути являющиеся фрагментами грузового каркаса не связанные между собой.



Рисунок 4. Фрагменты грузового каркаса Самарского, Ленинского и Октябрьского районов города

В связи с большим количеством промышленных предприятий, необходимости перевозки больших объемов грузов производственно-технического назначения и товаров массового потребления на территории Самары, формирование грузового каркаса и разделение города на 2 части для движения грузового транспорта и жилую зону – является критически необходимой.

Очевидно, что разработка модели грузового каркаса должна включать последовательность следующих обязательных мероприятий:

- анализ и оценка плана застройки города, на соответствие стандарту градостроительства с целью предварительного выбора транспортных магистралей города для планирования грузового каркаса;
- районирование города с выделением следующих зон: промышленные; спальные; административные; рекреационные; смешанные;
- анализ улично-дорожной сети: анализ и оценка параметров грузо- и пассажиропотоков (интенсивность, время, объем); расчет зон притяжения грузопотоков; определение мест генерации, распределения, поглощения грузопотоков, а также их траекторий;
- формирование эшелонированной системы транспортно-логистических центров (ТЛЦ), мест перевалки и временного хранения грузов для разукрупнения крупных партий грузов и возможности использования малотоннажных транспортных средств с правом передвигаться по магистралям, предназначенным для пассажиров с примыканием к транспортно-пересадочным узлам (ТПУ). В предлагаемой модели точки размещения складов, по сути являются

ся вершинами графа, который в первой итерации дает базовый контур формируемой модели «грузового каркаса»;

- анализ проекта городских и пригородных ТПУ;
- разработка модели грузового каркаса города, с учетом мест расположения ТПУ и ТЛЦ исключающая совместное использование транспортных магистралей для пассажиро- и грузоперевозок, а также «соприкосновения» транспортно-пересадочных узлов с магистралями грузового каркаса;
- использование интеллектуальных систем управления и контроля функционирования грузового каркаса, что соответствует текущей государственной политике Российской Федерации и связывает инновационное развитие страны с цифровой трансформацией в процессе создания, распространения и использование информационных и коммуникационных технологий [3];
- формирование специализированного слоя графа транспортной инфраструктуры в среде геоинформационной системы «Муниципальный геопортал Самары» с необходимой информацией по: интенсивности транспортных потоков с разделением по видам транспорта; ограничениям движения для отдельных видов транспорта; построению картограмм загруженности улично-дорожной сети и ее элементов.

Таким образом, ключевым элементом «грузового каркаса» являются внедрение передовых цифровых и инженерных решений для повышения качества управления городом, что соответствует национальному проекту «Жилье и городская среда» и Указу Президента РФ «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» [8].

Выводы

В соответствии с матрицей пяти поколений «Умных городов», очевидно наиболее развитые городские агломерации России находятся на уровне «Умный город» 1.0 со следующими характеристиками: технологически ориентированный город; применение технологий с целью повышения его устойчивости, жизнеспособности и управляемости; электрификация и переоснащение физической инфраструктуры; внедрение изолированных ИТ – решений; формирование полуавтоматической инфраструктуры. Основными заинтересованными лицами этой модели являются компании - поставщики технологических решений и услуг.

Поэтому очевидно, критически важная задача для модели 1.0 разработка и внедрение «грузового каркаса» как необходимого элемента физической

инфраструктуры города, что безусловно, будет одним из условий перехода к модели 2.0.

Следовательно, наиболее существенными результатами проведенного исследования является обоснованное предложение о формировании грузового каркаса являющегося инфраструктурным элементом транспортно-логистической системы города и разработке комплекса взаимосвязанных мероприятий по разработке проекта грузового каркаса. С позиции инфраструктурных, социально-экономических и экологических условий развития городских агломераций задача создания адекватной модели грузового каркаса представляется достаточно обоснованной. Уровень значительной неопределенности перечисленных условий, связанных с низкой эффективностью управления городским хозяйством в г.о. Самара существенно затрудняет процесс разработки и внедрения грузового каркаса, что приводит к увеличению бюджета на разработку и реализацию проекта, усилению воздействий негативных факторов на окружающую среду, потери запланированного времени на внедрение проекта и прочим негативным последствиям. Более того, ограничения связанные с нарушением градостроительного кодекса еще более усугубляют перспективы социально-экономического развития города.

Анализ точек зрения жителей и руководства города по проблемам препятствующим развитию г.о. Самара, подтверждает отсутствие недопонимания о способах решения существующих проблем. Проблема автотранспортной загруженности и связанные с ней негативные факторы воздействия на среду отчасти возможно разрешить внедрением проекта грузового каркаса, что должно найти свое законодательное решение в плане комплексного развития транспортной инфраструктуры города с утвержденным порядком финансирования. Проведенный анализ интенсивности и загруженности транспортных магистралей города с определением индекса транспортной доступности, зон с наибольшей протяженностью и временем транспортных заторов, а также мест фрагментарного регулирования движения грузовых транспортных средств позволяет после процедуры районирования города предложить в первой итерации прообраз модели грузового каркаса. Дальнейшая реализация предложенных мероприятий в разделе «Результаты исследования», по нашему мнению, достаточно обоснованный путь разработки проекта грузового каркаса.

Очевидно, что многие процессы оптимизации транспортных потоков в границах городских агломераций с учетом технико-экономических и экологических требований должны обеспечить более высокий уровень качества жизни горожан и повысить экономическую эффективность управления городским хозяйством. В этом контексте грузовой каркас, является достаточно

эффективным способом достижения этих задач, что подтверждается практикой управления движением грузового транспорта в крупнейших городах мира, где модель развития города находится на уровне 3.0 и 4.0.

Список использованных источников

1. E.V. Pogorelova, T.B. Efimova and V.A. Haitbaev. Modernization of Managing a “Smart City” on the Basis of Digital Platforms of Knowledge Neural Management. <https://www.webofconferences.org/shs-web-of-conferencesforthcomingconferences>. EURASIA 2019 International Conference “Eurasia: Sustainable Development, Security, Cooperation” (Samara, Russian Federation, 25 - 26 October, 2019).
2. Ivan Andronchev, Sergey Nikischenkov, Valery Khaitbaev. Analysis and Diagnostics of Competing Transport Processes on the Basis of the Bernstein – Russell – Narinyani Theorem. VIII International Scientific Siberian Transport Forum TransSiberia 2019, Volume. Advances in Intelligent Systems and Computing. P.975-984.
3. M. Kurnikova, E. Bolgova, I. Dodorina, A. Haitbaev Industry 4.0: Theoretical Foundations and the Strategic Priorities of Russian Regions. New Silk Road: Business Cooperation and Prospective of Economic Development (NSRBCPED 2019). Series: Advances in Economics, Business and Management Research.
4. Модель грузового каркаса г. Москва. <https://www.mos.ru/dt/function/gruzovaia-logistika/gruzovoi-karkas/>.
5. Рекомендации МСЭ-Т Y.4900/L.1600 (2016год) Обзор ключевых показателей деятельности «умных» устойчивых городов.
6. Сервис Яндекс Пробки Самара. <https://yandex.ru/maps/51/samara/?l=trf%2Ctrfe&ll=50.172734%2C53.205874&z=11.23>
7. СП 51.13330.2011 Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 (с Изменением N 1).
8. Указ Президента РФ «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».

Khaitbayev V.A.

"CARGO FRAME" AS A TECHNOLOGY FOR ORGANIZING CITY TRAFFIC

Samara State University of Railway Engineering

The paper justifies the use of a "cargo frame" as part of the "Smart City" technology and a way to organize the movement of freight transport in large megacities using the example of the Samara city district. The possible boundaries of the use of Smart City technology for Russian cities are expanded, the model and role of the "cargo frame" for this technology are shown, and the characteristics of the "cargo frame" of large European cities, Kazan and Moscow are also given. A comparative analysis of approaches to the organization of freight transport movement based on the "cargo framework" of Russian cities and cities of foreign countries is carried out. Based on the use of the Yandex Testing service, an analysis of the congestion of the main transport highways of the city was carried out, a map of the transport accessibility of the city of Samara was compiled with the calculation of transport accessibility indices of its districts. To analyze the workload of freight transport in the Samara region and the city of Samara, calculations of the intensity and composition of the flow of freight transport on major streets of the city were carried out using the NETVISION Traffic software and hardware complex, differentiated by month and time of day. The result of the analysis allowed us to identify the most significant problems of traffic management. Based on the used methods of analyzing cargo flows, the need for the introduction of a "cargo frame" model in the city of Samara was justified. A set of sequential measures is proposed to ensure the step-by-step formation of the cargo frame model. The most important activities are: analysis of the compliance of the urban planning code with the city development plan; analysis of the street and road network; zoning of the city territory; analysis of the network of transport hubs being formed; development of a layered model of transport and logistics centers; the first iteration of the cargo frame model; implementation of intelligent control systems and control of the functioning of the cargo frame; formation of a specialized layer of the transport graph infrastructure in the environment of the geographic information system "Municipal Geoportal of Samara".

Keywords: smart city, modeling, cargo frame, cargo flow, street and road network.

УДК 519.6

Исхаков А.Р.¹, Исхакова С.А.²

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СОГЛАСОВАННОГО ДВИЖЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ В ГРУППЕ КОСМИЧЕСКИХ ТЕЛ

¹*ФГБОУ ВО «Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы», г. Уфа, intellab@mail.ru*

²*МАОУ «Школа № 45 с углубленным изучением отдельных предметов», г. Уфа, samt.math@yandex.ru*

В статье рассмотрен геометрический подход к математическому моделированию согласованного движения автоматической станции и группы космических тел для двухмерного случая. Задача является актуальной для комплексного освоения ресурсов астероидов Солнечной системы. В моделировании траекторий движения космических тел использован метод аппроксимации многочленом Лагранжа. Для построения безопасной траектории полета автоматической станции решена противоположная задача с применением метода наименьших квадратов. Противоположная задача заключается в математическом описании траектории автоматической станции с наибольшим риском для полетов. Для применения метода наименьших квадратов предварительно отбираются космические тела, которые попадают в зону полета автоматической станции. Выбор таких тел осуществляется методом k-средних с предлагаемой в статье метрикой. Использование уравнений динамики позволит в дальнейших исследованиях получить математические модели для разработки системы управления автоматической станцией.

Ключевые слова: автоматическая станция, космические тела, модель согласованного группового движения, метод Лагранжа, метод наименьших квадратов, метод k-средних.

Введение

В состав каждой звездной системы входят различные космические тела. В Солнечной системе к таким объектам можно отнести: звезду Солнце, планеты и их спутники, карликовые планеты, астероиды, кометы и метеориды. Космические тела в поясе астероидов между Марсом и Юпитером, а также в поясе Койпера и в облаке Оорта представляют опасность не только объектам

Солнечной системы, но и препятствием для космических кораблей в ее освоении. Задача пролета космического корабля сквозь рой таких объектов вручном или автоматическом режиме является актуальной из-за высокого риска его столкновения с космическими телами. Движение автоматической станции в группе космических тел без столкновения с ними называется согласованным. В силу гигантских размеров таких скоплений в космическом масштабе облет космическим кораблем также не представляется возможным из-за малого объема бортового топлива и предварительно запланированной траектории полета. Задача ручного управления кораблем не рассматривается из-за отсутствия практики пилотируемых полетов в современной космонавтике. Освоение Солнечной системы в настоящее время осуществляется автоматическими станциями (АС), которые должны обладать возможностью пролета сквозь рой космических тел для: экономии времени полета и бортового топлива; соответствуя количества времени, отведенного на выполнение миссии и т.п.

Рассматриваемая тема является сложной инженерной задачей и представляет комплекс смежных задач. В статье [1] приведен обзор космических полетов межпланетных АС. Каждая космическая экспедиция является многолетней полетной программой по изучению различных космических тел, которые встречаются на пути АС. Траектория движения АС является длинной и продолжительной по ряду причин. К числу таких важных причин можно отнести маневрирование АС для исключения столкновения с другими космическими телами и ее сближение с целевым космическим объектом к запланированному моменту времени. Таким образом, современная космонавтика имеет большой опыт разработки и проведений длительных космических экспедиций с использованием АС. До 2035 года большая часть межпланетных космических программ будет использовать АС различных конфигураций и назначений. Тема добычи полезных ископаемых на небесных телах является актуальной энергетической задачей космических держав. В таком случае предполагается, что АС будет решать задачи: подлета к космическому телу без ущерба самой АС; захвата или посадки на космический объект, если это возможно; совершение комплекса запланированных работ на космическом объекте и т.п. В работе [2] отмечается, что наиболее привлекательными внеземными источниками сырьевых ресурсов является Луна и малые тела Солнечной системы. Среди всех астероидов, число которых исчисляется десятками тысяч в Солнечной системе, наибольший интерес представляют астероиды, периодически сближающиеся с Землей. Таких космических тел насчитывается порядка 17 тыс. ед., которые условно разделены на 4 группы: Амура (прибл. 3500 ед.), Аполлона (прибл. 5000 ед.), Атона (прибл. 750 ед.) и Атиры

(прибл. 14 ед.) [2]. Сайт компании Planetary Resources [3] содержит базу данных о 600 тыс. астероидах Солнечной системы, добыча полезных ископаемых на которых является экономически выгодной для горнодобывающей промышленности в будущем. В статье [4] проведено моделирование и оптимизация управления полетом космического аппарата с орбиты Земли на орбиту Венеры с помощью ионных двигателей. Математическая модель минимизации времени перелета космического аппарата на орбиту Венеры представляет краевую задачу для системы обыкновенных дифференциальных уравнений, а ее решение получено численным методом Рунге-Кутты 4-го порядка и модифицированным методом Ньютона для решения системы нелинейных алгебраических уравнений невязок. Полученные результаты можно распространить и на полет АС к поясу астероидов. Однако, данная модель имеет ряд недостатков, одна из которых предполагает, что на траектории движения АС до пункта назначения не будет столкновений с другими космическими телами.

Статья раскрывает особенности математического моделирования согласованного группового движения космических тел и АС в двухмерном пространстве с применением методов вычислительной математики и регрессионного анализа без учета их кинематики и динамики. Для определения траектории движения космических тел в облаке используется интерполяционный многочлен Лагранжа отдельно для каждой координаты космического тела в параметрическом виде [5]. Планирование согласованного движения группы космических тел проводится путем нахождения траектории движения АС с наибольшим риском методом наименьшего квадрата [5].

Математическое моделирование движения космического тела методом Лагранжа в двухмерном пространстве

Траектория АС может быть самой различной, имеющей линейную и нелинейную форму. Она зависит от взаимного расположения космических тел в облаке, представляющих препятствие для АС. На рис. 1 изображен пример траектории АС, по которой станция сможет преодолеть облако космических объектов. Космические тела в группе представлены условно-графическим обозначением (УГО) «звезда», кривая представляет траекторию движения АС, а УГО «ромб» - положения АС в отдельные моменты времени t_1, t_2, \dots, t_n . Аналогичным образом, закрепив датчики положений на астероидах, можно отслеживать положения этих космических тел в пространстве.

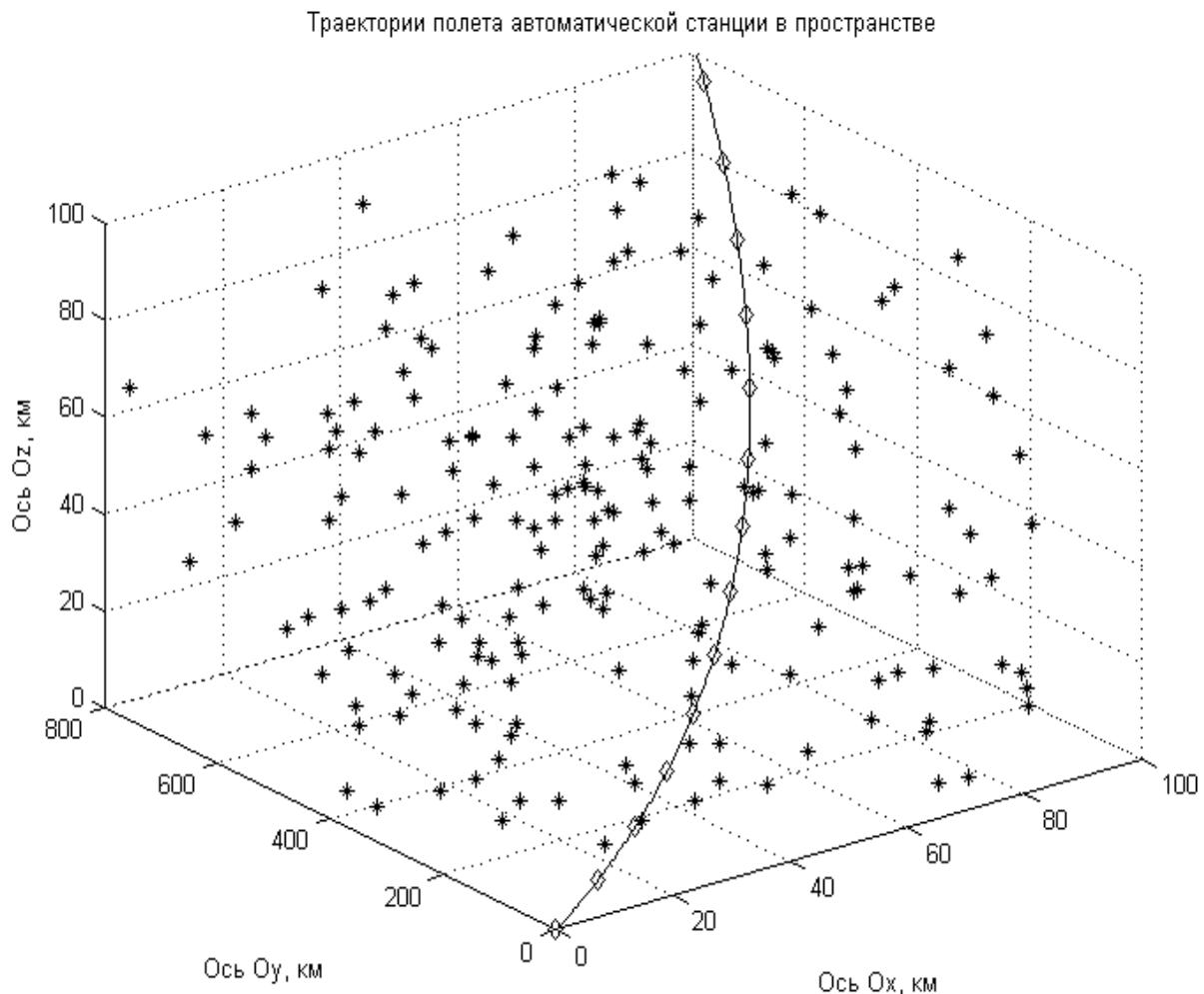


Рисунок 1. Пример траектории пролета АС
сквозь облако космических тел

Пространственная задача является сложной для ее математического решения, что требует ее упрощенной постановки. В статье рассматриваются результаты математического моделирования траекторий группы космических тел и АС в двухмерном пространстве, уравнения которых заданы в параметрическом виде, без учета их физических взаимодействий.

Допустим, что в каждый момент времени известны координаты каждого космического тела в облаке. Рассмотрим движение одиночного космического тела, имеющего координаты (x, y) , задаваемого параметрическими уравнениями (1):

$$\begin{cases} x = x(t) \\ y = y(t) \end{cases} \quad (1)$$

Допустим, что рассматривается движение выделенного космического тела между двумя смежными по времени его столкновениями с другими телами в облаке. В параметрическом уравнении (1), каждая координата косми-

ческого тела может быть представлена линейной или нелинейной функцией от времени t , заданной в виде таблицы точек – узлов аппроксимации (табл. 1).

Таблица 1. Узлы аппроксимации координат космического тела

t_i	t_1	t_2	...	t_n
x_i	x_1	x_2	...	x_n
y_i	y_1	y_2	...	y_n

Используя интерполяционный многочлен Лагранжа каждую координату центра тяжести космического тела можно записать в виде (2) [5]:

$$\left\{ \begin{array}{l} x(t) = \sum_{i=1}^n \frac{\prod_{j=1, j \neq i}^n (t - t_j)}{\prod_{j=1, j \neq i}^n (t_i - t_j)} \cdot x_i \\ y(t) = \sum_{i=1}^n \frac{\prod_{j=1, j \neq i}^n (t - t_j)}{\prod_{j=1, j \neq i}^n (t_i - t_j)} \cdot y_i \end{array} \right. \Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} x(t) = \sum_{i=1}^n \frac{(t - t_1) \cdot \dots \cdot (t - t_{i-1}) \cdot (t - t_{i+1}) \cdot \dots \cdot (t - t_n)}{(t_i - t_1) \cdot \dots \cdot (t_i - t_{i-1}) \cdot (t_i - t_{i+1}) \cdot \dots \cdot (t_i - t_n)} \cdot x_i \\ y(t) = \sum_{i=1}^n \frac{(t - t_1) \cdot \dots \cdot (t - t_{i-1}) \cdot (t - t_{i+1}) \cdot \dots \cdot (t - t_n)}{(t_i - t_1) \cdot \dots \cdot (t_i - t_{i-1}) \cdot (t_i - t_{i+1}) \cdot \dots \cdot (t_i - t_n)} \cdot y_i \end{array} \right. \quad (2)$$

Элементарные преобразования параметрических уравнений (2) позволяют привести их к виду (3):

$$\left\{ \begin{array}{l} x(t) = a_{n-1} \cdot t^{n-1} + a_{n-2} \cdot t^{n-2} + \dots + a_1 \cdot t + a_0 \\ y(t) = b_{n-1} \cdot t^{n-1} + b_{n-2} \cdot t^{n-2} + \dots + b_1 \cdot t + b_0 \end{array} \right. \quad (3)$$

Данный способ позволяет решить следующие задачи математического моделирования группового движения тел:

1. изучение траектории движения каждого космического тела отдельно от остальных без учета влияния со стороны планет и других тел в облаке;
2. изучение группового движения космических тел в облаке без учета и с учетом их взаимного столкновения;

Математическое моделирование движения автоматической станции в группе космических тел

Планирование траектории движения АС среди летающих по орбите космических тел в облаке, которые находятся под гравитационным влиянием планет и других, более крупных, объектов облака, является сложной задачей. Для аналитического ее решения введем следующие допущения с целью упрощения математической модели:

1. разработка математической модели траектории АС предполагает статическое расположение космических тел в облаке;

2. в разработке математической модели траектории АС участвуют только те космические тела, которые относятся к его ближайшему окружению.

В силу существования множества вариантов искомой траектории АС решим противоположную задачу. Если прямая задача поиска подходящей траектории заключается в разработке математической модели, которая обеспечит безопасный пролет АС, то противоположная задача будет заключаться в нахождении самого неоптимального варианта траектории. Неоптимальной траекторией можно назвать такую, которая проходит на наименьшем расстоянии от каждого космического тела из ближайшего окружения АС. Для решения данной задачи используем метод наименьших квадратов из регрессионного анализа [5].

Для построения траектории движения АС, проходящей на наименьшем расстоянии от опасных космических тел необходимо использовать выборку. Данная выборка должна содержать координаты только тех космических тел, которые располагаются рядом с траекторией пролета и могут представлять для АС препятствие. Обозначим множество таких космических тел из облака ближайшим окружением P_c . Введем дополнительно следующие обозначения:

1. (x_A, y_A) - начальные координаты АС;
2. (x_B, y_B) - конечные координаты АС;
3. (x_C, y_C) - координаты центра ближайшего окружения P_c ;

Для создания ближайшего окружения (выборки) можно применить алгоритм непараметрической кластеризации с метрикой, используемой в (5) [6]:

1. Вычисление центра ближайшего окружения согласно (4):

$$x_C = \frac{x_A + x_B}{2}, \quad y_C = \frac{y_A + y_B}{2} \quad (4)$$

2. Создание выборки «ближайшее окружение» P_c согласно (5)

$$P_c = \left\{ (x_k, y_k) \left| \frac{(x_k - x_C)^2}{r_x^2} + \frac{(y_k - y_C)^2}{r_y^2} \leq 1, \quad r_x = \frac{1}{2} \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2}, \quad r_y < r_x \right. \right\} \quad (5)$$

Пусть в ближайшее окружение АС входят m космических тел, которые заданы координатами своих центров тяжести (табл. 2) в системе координат Oxy , привязанной к центру гравитационного притяжения облака космических тел.

Таблица 2. Координаты центров тяжести космических тел из ближайшего окружения АС

x_k	x_1	x_2	...	x_m
y_k	y_1	y_2	...	y_m

Если же космические тела из ближайшего окружения АС расположены вдоль прямой линии, то математическая модель ее неоптимальной траектории будет представлена линейной регрессионной моделью [5]. Траектория АС будет записана в форме (6):

$$y = a \cdot x + b \quad (6)$$

Коэффициенты $a, b \in R$ являются решениями неоднородной системы линейных алгебраических уравнений 2-го порядка (7) в соответствие с методом наименьших квадратов [5]:

$$\begin{cases} \left(\sum_{i=1}^m x_i^2 \right) \cdot a + \left(\sum_{i=1}^m x_i \right) \cdot b = \left(\sum_{i=1}^m x_i \cdot y_i \right) \\ \left(\sum_{i=1}^m x_i \right) \cdot a + m \cdot b = \left(\sum_{i=1}^m y_i \right) \end{cases} \quad (7)$$

Для нахождения решения системы (7) можно использовать метод Крамера согласно (8) [5]:

$$a = \frac{\Delta_a}{\Delta}, \quad b = \frac{\Delta_b}{\Delta} \quad (8)$$

где $\Delta, \Delta_a, \Delta_b$ являются определителями (9):

$$\Delta = \begin{vmatrix} \sum_{i=1}^m x_i^2 & \sum_{i=1}^m x_i \\ \sum_{i=1}^m x_i & m \end{vmatrix}, \quad \Delta_a = \begin{vmatrix} \sum_{i=1}^m x_i \cdot y_i & \sum_{i=1}^m x_i \\ \sum_{i=1}^m y_i & m \end{vmatrix}, \quad \Delta_b = \begin{vmatrix} \sum_{i=1}^m x_i^2 & \sum_{i=1}^m x_i \cdot y_i \\ \sum_{i=1}^m x_i & \sum_{i=1}^m y_i \end{vmatrix} \quad (9)$$

Если же космические тела из ближайшего окружения АС расположены вдоль кривой линии, то математическая модель ее неоптимальной траектории будет представлена нелинейной регрессионной моделью, например, квадратичной [5]. Траектория АС будет записана в форме (10):

$$y = a \cdot x^2 + b \cdot x + c \quad (10)$$

Коэффициенты $a, b, c \in R$ являются решениями неоднородной системы линейных алгебраических уравнений 3-го порядка (11) в соответствие с методом наименьших квадратов [5]:

$$\begin{cases} \left(\sum_{i=1}^m x_i^4 \right) \cdot a + \left(\sum_{i=1}^m x_i^3 \right) \cdot b + \left(\sum_{i=1}^m x_i^2 \right) \cdot c = \left(\sum_{i=1}^m x_i^2 \cdot y_i \right) \\ \left(\sum_{i=1}^m x_i^3 \right) \cdot a + \left(\sum_{i=1}^m x_i^2 \right) \cdot b + \left(\sum_{i=1}^m x_i \right) \cdot c = \left(\sum_{i=1}^m x_i \cdot y_i \right) \\ \left(\sum_{i=1}^m x_i^2 \right) \cdot a + \left(\sum_{i=1}^m x_i \right) \cdot b + m \cdot c = \left(\sum_{i=1}^m y_i \right) \end{cases} \quad (11)$$

Для решения системы (11) можно использовать метод Крамера согласно (12) [5]:

$$a = \frac{\Delta_a}{\Delta}, \quad b = \frac{\Delta_b}{\Delta}, \quad c = \frac{\Delta_c}{\Delta}, \text{ где} \quad (12)$$

где $\Delta, \Delta_a, \Delta_b, \Delta_c$ являются определителями (13):

$$\Delta = \begin{vmatrix} \sum_{i=1}^m x_i^4 & \sum_{i=1}^m x_i^3 & \sum_{i=1}^m x_i^2 \\ \sum_{i=1}^m x_i^3 & \sum_{i=1}^m x_i^2 & \sum_{i=1}^m x_i \\ \sum_{i=1}^m x_i^2 & \sum_{i=1}^m x_i & m \end{vmatrix}, \quad \Delta_a = \begin{vmatrix} \sum_{i=1}^m x_i^2 \cdot y_i & \sum_{i=1}^m x_i^3 & \sum_{i=1}^m x_i^2 \\ \sum_{i=1}^m x_i \cdot y_i & \sum_{i=1}^m x_i^2 & \sum_{i=1}^m x_i \\ \sum_{i=1}^m y_i & \sum_{i=1}^m x_i & m \end{vmatrix} \quad (13)$$

$$\Delta_b = \begin{vmatrix} \sum_{i=1}^m x_i^4 & \sum_{i=1}^m x_i^2 \cdot y_i & \sum_{i=1}^m x_i^2 \\ \sum_{i=1}^m x_i^3 & \sum_{i=1}^m x_i \cdot y_i & \sum_{i=1}^m x_i \\ \sum_{i=1}^m x_i^2 & \sum_{i=1}^m y_i & m \end{vmatrix}, \quad \Delta_c = \begin{vmatrix} \sum_{i=1}^m x_i^4 & \sum_{i=1}^m x_i^3 & \sum_{i=1}^m x_i^2 \cdot y_i \\ \sum_{i=1}^m x_i^3 & \sum_{i=1}^m x_i^2 & \sum_{i=1}^m x_i \cdot y_i \\ \sum_{i=1}^m x_i^2 & \sum_{i=1}^m x_i & \sum_{i=1}^m y_i \end{vmatrix}$$

Результатами планирования траекторий полета АС в наихудшем случае будут математические модели в виде (6) и (10). Все остальные траектории будут располагаться на безопасном расстоянии от текущих положений космических тел облака.

Заключение

Необходимость в освоении ресурсов космических тел открывает новую эру в современной космонавтике. Перед космической отраслью возникают комплекс очень сложных задач, которые на первом этапе должны решаться АС в автоматическом режиме. К числу таких задач, в упрощенной постановке, относится и задача пролета АС сквозь группу космических тел. Без учета кинематических соотношений и уравнений динамики группы объектов, задача исследования сведена к геометрическому представлению и поиску траекторий их движения.

В статье задача группового движения облака космических тел сведена к моделированию траектории одного из объектов и сформулирована как задача аппроксимации многочленом Лагранжа. Применение этого подхода позволяет вычислить траектории всех космических тел в группе. Недостатками подхода являются отказ от учета кинематики и динамики объекта движения, а также в необходимости закрепления на космическом теле датчика положения для отслеживания его координат. Проблема согласованного пролета АС сквозь группу объектов сформулирована как задача поиска наихудшей траектории среди остальных, приводящих к меньшему риску столкновения. Данная задача решается с применением метода наименьших квадратов. В каче-

стве начальных данных выбираются координаты космических тел, входящих в ближайшее окружение АС. Для отбора космических тел использован метод кластеризации k-средних с предлагаемой метрикой. Материалы статьи описывают общий подход к решению поставленной задачи. Использование уравнений динамики позволяет решить научно-техническую проблему по согласованному движению группы космических объектов.

Список используемых источников

1. Герасютин, С. А. Полеты автоматических межпланетных станций / С. А. Герасютин // Земля и Вселенная. – 2015. – № 1. – С. 34-53.
2. Космическая транспортная система для освоения малых космических тел / С. А. Лемешевский, О. С. Графодатский, А. Е. Ширшаков [и др.] // Вестник НПО им. С.А. Лавочкина. – 2018. – № 2(40). – С. 47-55.
3. Сайт компании «Planetary Resources» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.asterank.com>.
4. Можорина, Т. Ю. Моделирование и оптимизация управления полетом космического аппарата с орбиты Земли на орбиту Венеры с помощью ионных двигателей / Т. Ю. Можорина, А. А. Закуряжная // Математическое моделирование и численные методы. – 2022. – № 2(34). – С. 88-101. – DOI 10.18698/2309-3684-2022-2-88101.
5. Кулакова, С.В. Численные методы: учеб. пособие / С.В. Кулакова; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. Иваново, 2018. – 124 с.
6. Бантикова, О.И. Методы кластерного анализа. Классификация без обучения (непараметрический случай): метод. указ. к лаб. практик., курс. работе, дипл. проектированию и сам. раб. Студентов / О.И. Бантикова, Е.Н. Седова, О.С. Чудинова; под ред. А.Г. Реннера; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2011. – 93 с.

Iskhakov A.R.¹, Iskhakova S.A.²

MATHEMATICAL MODELING OF THE COORDINATED MOTION OF AN AUTOMATIC STATION IN A GROUP OF COSMIC BODIES

Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla, Ufa,

intellab@mail.ru

School No. 45 with in-depth study of individual subjects, Ufa,

samm.math@yandex.ru

The article discusses a geometric approach to mathematical modeling of the coordinated motion of an automatic station and a group of cosmic bodies for a two-dimensional case. The task is relevant for the integrated development of asteroid resources in the Solar System. In modeling the trajectories of motion of cosmic bodies, the method of approximation of the Lagrange polynomial was used. To construct a safe flight path for an automatic station, the opposite problem was solved using the least squares method. The opposite task is to mathematically describe the trajectory of the automatic station with the highest risk for flights. To apply the least squares method, space bodies that fall into the flight zone of the automatic station are pre-selected. The selection of such bodies is carried out by the k-means method with the metric proposed in the article. The use of dynamic equations will allow in further research to obtain mathematical models for the development of an automatic station control system.

Keywords: automatic station, cosmic bodies, coordinated group motion model, Lagrange method, least squares method, k-means method.

УДК 629.7

Трушляков В. И.¹, Юдинцев В. В.²

**ДЕМПФИРОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ
КОСМИЧЕСКОЙ ТРОСОВОЙ СИСТЕМЫ
ДЛЯ УВОДА КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА**

¹Омский государственный технический университет,

²Самарский университет имени академика С.П. Королёва

Рассматривается движение транспортной космической тросовой системы, предназначенной для увода крупногабаритных объектов космического мусора на орбиту утилизации. Представлена математическая и компьютерная модели продольных колебаний вращающейся космической тросовой системы и предложен алгоритм управления свободной длиной троса для демпфирования продольных колебаний после формирования тросовой системы и в процессе увода объекта космического мусора при запуске и останове двигателя буксира. Продемонстрирована эффективность предложенного алгоритма.

Ключевые слова: космический мусор, тросовая система, продольные колебания, демпфирование, управление.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке госконтракта с АО "ЦНИИмаш" как составная часть НИР "Авангард" (Флагман-3) – "Очистка".

Введение

Многочисленные исследования последних нескольких лет направлены на разработку технологий увода крупных объектов космического мусора для снижения риска неконтролируемого роста объектов космического мусора (ОКМ) в околоземном пространстве [1]. В настоящее время практически все страны, имеющие космические агентства, ведут интенсивные работы в этом направлении, начиная с этапов исследований, заканчивая лётными испытаниями таких систем. Развёртывание крупных орбитальных спутниковых группировок (StarLink, OneWeb) повышает актуальность разработки систем увода ОКМ. Потенциальными потребителями услуг увода ОКМ могут быть операторы спутниковых систем, национальные космические агентства, страховые компании.

Для захвата ОКМ могут быть использованы космические буксиры, оснащенные манипуляторами [2], сетями [3]. Для увода отработавших КА с геостационарных орбит могут быть использованы буксиры, использующие силу Кулона, воздействие на ОКМ потока заряженных частиц [4]. В работах [5–7] рассматривается использование тросовых систем для увода объектов ОКМ по тянувшей схеме, когда буксир тянет ОКМ на тросе. Следует отметить, что в этом случае трос должен крепиться в кормовой части буксира и при работе двигателей буксира должна быть исключено повреждение троса факелом двигателя. Эти условия использования тросовой транспортировки по тянувшей схеме требуют разработки новых космических буксиров, которые существенно отличаются по компоновке от существующих орбитальных средств.

В качестве альтернативы в работе [8] предлагается использовать для увода с орбиты космического мусора вращающуюся космическую тросовую (ВТКС) систему, образованную при помощи автономного стыковочного модуля (АСМ), отделяемого от буксира на тросовой связи для захвата объекта космического мусора и формирования механической тросовой связи между буксиром и космическим мусором (рисунок 1). Буксир и ОКМ на рисунке 1 показаны в увеличенном масштабе в сравнении с тросом: длина троса вращающейся космической системе имеет порядок единиц километров.

Для формирования ВТКС буксир переводится на орбиту перехвата (поз. 1, рисунок 1), апогей которой отличается от высоты орбиты ОКМ на длину троса. Перед прохождением апогея орбиты перехвата производится отделение АСМ (поз. 2), который доставляет трос к ОКМ и выполняет захват ОКМ. В момент, когда ОКМ и буксир находятся на одной прямой (поз. 3) формируется ВТКС. Далее периодическими включениями двигателя буксира, производится увод ВТКС на орбиту утилизации к границе атмосферы Земли.

Вращение тросовой системы позволяет использовать для буксировки всей связки толкающую схему буксировки, поскольку растяжение троса за счёт вращения системы, позволит прикладывать к системе силу тяги для увода с орбиты вдоль линии растянутого троса. Толкающая схема буксировки позволяет использовать в качестве буксиров существующие разгонные блоки.

Формирование ВТКС за счёт разности орбитальных скоростей буксира и ОКМ вызовет продольные колебания троса, что может привести к разрыву троса. Продольные колебания троса также будут индуцироваться периодическим запуском двигателя буксира при своде связки с орбиты. В работе [9] для гашения колебаний троса предлагалось использовать релейное управление тягой буксира, однако такая схема требует дополнительного расхода топлива

буксира. В настоящей работе рассматривается задача демпфирования колебаний ВТКС после её формирования за счёт управления длиной троса, при этом предполагается, что устройство управления длиной троса имеет возможность только выпускать трос, увеличивая его длину.

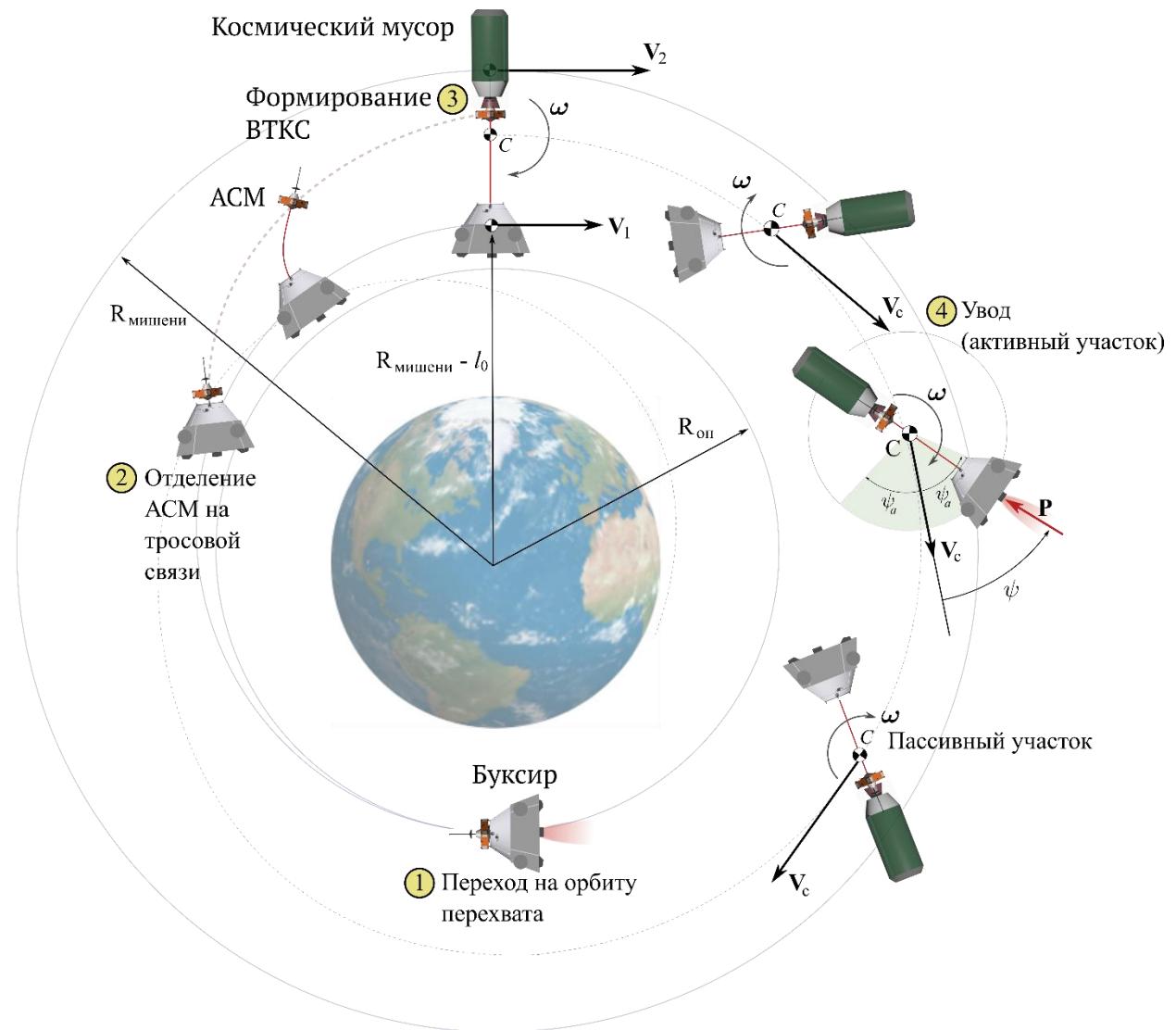


Рисунок 1. Схему увода с орбиты объекта космического мусора на вращающейся тросовой связи

1 Постановка задачи

Рассматривается движение ВТКС, включающей в свой состав космический буксир, АСМ, состыкованный с ОКМ. Трос соединяет буксир с АСМ. Движение ВТКС рассматривается с момента её формирования. Начальная угловая скорость ВТКС определяется выражением $\omega_0 = \Delta V / l_0$, где $\Delta V = V_2 - V_1$ – разность проекций орбитальных скоростей ОКМ и буксира на направление, перпендикулярное тросу, l_0 – начальное расстояние между буксиром и ОКМ, равное свободной длине троса (рисунок 1).

Предполагается, что для демпфирования продольных колебаний троса используется устройство управления его свободной длиной на основе измерений деформации троса или силы его натяжения. Устройство управления длиной троса ограничивает скорость вытягивая троса, при этом в процессе управления выполняется условие $\dot{l} \geq 0$, т. е. свободная длина троса может только увеличиваться. Это условие позволяет упростить конструкцию устройства управления длиной троса, которая здесь не рассматривается. Необходимо построить закон управления длиной троса и оценить его эффективность.

2. Модель

2.1. Математическая модель

При построении уравнений движения концевые тела (буксир и ОКМ) рассматриваются как материальные точки. Не учитывается взаимодействие ВТКС с гравитационным полем Земли, трос считается невесомым упругим элементом переменной длины. Схема рассматриваемой системы приведена на рисунке Рисунок 2.

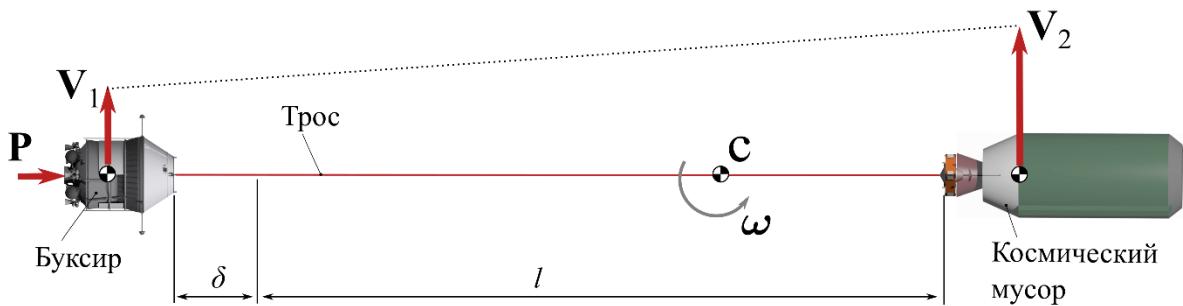


Рисунок 2. Схема системы

С учётом принятых допущений уравнения продольных колебаний системы имеют вид [10]:

$$\ddot{l} + \ddot{\delta} + \frac{EA}{m_{12}l} \delta = \frac{l_0^4}{(l + \delta)^3} \omega_0^2 - a_1, \quad (1)$$

где δ – деформация троса, l_0 , l – начальная и текущая свободная длина троса, E – модуль упругости троса, A – площадь поперечного сечения троса, m_{12} – приведенная масса ВТКС равная отношению произведения к сумме масс концевых тел, ω_0 – начальная угловая скорость ВТКС, $a_1 = P/m_1$ – ускорение буксира под действием силы тяги P , m_1 – масса буксира.

Уравнение движения (1) интегрируется с начальными условиями $\delta(0) = 0$, $\dot{\delta}(0) = \Delta V_n$ при известной функции изменения свободной длины троса $l(t)$, которая определяется системой управления, где ΔV_n проекция разности

скоростей концевых тел на направление троса (положительная величина соответствует растяжению троса).

При постоянной длине троса $l(t) = l_0 = \text{const}$ максимальная деформация троса после формирования ВТКС не менее чем в два раза будет превышать его стационарную деформацию $\delta_{\text{ст}}$. При нулевой тяге буксира $P = 0$ и $\delta(0) = \dot{\delta}(0) = \Delta V_n$ стационарная деформация троса будет определяться выражением [9]

$$\delta_{\text{ст}} \approx \frac{\omega_0}{k^2 + 3\omega_0^2}, \quad (2)$$

где $k^2 = EA/(m_{12}l_0)$, EA – произведение модуля упругости материала троса на площадь его поперечного сечения,

2.2. Управление длиной троса

Для демпфирования продольных колебаний троса ВТКС предлагается использовать управление длиной троса. Предположим, что космический буксир оборудован системой управления длиной троса, которая реализует следующий закон управления свободной (недеформированной) длиной троса:

$$\ddot{l} = k_\delta \dot{\delta} + k_l l \quad (3)$$

Первое слагаемое пропорционально $\dot{\delta}$, при этом очевидно, что для демпфирования упругих колебаний троса должно выполняться условие $k_\delta > 0$, т. е. длина недеформированного троса будет увеличиваться с увеличением скорости деформации при условии $\dot{l} \geq 0$. Второе слагаемое ограничивает рост свободной длины, поэтому $k_l < 0$. При наличии условия неубывания свободной длины, закон управления (3) примет вид:

$$\ddot{l} = \begin{cases} k_\delta \dot{\delta} + k_l l, & l > 0 \\ 0, & l \leq 0 \end{cases} \quad (4)$$

Введем безразмерные переменные: ε_l – удельное изменение свободной длины троса и ε_δ – удельная деформация троса (по отношению к начальной свободной длине):

$$l = l_0(1 + \varepsilon_l), \quad \delta = l_0\varepsilon_\delta \quad (5)$$

где ε_l и ε_δ – малые величины. С учётом этих замен уравнение движения ВТКС (1) и закон управления (3) примут вид:

$$\ddot{\varepsilon}_l = k_l \dot{\varepsilon}_l + k_\delta \dot{\varepsilon}_\delta \quad (6)$$

$$l_0 \ddot{\varepsilon}_l + \ddot{\varepsilon}_\delta l_0 + \frac{EA}{m_{12}(1 + \varepsilon_l)} \varepsilon_\delta = \frac{l_0}{((1 + \varepsilon_l) + \varepsilon_\delta)^3} \omega_0^2 - a_1, \quad (7)$$

Для малых ε_1 и ε_6 после линеаризации уравнения (7) получим систему линейных дифференциальных уравнений

$$\begin{cases} \ddot{\varepsilon}_l = k_l \dot{\varepsilon}_l + k_\delta \dot{\varepsilon}_\delta; \\ \ddot{\varepsilon}_\delta + \dot{\varepsilon}_l + \left(\frac{EA}{l_0 m_{12}} + 3\omega_0^2 \right) \varepsilon_\delta + 3\omega_0^2 \varepsilon_l = \omega_0^2 - \frac{a_1}{l_0}. \end{cases} \quad (8)$$

Решение полученной системы линейных дифференциальных уравнений устойчиво при $k_1 < 0$ и $k_\delta > 0$. Продемонстрируем эффективность предложенного закона управления (4) на примере численного интегрирования нелинейного уравнения движения (1).

Пример

Численное интегрирование уравнений движения (1) и (3) с учетом условия $\dot{\varepsilon}_1 \geq 0$ может быть проведено в любом математическом пакете, но наиболее удобным инструментом для моделирования анализа рассматриваемой системы, по мнению авторов, является среда *SimInTech*, которая позволяет построить модель системы из готовых блоков, не прибегая к непосредственному программированию. На рисунке Рисунок 3 показана схема модели ВТКС. Модель состоит из субмодели ВТКС, субмодели управления свободной длиной, а также из субмоделей орбитального движения, управления тягой буксира, модели вращения тросовой системы при движении по орбите, работа которых в здесь не рассматривается.

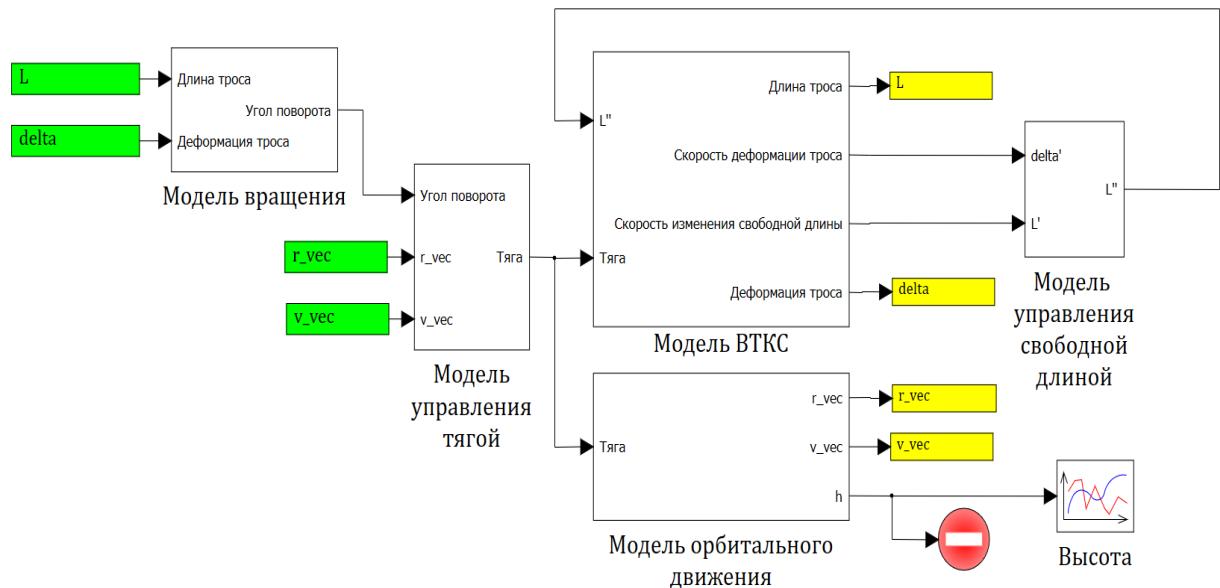


Рисунок 3. Структура модели системы

На рисунке 4 показана структура субмодели ВТКС, представляющей собой блок с уравнениями движения и блоками интеграторами.

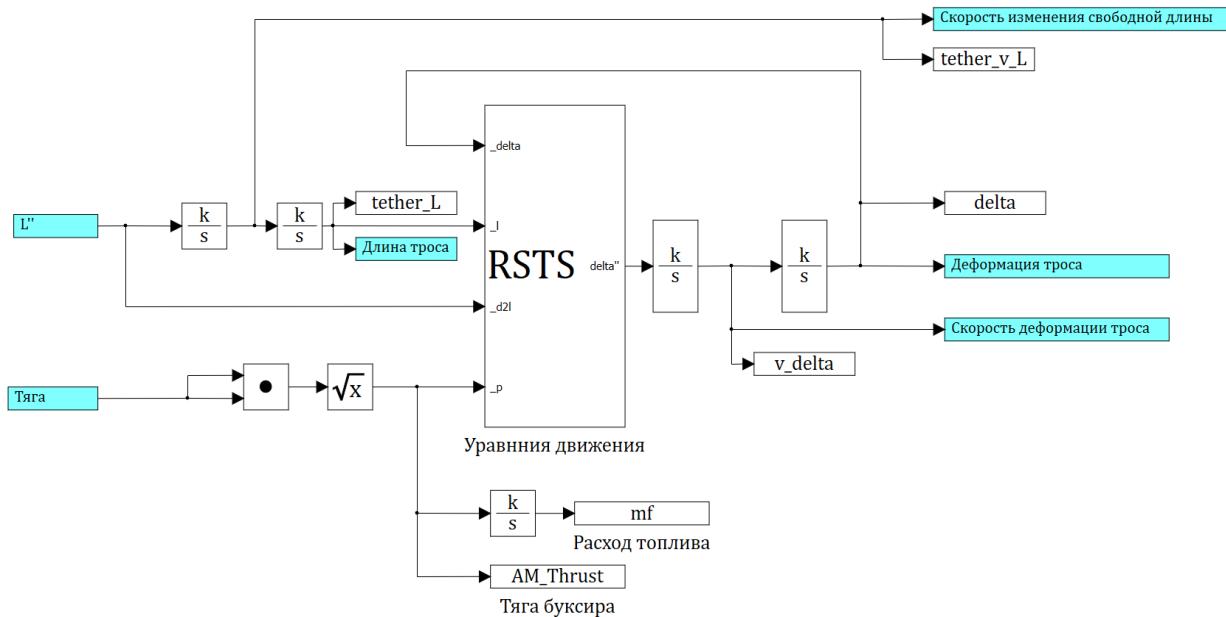


Рисунок 4. Структура субмодели вращающейся тросовой системы

На рисунке 5 показана субмодель управления свободной длиной троса, на вход которой подаются скорость деформации троса и скорость изменения его свободной длины, а на выходе формируется сигнал (4).

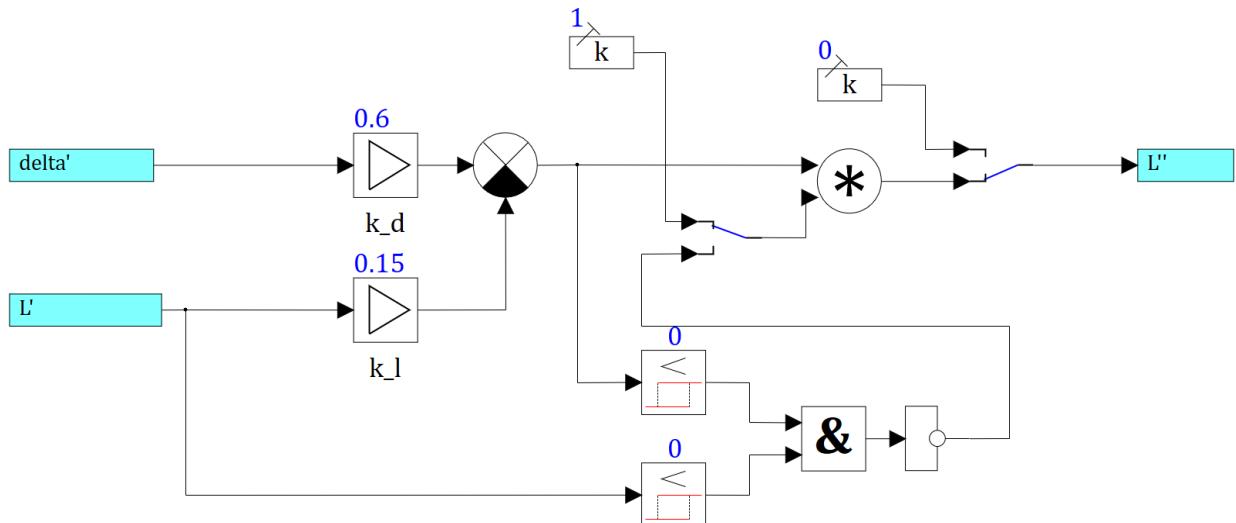


Рисунок 5. Субмодель управления свободной длиной троса

Для примера рассмотрим движение ВТКС с приведенной массой концевых тел равной 0,8 т и начальной длиной 2 км. Начальная угловая скорости ВТКС равна 2,8 градуса в секунду. Трос выполнен из материала с модулем упругости 81 ГПа и диаметром 3 мм. Коэффициенты закона управления (3): $k_d = 0.6$ и $k_l = 0.15$.

На рисунке Рисунок 6 приведены графики изменения деформации троса после формирования ВТКС и при запуске и останове двигателя буксира. На верхнем графике рисунка Рисунок 6 показаны графики изменения деформации троса при управлении длиной троса и, для сравнения, при отсутствии та-

кого управления. На нижнем графике рисунка Рисунок 6 показан закон изменения тяги буксира P_1 . Управление свободной длиной троса позволило уменьшить максимальную деформацию троса после формирования ВТКС с 26 до 18 м и подавить продольные колебания троса как после формирования ВТКС, так и после включения и выключения двигателя буксира.

На рисунке 7 для сравнения показаны результаты интегрирования исходной системы уравнений (1), (3) и линеаризованной системы (8). Решение линеаризованной системы удовлетворительно согласуется с решением исходной нелинейной системы.

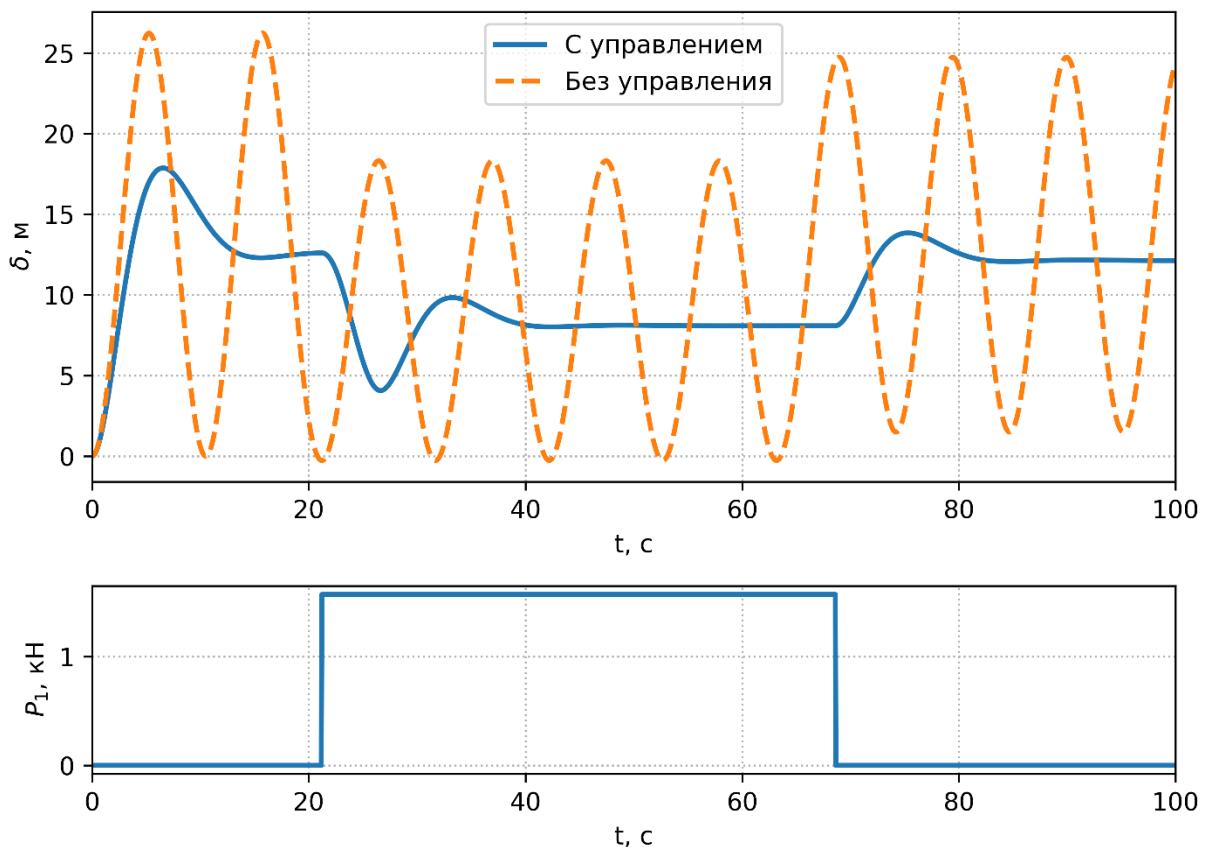


Рисунок 6. Изменение деформации троса (δ) при отсутствии управления и при управлении длиной троса

На рисунке 8 показаны графики изменения скорости деформации троса $\dot{\delta}$ и скорости изменения свободной длины троса \dot{l} при работе системы управления свободной длиной троса. График иллюстрирует ограничение на уменьшение свободной длины троса: при управлении длиной троса величина \dot{l} остается большей или равной нулю. Для сравнения на рисунке 9 показаны аналогичные графики, построенные для системы, в которой отсутствует ограничение управления.

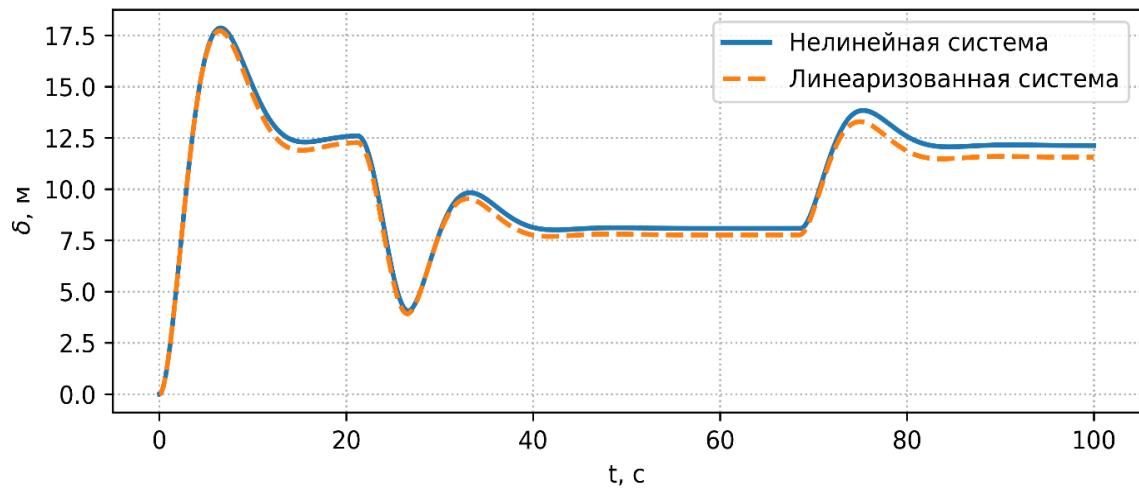


Рисунок 7. Изменения деформации троса

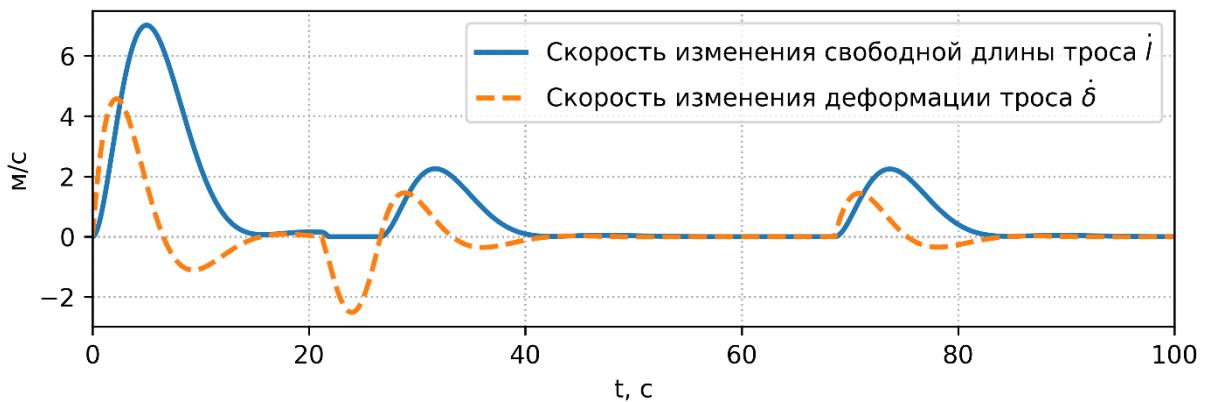


Рисунок 8. Изменение скорости деформации троса и скорости изменения свободной длины троса при активном демпфировании колебаний троса с условием $i \geq 0$

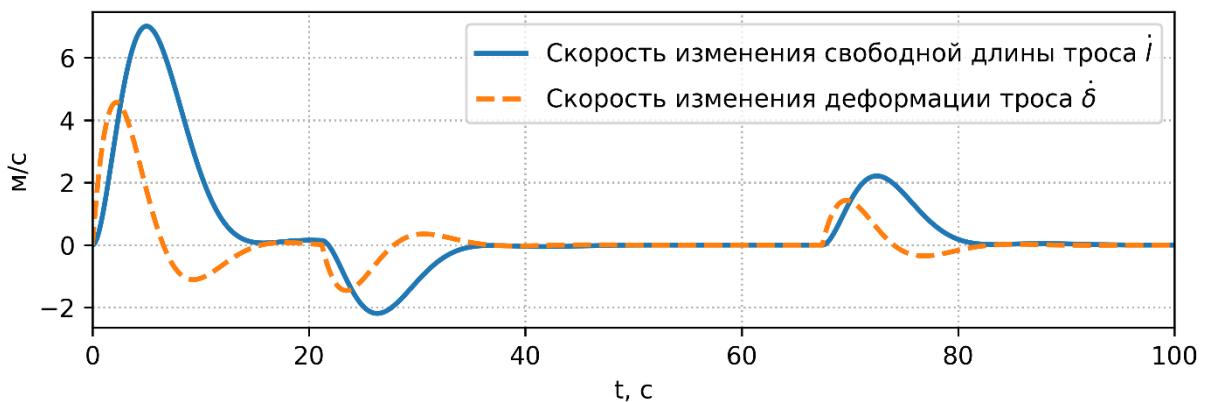


Рисунок 9. Изменение скорости деформации троса и скорости изменения свободной длины троса при отсутствии ограничения $i \geq 0$

На рисунке 10 приведены графики изменения свободной длины троса при управлении с учетом ограничения $i \geq 0$ и без ограничения. В результате

демпфирования колебаний троса после формирования ВТКС, запуска и выключения двигателя буксира свободная длина троса увеличилась на 4 % с 2000 до 2080 м.

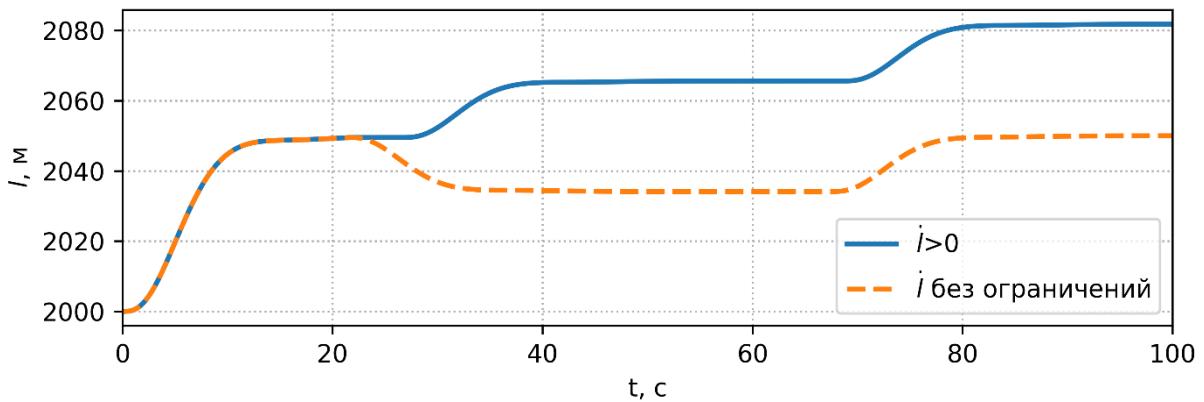


Рисунок 10. Изменение свободной длины троса

Результаты моделирования иллюстрируют эффективность предложенного закона демпфирования продольных колебаний троса ВТКС после её формирования и при запуске и выключении двигателя буксира за счёт управления свободной длиной l троса при ограничении $i \geq 0$.

Выводы

В работе получены линеаризованные уравнения продольных колебаний троса переменной длины вращающейся космической тросовой системы и предложен закон управления свободной длиной троса, при котором ускорение увеличения длины троса пропорционально скорости деформации троса и скорости изменения свободной длины при условии её неубывания, которое может быть обусловлено особенностями технической реализации устройства управления длиной троса. Приведены результаты моделирования движения рассматриваемой системы в среде SimInTech, которые иллюстрируют эффективность предлагаемого управления.

Список литературы

1. Bonnal C., Ruault J.-M., Desjean M.-C. Active debris removal: Recent progress and current trends // Acta Astronautica. Elsevier, 2013. Vol. 85. P. 51–60.
2. Felicetti L. et al. Design of robotic manipulators for orbit removal of spent launchers' stages // Acta Astronautica. 2016. Vol. 119. P. 118–130.
3. Lavagna M. et al. Debris Removal Mechanism Based on Tethered Nets // Proceedings of i-SAIRAS 2012. 2012. P. 1–6.
4. Bombardelli C. et al. Relative dynamics and control of an ion beam shepherd satellite // Advances in the Astronautical Sciences. 2012. Vol. 143. P. 2145–2157.

-
- 5. Jasper L., Schaub H. Input shaped large thrust maneuver with a tethered debris object // Acta Astronautica. 2014. Vol. 96, № 1. P. 128–137.
 - 6. Linskens H.T.K., Mooij E. Tether Dynamics Analysis and Guidance and Control Design for Active Space-Debris Removal // Journal of Guidance, Control, and Dynamics. 2016. Vol. 39, № 6. P. 1232–1243.
 - 7. Jasper L.E.Z. et al. Tethered tug for large low Earth orbit debris removal // Advances in the Astronautical Sciences. Charleston, 2012. Vol. 143. P. 2223–2242.
 - 8. Trushlyakov V.I., Yudintsev V.V. Rotary space tether system for active debris removal // Journal of Guidance, Control, and Dynamics. 2020. Vol. 43, № 2. P. 354–364.
 - 9. Trushlyakov V., Yudintsev V. Dynamics of rotating tethered system for active debris removal // Acta Astronautica. 2022. Vol. 195. P. 405–415.
 - 10. Trushlyakov V., Yudintsev V., Onishchuk S. Study of a rotating tethered system for capturing large-sized space debris on intersecting courses // Journal of Space Safety Engineering. 2023. Vol. 10, № 4. P. 544–551.

Trushlyakov V. I., Yudintsev V. V.

VIBRATION DAMPING OF A ROTATING SPACE CABLE SYSTEM FOR THE REMOVAL OF SPACE DEBRIS

Omsk State Technical University,

11 Mira Ave., Omsk, Russia, 644050

The movement of a space transport cable system designed to take large-sized objects of space debris into a recycling orbit is considered. Mathematical and computer models of longitudinal vibrations of a rotating space cable system are presented and an algorithm for controlling the free length of the cable for damping longitudinal vibrations after the formation of the cable system and during the removal of a space debris object at the start and stop of the tugboat engine is proposed. The effectiveness of the proposed algorithm is demonstrated.

Keywords: space debris, cable system, longitudinal vibrations, damping, control.

УДК 004.9

Чекина Е.В.^{1,2}

**АНАЛИЗ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ
ХАРАКТЕРИСТИК ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ
ОБСЛЕДОВАНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ**

¹ ООО «НПЦ «ИТС», Самара

² ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России, Самара

В условиях активной цифровизации всех сфер жизнедеятельности общества, в том числе и дорожного хозяйства, передвижные дорожные лаборатории (ПДЛ) становятся незаменимым инструментом для сбора и обработки информации о состоянии улично-дорожной сети. В статье рассматриваются основные функции и возможности ПДЛ, представленных на отечественном рынке, включая «Трасса», «ЭСКАНДОР», «РОСДОРТЕХ-ИНДОР» и «Магистраль». Целью исследования является сравнение данных ПДЛ по функциональности и широте использования. Результаты исследования могут быть полезны для выбора ПДЛ для конкретных задач в области дорожного хозяйства.

Ключевые слова: транспорт, лазерное сканирование, цифровой двойник автодороги, автоматизация проектирования, передвижная дорожная лаборатория, диагностика.

Направление вектора развития государства ориентировано на цифровизацию всех сфер жизнедеятельности общества. В части дорожного хозяйства уже внедрена и активно заполняется система контроля дорожных фондов, представляющая собой актуальную базу автомобильных дорог по дорожным работам, закупкам, происшествиям, формирования и расходования средств дорожных фондов.

Для наполнения указанной базы данных целесообразно использование передвижных дорожных лабораторий, способных быстро, в автоматизированном режиме, произвести оцифровку местности и сбор информации о множестве параметров улично-дорожной сети: от интенсивности транспортных потоков до расстановки технических средств дорожного движения и конструкции дорожной одежды [1].

Передвижные дорожные лаборатории представляют собой измерительный комплекс, установленный на шасси авто и производящий необходимые вычисления для измерения транспортно-эксплуатационных по-

казателей.

Среди имеющихся на отечественном рынке передвижных дорожных лабораторий (ПДЛ) в рамках настоящего исследования выделены такие лаборатории, как «Трасса», «ЭСКАНДОР», «РОСДОРТЕХ-ИНДОР», «Магистраль». Целью исследования является сравнение ПДЛ по технико-экономическим и эксплуатационным характеристикам (см. таблицу).

Комплексная дорожная лаборатория КП 514СМП «Трасса» (рисунок 1) (усовершенствованная модель лаборатории КП-514МП) предназначена для диагностики, паспортизации, контроля транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог. Утверждена как тип средства измерения. Разработана ГК «СДТ», г. Саратов, оборудуется малогабаритной интегрированной навигационной системой МИНС, системой компенсации перемещений кузова (СКПК) и высокоточным ГЛОНАСС/GPS приемником [2]. За счёт возможности установки средств измерения на любую автомобильную базу наиболее популярна и распространена. Имеет высокую мобильность, может быть использована для труднопроходимых автодорог в частом секторе, в горной местности, небольших улиц малой протяженности. Однако, для проведения полного комплекса обследований требуется множество специальных отдельных модулей, что неудобно при обследовании автодорог населенных пунктов, удаленных от места базирования лаборатории.



Рисунок 1. Дорожная лаборатория «Трасса»

Таблица. Сравнение передвижных дорожных лабораторий

Характеристика	Наименование лаборатории			
Наименование	Трасса	ЭСКАНДОР	РОСДОРТЕХ-ИНДОР	Магистраль
Организация-разработчик	ГК «СДТ», г. Саратов	ООО «СпецДорМаш», г. Санкт-Петербург	ООО "РДТ-ИНДОР", г. Саратов	ООО «БетонТест», г. Москва
Автомобиль-основа	Любой автомобиль под запрос заказчика	КАМАЗ	Любой автомобиль под запрос заказчика	ГАЗель
Производительность, км/сутки	300	400	300	250
Дискретность выдачи результатов измерений (шаг съемки), м	1...20	10	1...20	1...20
Максимальная скорость работы, км/ч	70	70	70	70
Доступ к результатам измерений	Запись ведется на жесткий диск	Постоянный беспроводной доступ через мобильную сеть	Запись ведется на жесткий диск	Запись ведется на жесткий диск
Вид работ:				
Проведение диагностики	Со спецмодулем	Есть	Со спецмодулем	Есть
Оценка транспортно-эксплуатационного состояния автодорог	В полуавтоматическом режиме	В автоматическом режиме	В полуавтоматическом режиме	В полуавтоматическом режиме
Проведение паспортизации	Упрощение сбора данных	Автоматизация сбора данных	Упрощение сбора данных	Упрощение сбора данных
Разработка ПОДД	Автоматизация сбора данных	Нет	Автоматизация сбора данных	Нет
Построение цифрового двойника автомобильных дорог	Нет	Есть	Нет	Нет
Средство измерения геометрических параметров	На основе МИНС, СКПК и высокоточного ГЛОНАСС/GPS приемника	14 двумерных лазерных сканеров, расположенных на жесткой семиметровой балке	На основе МИНС, СКПК и высокоточного ГЛОНАСС/GPS приемника	На основе МИНС, СКПК и высокоточного ГЛОНАСС/GPS приемника
Фиксация характерных точек и объектов	На основе программируемой клавиатуры во время измерений или автономно	Автоматическое распознавание утраченных знаков	На основе программируемой клавиатуры во время измерений или автономно	На основе программируемой клавиатуры во время измерений или автономно
Система panoramicной ви-	Цифровые камеры (1...6 шт.), угол	Цифровая 3D-камера	Цифровые камеры (1...6 шт.),	Цифровые камеры (1...6

Наименование лаборатории				
Характеристика	Трасса	ЭСКАНДОР	РОСДОРТЕХ-ИНДОР	Магистраль
деосъемки	захвата камер 180 или 360 градусов		угол захвата камер 180 или 360 градусов	шт.), угол захвата камер 180 или 360 градусов
Возможность заполнения карточек дорожных объектов	Мобильное приложение, большая номенклатура характеристик, привязка к пикетажу дороги и GPS-координатам, добавление фотографий	Нет	Мобильное приложение, большая номенклатура характеристик, привязка к пикетажу дороги и GPS-координатам, добавление фотографий	Нет
Система распознавания ТСОДД	Нет	Автоматическое сопоставление результатов съемки с предыдущими проездами по указанному участку автодороги и выявление отсутствия элементов дороги	Нет	Нет
Измерение параметров поперечной ровности	2-D-сканирование покрытия дороги на основе лазерных высокоскоростных профилометров. Выполнение работ в любое время суток с шириной захвата до 4 м и точностью измерения глубины колеи ±1 мм. Шаг получения поперечных профилей <1 м. Количество измерительных точек в каждом профиле не менее 5000	В состав системы входит лазерный двумерный сканер, работающий с частотой сканирования 400 Гц и программное обеспечение по сбору и обработке данных. Ширина измеряемого поперечного профиля 3,5 м. Точность измерений 1 мм.	2-D-сканирование покрытия дороги на основе лазерных высокоскоростных профилометров.	2-D-сканирование покрытия дороги на основе лазерных высокоскоростных профилометров.
Видеодефектовка покрытий	Изображение поверхности дороги с разрешающей способностью 1 мм и шириной полосы захвата 4 м для последующей фиксации дефектов оператором	Автоматически, непрерывная запись с лазерных сканеров	Изображение поверхности дороги с разрешающей способностью 1 мм и шириной полосы захвата 4 м для последующей фиксации дефектов оператором	Изображение поверхности дороги с разрешающей способностью 1 мм и шириной полосы захвата 4 м для последующей фиксации дефектов оператором
Система измерения прочности дорожных одежд	Дина-4 FWD (отдельный модуль)	С помощью лазерных сканеров алгоритм производит сравнение высотных отметок в месте приложения нагрузки от колеса полуприцепа с отметками в ненагруженной зоне. Алгоритм обеспечивает вычисление чаши прогиба по данным лазерных сканеров	Прицепная установка "Прогибомер FWD-РДТ", прогиб дорожной одежды определяется по всей чаше измерения упругого прогиба при помощи девяти датчиков (геофонов).	Нет

Характеристика	Наименование лаборатории			
	Трасса	ЭСКАНДОР	РОСДОРТЕХ-ИНДОР	Магистраль
		ров с точностью до 0,04 мм		
Анализ параметров транспортного потока	Видеоанализатор на выдвижной пневмомачте, монтируемой на кузове лаборатории или на специальной стойке.	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует
Система подповерхностного зондирования (определения толщин слоев дорожной конструкции)	Используется георадар (устанавливается дополнительно). Глубина зондирования варьируется от 0,5 м до 5 м в зависимости от установленного антенного блока	Георадар с распределенными приемными и передающими высокочастотными антennами широкого диапазона. Отчет в виде радиографического изображения с пространственной локализацией объектов и неоднородностей, скрытых в различных слоях дорожной конструкции.	Используется георадар (устанавливается дополнительно).	Используется георадар (устанавливается дополнительно).
Система измерения сцепления автодороги	Отдельное оборудование. Одноколесный прицеп с подресоренной рамой и параллелограммной конструкцией крепления рамы к сцепному устройству	Косвенно за счет системы определения шероховатости. Двумерный лазерные сканер собирает поток данных с частотой 100 Гц, на основании которого производится определение микропрофиля поверхности автомобильной дороги.	Измерения коэффициента сцепления и ровности дорожных покрытий по толчкометру производятся при помощи модернизированной прицепной установки ПКРС-2 РДТ в соответствии с ГОСТ 33078-2014.	Нет
Система измерения ровности покрытия дорог по международному показателю IRI	Позволяет проводить измерение международного индекса IRI, индекса R, расчет амплитуд по методу «Boeing», вести запись микропрофиля поверхности дорог с шагом 0,125÷0,25 м	Измерения производятся при помощи сбора сигналов с пяти лазерных триангуляционных датчиков, работающих с частотой 3800 Гц и последующей их обработке на специальном программном комплексе.	Система измерения на основе лазерных датчиков размещенных под днищем передвижной диагностической лаборатории, с двух сторон по каждой колее в соответствии с ГОСТ 33101-2014.	Нет
Стоимость	От 3 млн рублей	От 100 млн рублей	От 3,5 млн рублей	От 4 млн рублей

Передвижная лаборатория «Эскандор» (рисунок 2), выполненная на базе КАМАЗ, имеет удобное место оператора и используется для сплошной безостановочной диагностики, паспортизации и оценки транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог методом синхронизированного измерения и контроля всех основных параметров. Лаборатория может оценить прочность асфальта, продольную и поперечную ровность, глубину и профиль колеи, сцепные свойства. Наиболее удобно использование такой лаборатории для обследования федеральных автодорог.



Рисунок 2. Дорожная лаборатория «ЭСКАНДОР» [3]

Мобильная дорожная лаборатория «РОСДОРТЕХИНДОР» (рисунок 3), основанная на измерительном комплексе КП-514 RDT, представляет собой набор высокотехнологичных измерительных систем, интегрированных в специальное автотранспортное средство.

Это оборудование предназначено для сбора подробной, объективной и точной информации о текущем состоянии автомобильных дорог в плане их эксплуатации. Комплекс обеспечивает проведение оперативных испытаний и диагностики объектов непосредственно по месту их нахождения, с максимальной производительностью, обеспечением выгрузки и хранения данных в геоинформационной системе автомобильных дорог «IndorRoad».

Мобильная дорожная лаборатория «Магистраль» (рисунок 4) используется для оценки текущего состояния автомобильных дорог. Возможность установки дополнительного оборудования позволяет проводить паспортизацию и видеосъемку объектов. Все системы, установленные в лаборатории

«Магистраль», прошли необходимую сертификацию и зарегистрированы в государственном реестре.



Рисунок 3. Дорожная лаборатория «РОСДОРТЕХИНДОР» [4]

Основные задачи лаборатории «Магистраль» включают измерение ключевых геометрических параметров дорог (планировка трассы, продольный и поперечный профили), прочности дорожного покрытия, сцепления, ровности поверхности, интенсивности и структуры движения, а также определение наличия и состояния конструктивных элементов дороги.



Рисунок 4. Дорожная лаборатория «Магистраль» [5]

По результатам проведенного анализа, можно сделать следующие выводы:

1. Выявлены различия в методиках выполнения работ с использованием различных ПДЛ, отсутствуют критерии оценки точности полученных результатов, а также проблемы при переходе из глобальных систем координат в

местные. В связи с этим требуется разработать соответствующие методические документы.

2. В настоящее время не все ПДЛ обеспечивают необходимую точность координатной привязки, удовлетворяющей требованиям точности, предъявляемым к топографическим планам, что приводит к невозможности точного размещения объектов в транспортных геоинформационных системах.

3. ПДЛ имеют в своем составе измерительное оборудование, позволяющее определять транспортно-эксплуатационные характеристики автомобильной дороги в виде готовых результатов, но не все оборудование является средством измерения, что может приводить к отсутствию доверия к информации, полученной с помощью такого оборудования.

4. Для измерений продольной ровности покрытия в настоящее время целесообразнее использовать дорожные лаборатории, оснащенные профилометрами.

5. Для создания цифровой модели автомобильных дорог целесообразно использовать ПДЛ, оснащенные системами мобильного лазерного сканирования.

Список использованных источников

1. Чекина, Е.В. Использование средств цифрового проектирования организации дорожного движения на базе геоинформационных систем / Е.В. Чекина, Т.И. Михеева, П.А. Раптанова // Научно-технический вестник Поволжья. – №12. – 2022. – С. 189-192.
2. Мельничук, В.К. Обследование состояния дорог с помощью передвижных дорожных лабораторий / В.К. Мельничук, Т.В. Дубина, А.Д. Широбоков // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 300-летию российской академии наук : Сборник докладов. – Том 12. – Белгород, 2022. – С. 120-125. – EDN: ОКХМТМ.
3. Международный форум «Транспорт России» [Электронный ресурс] URL: https://riamediabank.ru/story/list_209233534/ (дата обращения 06.03.2024).
4. Сайт РОСДОРТЕХ [Электронный ресурс] URL: <https://rosdorteh.ru/catalog/214/> (дата обращения 06.03.2024)
5. Дорожные лаборатории «Магистраль» [Электронный ресурс] URL: <https://betontest.ru/catalog/dorozhnye-laboratori-magistral> (дата обращения 06.03.2024).
6. Брынь, М.Я. Сравнительная оценка мобильного лазерного сканирования, аэрофотосъемки с беспилотной авиационной системы и съемки с комплексной дорожной лаборатории при выполнении диагностики автомобильных дорог / М.Я. Брынь, Д.Р. Баширова, А.Г. Багишян // Из-

- вестия Петербургского университета путей сообщения. – 2021. – Т.18. – №2. – С.211-221. – EDN ERDLGX.
7. Ерёмин, Р.А. Опыт комплексных обследований дорожных одежд георадарами и установками ударного нагружения / Р.А. Ерёмин, А.М. Кулижников // Дороги и мосты. – № 2 (46). – М.: ФАУ РОСДОРНИИ, 2021. – С. 100-124. – EDN ZKRRLL.
8. Комплексы измерительные. Описание типа средства измерений [Электронный ресурс] URL: <https://rosdorteh.nt-rt.ru/images/manuals/rdt-linesi.pdf> (дата обращения 06.03.2024)
9. Миронюк, В.П. Сопоставительные испытания систем мобильного лазерного сканирования и передвижных дорожных лабораторий / В.П. Миронюк, Р.А. Еремин, А.О. Кузнецов / Дороги и мосты. – № 1 (43). – М.: ФАУ РОСДОРНИИ, 2020. – С. 25-48.
10. Мониторинг объектов дорожно-транспортной инфраструктуры передвижными комплексами «АДС-МАДИ» / К.Е. Шугаев, А.А. Цесарь, М.А. Брежнева, Ю.Э. Васильев // XVI Всероссийская мультиконференция по проблемам управления (МКПУ-2023): сборник трудов конференции. – М.: МАДИ, 2023. – С. 305-307.

Chekina E.V.^{1,2}

ANALYSIS OF TECHNICAL, ECONOMIC AND OPERATIONAL CHARACTERISTICS OF THE FUNCTIONING OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE SURVEY SYSTEMS

¹ *NPTS ITS LLC, Samara*

² *Federal State Budgetary Educational Institution
of the Russian Ministry of Health, Samara*

In the context of active digitalization of all spheres of society, including the road sector, mobile road laboratories (PDL) are becoming an indispensable tool for collecting and processing information about the state of the road network. The article discusses the main functions and capabilities of PDL presented on the domestic market, including "Trassa", "ESKANDOR", "ROSDORTECH-INDOR" and "Magistral". The purpose of the study is to compare PD data in terms of functionality and breadth of use. The results of the study can be useful for selecting PDL for specific tasks in the field of road management.

Keywords: transport, laser scanning, digital highway twin, design automation, mobile road laboratory, diagnostics.

УДК 004.9+165

Головнина А.А.¹, Иващенко А.В.², Головнин О.К.^{1,2}
ПРАГМАТИЧЕСКИЙ АДАПТЕР БОЛЬШИХ ДАННЫХ

¹ Самарский университет, Самара

² ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России, Самара

В статье приведено описание разработанного прагматического адаптера больших данных, который за счет фиксации синтаксического, семантического и прагматического измерений с точки зрения интерпретатора информации позволяет повысить оперативность и эффективность получения знания в процессах Knowledge Mining на большом объеме данных.

Ключевые слова: Knowledge Mining, Data Mining, семиотика, семиозис, интерпретация, извлечение знаний.

Введение

Большие данные становятся частью современной жизни и постепенно меняют процесс познавательной деятельности [1], в определённой степени отражая наши активности в существующем вокруг нас контексте. В текущем понимании к большим данным относят многомерные данные большого объема, возможно с неполной информацией [2], об объектах, процессах и явлениях как реального, так и виртуальных миров.

Достаточно часто наши знания об объектах, процессах и явлениях в различных предметных областях зависят от того, как мы интерпретируем ту или иную информацию, их описывающую. В случае, когда количество информации не превышает определенный уровень, интерпретаторы в среднем легко выделяют знания на «незнаниевом» фоне, однако при росте количества информации растет значимость имеющегося у интерпретатора навыка интерпретации, в зависимости от которого могут формироваться различные знания. Таким образом, реальная картина мира, при интерпретации ее по большим данным различными интерпретаторами – людьми или техническими устройствами – складывается из множества деталей, большая часть которых специфично учитывается определенным интерпретатором или даже выпадает из его поля зрения. Именно поэтому многие процессы принятия решений вписываются в некоторый абстрактный универсальный моделирующий профиль интерпретатора.

Для обработки и интерпретации больших данных необходимо использовать специализированные методики и методы [3], а также применять специализированные хранилища [4] и программное обеспечение [5]. В настоящей статье предложен специализированный адаптер для класса процессов извлечения знаний из большого объема данных (Knowledge Mining), задающих и фиксирующих определенное прагматическое измерение – отношение интерпретатора информации к знаниям.

Методология

Разработан прагматический адаптер больших данных, позволяющий подключаясь к распространенным хранилищам больших данных выполнять предобработку данных с учетом конкретного интерпретатора, обладающего определенным навыком интерпретации (рефлексом), тем самым повышая оперативность и эффективность получения знаний. Прагматический адаптер отличается тем, что фиксирует синтаксическое, семантическое и прагматическое измерение (страту) с точки зрения интерпретатора, позволяя тем самым повысить оперативность и эффективность интерпретации и извлечения знания в процессе Knowledge Mining.

Таким образом, адаптер позволяет учитывать психологические, биологические, социологические и профессиональные особенности интерпретатора, которые наблюдаются при извлечении знаний в случае, если интерпретатором является человек, и учитывать используемый набор технических средств, которыми обладает интерпретатор в том случае, если им является техническое устройство или аналитическая система.

Основной акцент в адаптере сделан на последовательном – от простого к сложному – конфигурировании обработчика, охватывающего синтаксическое, семантическое и прагматическое измерения процесса Knowledge Mining, и исследовании ограничений, налагаемых на допустимые решения (выбор того, что считать знанием, а что нет), входящих в соответствующий ассоциативный комплекс интерпретатора, что позволяет учитывать влияния различных возможных классифицирующих наборов различных интерпретаторов на содержимое решений.

Так, мы можем сказать, что применение определенного классифицирующего набора к определенному знанию одновременно и вторично, и предварительно: оно вторично по отношению к знанию, поскольку следует за уже имеющимся, классом которого оно и является. Оно предварительно относительно уже завершенного решения, для которого классифицирующий набор выступает как необходимое явление. Таким образом, адаптер в ходе последовательности шагов с обратной связью подстраивается под конкретного ин-

терпретатора, формируя набор правил, которые применяются в дальнейшем ко всем аналогичным данным. То есть семантическое измерение находит взаимосвязь в прагматическом измерении, определяя навык интерпретатора информации использовать имеющиеся данные в определенных обстоятельствах и, наоборот, ожидать каких-то определенных условий, если используется полученное из таких данных знание. Набор правил преобразования соответствуют реальным сочетаниям данных и переходам, которые использует интерпретатор, или ограничениям на использование данных, которые он устанавливает для себя, при выявлении знания.

Программная реализация и результаты

Разработанный прагматический адаптер реализован в виде программных средств, предназначенных для встраивания в распространенные хранилища больших данных через механизмы API или EndPoint, выполняя предобработку данных на основе поступающего в запросе описания интерпретатора. В качестве интерпретатора – аналитической системы – применена Цифровая платформа интегрального мониторинга, обладающая определенным набором функций обработки больших данных [6].

Получены модели двух интерпретаторов за счет варьирования имеющихся функций. Интерпретатор А способен извлечь из большого массива неструктурированной информации сведения о продаваемых потребительских товарах и ценах на них в разные периоды времени. То есть объектами, которыми он оперирует, являются товары и их характеристики. На рисунке 1 показано, как с помощью предложенного решения обработаны и визуализированы изменения в ценах на потребительские товары Интерпретатором А.



Рисунок 1. Изменения в ценах на потребительские товары (Интерпретатор А)

Интерпретатор Б дополнительно к способностям Интерпретатора А «понимает» рынок потребительских товаров и способен прогнозировать его изменения. То есть объектами, которыми он оперирует, являются не только товары и их характеристики, а законы рынка. Интерпретатор Б обладает более специализированными навыками, поэтому полученные знания становятся более полными (рисунок 2).

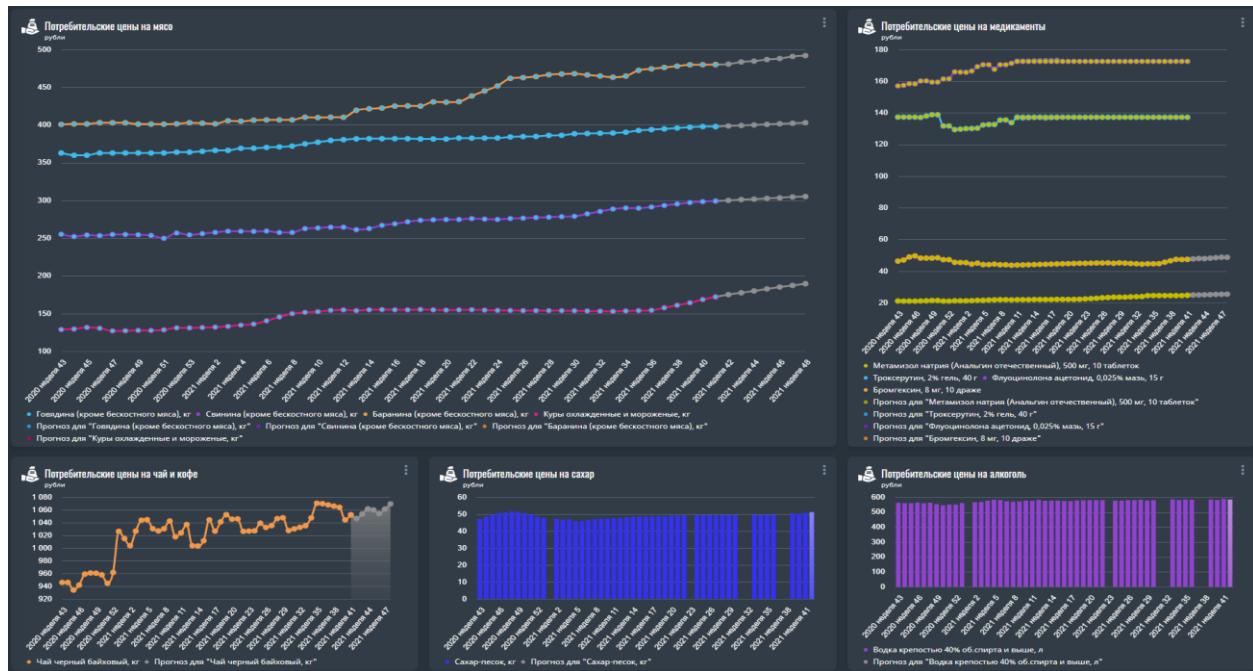


Рисунок 2. Изменения в ценах на потребительские товары (Интерпретатор Б)

Результаты показывают, что настройка прагматического адаптера с помощью навыков Интерпретатора Б приводит к формированию более полного знания об анализируемой ситуации.

Заключение

Таким образом, разработанный прагматический адаптер позволит повысить эффективность обработки больших данных в существующих хранилищах данных и системах, использующих такие хранилища, поскольку интерпретаторами большинства знаний, извлекаемых из больших данных, являются люди, отношение которых к знаниям и использует прагматический адаптер. Ожидается повышение эффективности систем подготовки аналитической информации и отчетов для лиц, принимающих решения, при планировании мероприятий, реализуемых на определенной территории или в отношении определенных объектов, в тех случаях, когда важно понимать отношение жителей к тому или иному мероприятию.

Список использованных источников

1. Платонова, С.И. Большие данные: создание вызовов и возможностей в социальных науках / С.И. Платонова // Манускрипт. – 2020. – Т. 13. – № 4. – С. 119-123.
2. Авербух, В.Л. Анализ и визуализация больших данных / В.Л. Авербух, Д.В. Манаков // Труды международной научной конференции «Параллельные вычислительные технологии». – Екатеринбург : ЮУрГУ. – 2015. – С. 332-340.
3. Чехарин, Е.Е. Большие данные: большие проблемы / Е.Е. Чехарин // Перспективы науки и образования. – 2016. – № 3 (21). – С. 7-11.
4. Головнин, О.К. Цифровые решения для построения темпоральных баз больших данных / О.К. Головнин, А.А. Мызников // Перспективные информационные технологии: труды междунар. научно-технич. конф. – Самара: СНЦ РАН, 2020. – С. 225-228.
5. Головнина, А.А. Интеллектуальный анализ больших данных на примере сетевого ритейла / А.А. Головнина, А.В. Иващенко // Научно-технический вестник Поволжья. – 2023. – № 10. – С. 259-263.
6. Цифровая платформа интегрального мониторинга. – Режим доступа: <https://reestr.digital.gov.ru/reestr/1334137/>.

Golovnina A.A.¹, Ivaschenko A.V.², Golovnin O.K.^{1,2}
PRAGMATIC BIG DATA ADAPTER

¹ Samara University, Samara

² Samara State Medical University, Samara

The article provides a description of the developed pragmatic big data adapter, which, through a combination of syntactic, semantic and pragmatic aspects from the point of view of the information interpreter, makes it possible to increase the efficiency of obtaining knowledge in Knowledge Mining.

Keywords: Knowledge Mining, Data Mining, Semiotics, Semiosis, Interpretation, Knowledge Extraction.

УДК 004.9+165

Головнин О.К.^{1,2}, Головнина А.А.¹

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ ПЕРСОНАЛЬНОЕ
ЧЕЛОВЕКОЦЕНТРИЧНОЕ ОКРУЖЕНИЕ КАК НОВАЯ МЕТАСРЕДА
ОБИТАНИЯ**

¹ Самарский университет, Самара

² ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России, Самара

В статье приведено описание разработанной информационной модели для построения интеллектуального персонального окружения человека, интегрирующего используемые человеком программы и приложения с помощью конфигурируемых агентов-роботов. Сформированное таким образом окружение человека выполняет роль мембраны для среды обитания, контролируя входящие и исходящие информационные потоки. Взаимодействие агентов-роботов формирует новую метасреду – социальную сеть.

Ключевые слова: мультиагентная система, социальная сеть, робот, скрипт, автоматизация, метасреда.

Человек в современном мире сталкивается с множеством проблем, вызванных окружающей его информационной обстановкой. Сложность информационной обстановки непрерывно растет, увеличиваются объемы информации, варианты ее представления и существования, т.е. информационная обстановка мультимодальна и мультиструктурна. Человек испытывает сложности с продуктивной обработкой такой информации традиционными способами, в связи с этим появляется множество программ-ассистентов, берущих на себя часть интеллектуальной деятельности человека [1-3], но каждый доступный инструментарий не интегрирован для человека в единую информационную среду. Кроме того, в связи с ростом количества источников информации, а также с появлением технологий генерации «фейкового» контента [4-6], человек испытывает дискомфорт, вызванный невозможностью проверить и оценить качество информации.

Таким образом, на текущий момент существующие проблемы не компенсируются программными инструментами, которыми обладает человек. Целью настоящей работы является повышение информационного комфорта и информационной производительности человека за счет разработки модели,

обеспечивающей формирование персональной цифровой среды для интеграции интеллектуальных сервисов и ассистентов.

Целевая модель интеллектуального персонального человекоцентричного окружения – это персонально-ориентированная и управляемая человеком система цифровых программных агентов-роботов, которые берут на себя отдельные участки информационного процесса: от поиска исходной информации до участия в производстве новой информации и его передачи в целевые внешние процессы. Таким образом, человек как бы «переносит» часть процесса личной информационной деятельности (нагрузки) в управляемую им конфигурацию интеллектуальных роботов. Модель интеллектуального персонального человекоцентричного окружения основана на модели «доверенного» искусственного интеллекта, т.е. в первую очередь поиск информации осуществляется на базе доверенных (по мнению пользователя) источниках информации. Кроме того, модель учитывает особенности пользователя, его профессиональные и личностные интересы, т.е. формирует «цифровую тень» или «цифровой двойник» (при наличии соответствующей возможности в целевой реализации).

Модель предусматривает включение следующих участков цифровой среды и мета-среды:

- обработка входящего информационного потока;
- оперативное агрегирование информации для подготовки нового знания;
- выработка нового знания;
- направление информации во внешние системы и сервисы.

Модель интеллектуального персонального человекоцентричного окружения отличается способом организации информационного взаимодействия, при котором формируется персональная база знаний, что позволяет использовать семантическое измерение при выработке решений, повышая информационный комфорт и информационную производительность человека.

Разработанная модель может быть использована как в личных целях, так и в профессиональных, и при реализации обеспечит управляемый и контролируемый перенос значительного объема рутинных информационных задач и операций на сторону интеллектуальных сервисов. Кроме того, ожидается качественный рост информационного комфорта за счет разгрузки от информационной рутины и выхода на режим владения информационной ситуацией. Планируется реализация модели с помощью программного обеспечения [7], обеспечивающего идентификацию цифровых моделей-теней и цифровых моделей-двойников объектов, процессов и явлений реального мира, поставляющим информацию пользователю.

Список использованных источников

1. Обзор применения нейроинтерфейсов в образовательной робототехнике / М.Н. Сидоренко // # ScienceJuice2020. – 2021. – С. 214-219.
2. Методика построения голосового мобильного нейроассистента / А.В. Маркелов, О.К. Головнин // Королёвские чтения : сб. материалов междунар. научн. конф. – Самара: Самарский ун-т, 2021. – С. 486.
3. Обзор мобильных виртуальных ассистентов / С.В. Витман, С.В. Чернова // Вестник современных исследований. – 2018. – №. 11.7. – С. 389-390.
4. К вопросу о контроле фейков, дипфейков, фейковых аккаунтов в интернете / Н.Р. Красовская, А.А. Гуляев // Вестник Удмуртского университета. Социология. Политология. Международные отношения. – 2021. – Т. 5. – №. 1. – С. 96-99.
5. Алгоритмы выявления фейковых аккаунтов в социальной сети «ВКонтакте» / А.О. Манукин // Курсантские исследования. – 2021. – С. 180-182.
6. Проектирование автоматизированной системы выявления поддельных аккаунтов в социальных сетях / Р.М. Ганеев, А.А. Столбова // Перспективные информационные технологии: Труды Междунар. научно-технич. конф.. – Самара: СНЦ РАН, 2021. – С. 222-225.
7. Интеллектуальная программа идентификации цифровых моделей-теней и цифровых моделей-двойников объектов, процессов и явлений городской среды / О.К. Головнин // Свид-во о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2023687234 от 13.12.2023. – М. : ФИПС, 2023.

Golovnin O.K.^{1,2}, Golovnina A.A.¹

INTELLIGENT PERSONAL HUMAN-CENTRIC META-ENVIRONMENT

¹ Samara University, Samara

² Samara State Medical University, Samara

The article provides a description of the developed information model for building an intelligent personal environment, integrating programs and applications used by a person using configurable robotic agents. The human environment formed in this way acts as a membrane for the living environment, controlling incoming and outgoing information flows. The interaction of robot agents forms a new meta-environment – a social network.

Keywords: multi-agent system, social network, robot, script, automation, meta-environment.

УДК 004.9

Шестакова М.В.^{1,2}, Косова В.М.^{1,2}, Головнин О.К.^{2,3}
**МЕТОД ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ
ФОРМИРОВАНИЯ SMART-СТАНДАРТОВ**

¹ ООО «Открытый код», Самара

² Самарский университет, Самара

³ ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России, Самара

В статье приведено описание метода поддержки принятия решений в процессе формирования smart-стандартов согласно ПНСТ 864-2023 «Умные (smart) стандарты. Общие положения». Предполагается, что smart-стандарт формируется на основе текста и структуры нормативного правового документа, представленного в традиционной человекочитаемой форме в формате PDF.

Ключевые слова: OCR, умный стандарт, smart-стандарт.

Под smart-стандартом в настоящее время понимается совокупность данных, содержащихся в документе по стандартизации, представленных в машиночитаемом, машиноинтерпретируемом и машинопонимаемом форматах. Проведен анализ нормативных документов, отечественных и зарубежных подходов и практик по разработке smart-стандартов, выявлены два основных регламентирующих источника [1,2]: предварительный национальный стандарт (ПНСТ) 864-2023 «Умные (smart) стандарты. Общие положения» и международный стандарт ISO Standards Tag Set (ISOSTS).

Использование smart-стандартов обеспечивает сокращение издержек, вызванных необходимостью вносить изменения в документы и процессы при изменении нормативной документации, их затрагивающей, а также передачу требования на каждом этапе жизненного цикла продукции без временных потерь и ошибок [3-5].

Поскольку текущая документация в основном представлена в традиционной форме, разработан метод поддержки принятия решений по переводу нормативной правовой документации из традиционного формата в smart-формат в соответствии с [1, 2]. Схема метода представлена на рисунке 1.

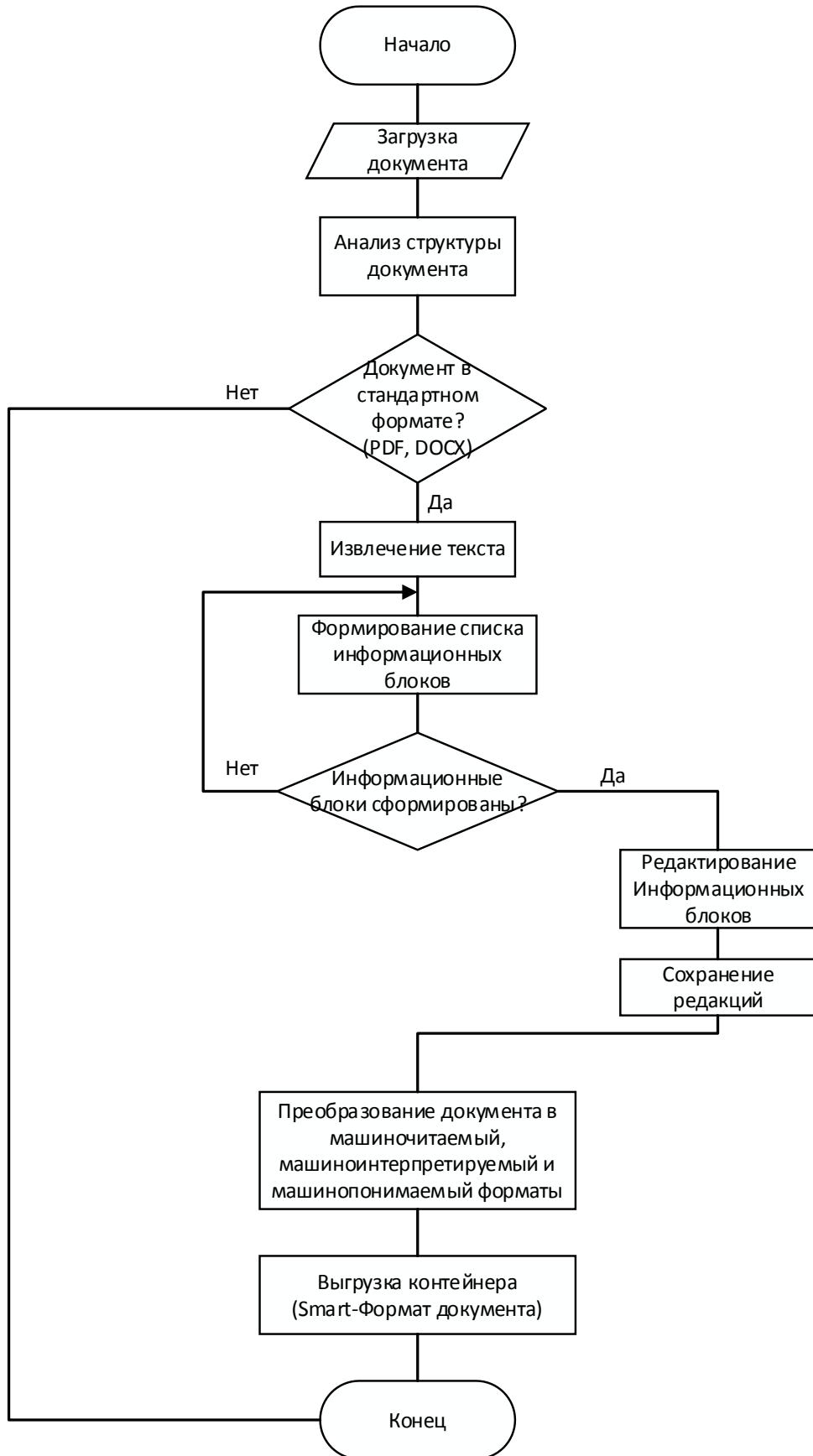


Рисунок 1 – Схема метода поддержки принятия решений

На основе smart-стандарта реализуется определение несоответствий в документации согласно алгоритму, представленному на рисунке 2.

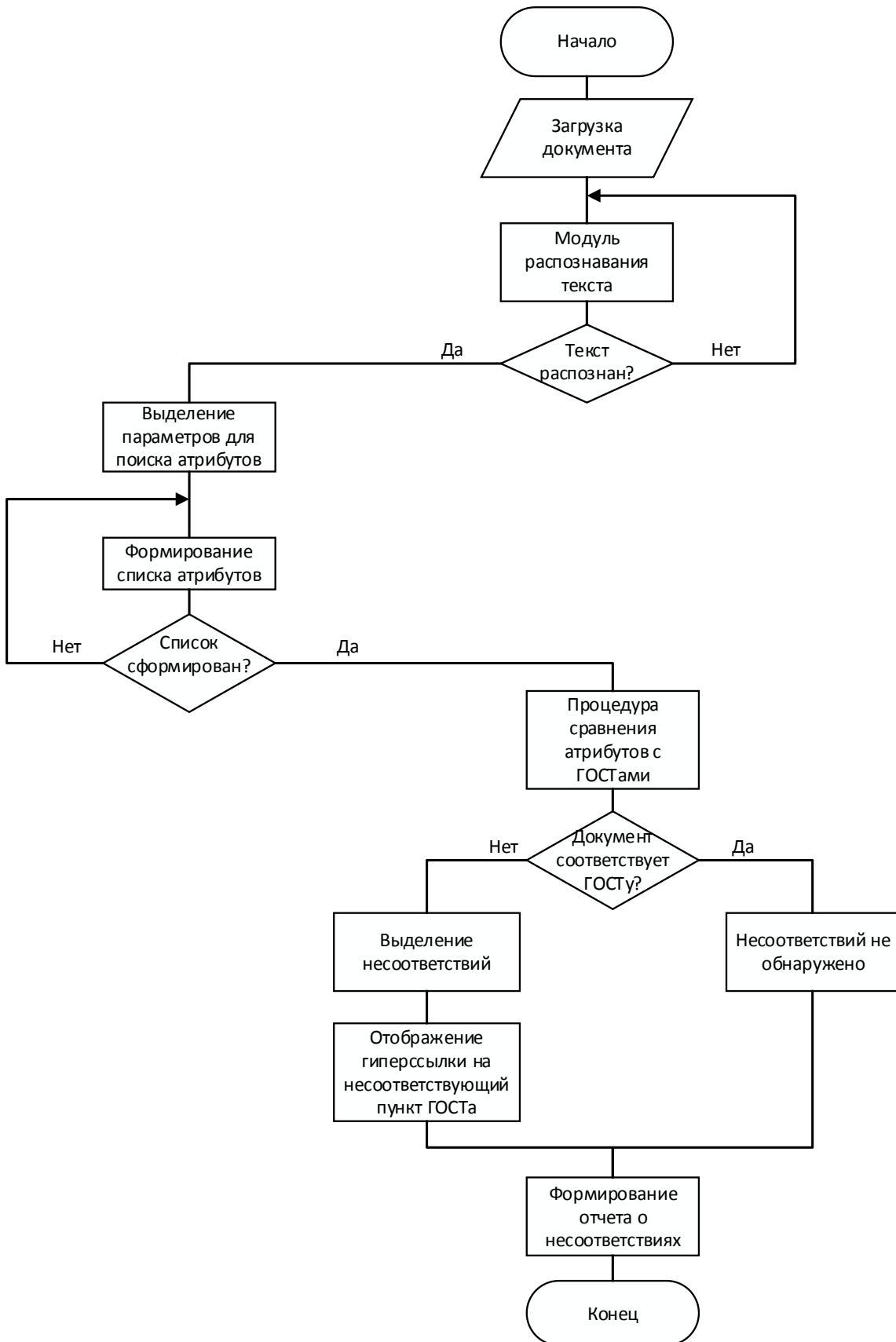


Рисунок 2 – Схема алгоритма определения несоответствий в smart-стандарте

Разработанные метод и алгоритм реализованы в программной системе, построенной на основе SDK для текстопонимания и текстогенерации (разработчик – ООО «Открытый код») [6].

Схема архитектуры представлена на рисунке 3.

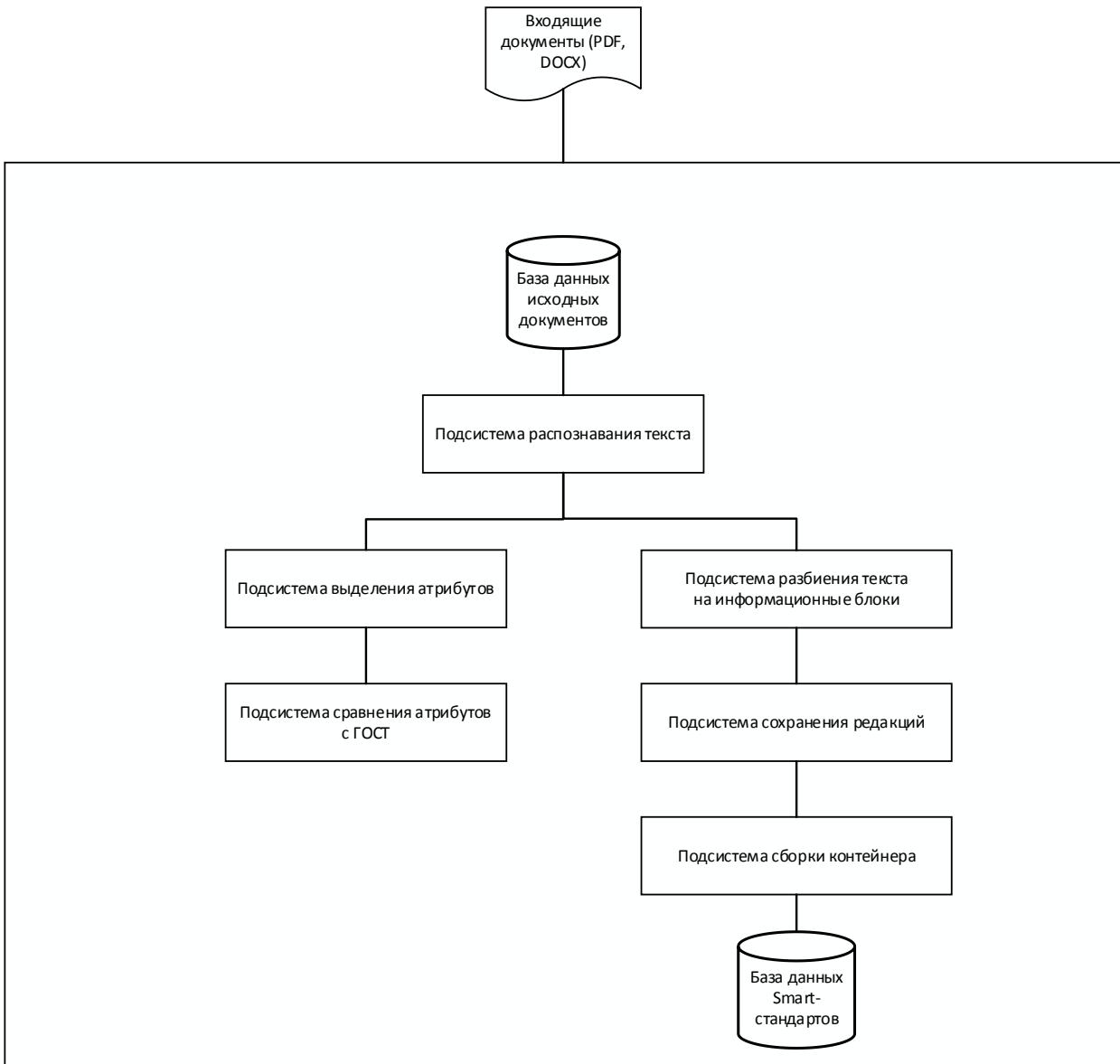


Рисунок 3 – Архитектурная модель программной системы

С помощью программной системы формируется единая электронная база знаний документации, что позволяет ускорить процесс работы с данными, повысить точность и качество обработки информации, а также обеспечить ее доступность и переиспользование (рисунок 4).

В системе реализована возможность загрузки документа с устройства пользователя. При загрузке документа система распознает тип документа. Для поиска несоответствий в системе задействована технология интеллектуального матчинга, которая извлекает атрибуты и сверяет их по базе знаний (рисунок 5).

Информационные блоки редактируются, сохраняются, предоставляется возможность просмотра истории редакций и внесенных изменений. Пользователь может скачать блок стандарта в двух форматах: XML и DOCX.

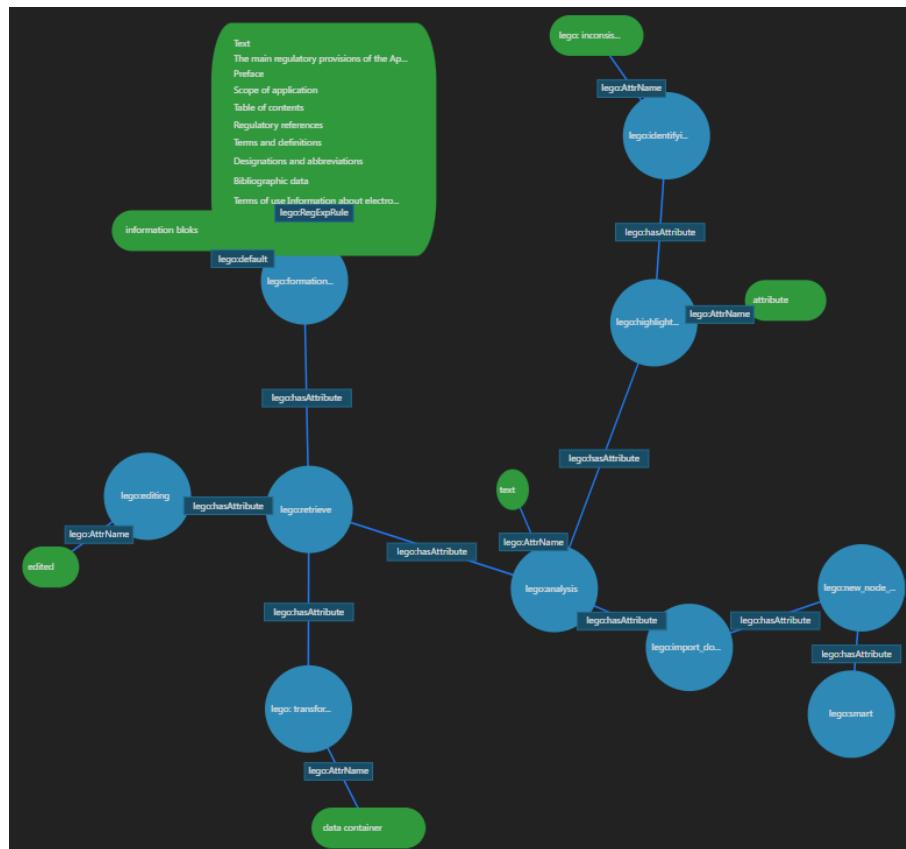


Рисунок 4 – База знаний программной системы

Последние открытые		Проверка	Выявление несоответствий
STO_1011-2019.PDF	25.04.2024 13:23	STO_1011-2019.PDF	Не соответствует ГОСТ 19.102-77 Пункт 8.13 не соответствует пункту 3 таблицы из ГОСТа.
GOST_19.102-77.pdf	25.04.2024 13:23		Не соответствует ГОСТ 19.102-77 Пункт 9.3 не соответствует пункту 4 таблицы ГОСТа.
тест файл.pdf	23.04.2024 10:57		Не соответствует ГОСТ 19.102-77 В пункте 10 недостаточно информации, несоответствие с пунктом 5 таблицы ГОСТа.
STO_1012-2019.docx	23.04.2024 10:36		
GOST_P_59793-2021.pdf	22.04.2024 15:49		
GOST_P_51904-2002.pdf	17.04.2024 14:34		

Рисунок 5 – Работа с текстом smart-стандарта и поиск несоответствий

Ожидается, что разработанная программная система может быть использована как предобработчик для переноса архивной документации в цифровой smart-формат.

Список использованных источников

1. ПНСТ 864-2023 «Умные (smart) стандарты. Общие положения».
2. ISO Standards Tag Set (ISOSTS).
3. Четыркина Н. Ю., Стародубцева Е. Д. Перспективы применения смарт-стандартов на промышленном предприятии // Общество: политика, экономика, право. – 2022. – №. 5 (106). – С. 60-65.
4. Белая, М. Н. Smart-стандарты - новый взгляд на цифровизацию / М.Н. Белая // Информационные системы и технологии в моделировании и управлении : Сборник трудов VII Международной научно-практической конф. – Симферополь: Ариал, 2023. – С. 228-231.
5. Маслова Т. И. и др. Оцифровка отечественного классификатора продукции как фактор внедрения smart-стандартов в России // Инновационная наука. – 2022. – №. 6-2. – С. 15-19.
6. Технологии текстопонимания и текстогенерации для юридических информационных систем / М. В. Александрова, О. К. Головнин, А. В. Иващенко [и др.] // Научно-технический вестник Поволжья. – 2022. – № 11. – С. 158-162. – EDN IPMDKX.

Shestakova M.V.^{1,2}, Kosova V.M.^{1,2}, Golovnin O.K.^{2,3}

DECISION SUPPORT METHOD IN THE PROCESS OF FORMING SMART STANDARDS

¹ *Open Code LLC, Samara*

² *Samara University, Samara*

³ *Samara State Medical University, Samara*

The article describes the method of decision support in the process of developing smart standards in accordance with Russian PNST 864-2023 "Smart standards. General provisions." It is assumed that the smart standard is formed on the basis of the text and structure of a regulatory legal document, presented in a traditional human-readable form in PDF format.

Keywords: OCR, smart standard.

СПИСОК АВТОРОВ СБОРНИКА

Михеева Татьяна Ивановна, доктор технических наук, профессор кафедры информационных систем и технологий Самарского университета (национального исследовательского университета), генеральный директор группы компаний «ИнтелТранС» (ITSGIS).

Хайтбаев Валерий Абдурахманович, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Экономика и логистика на транспорте» Самарского государственного университета путей сообщения.

Головнин Олег Константинович, доцент, кандидат технических наук, заведующий кафедрой медицинской физики, математики и информатики, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (сокращенное наименование: ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России).

Головнина Анастасия Александровна, доцент кафедры информационных систем и технологий, Самарский университет.

Иващенко Антон Владимирович, профессор, доктор технических наук, директор Передовой медицинской инженерной школы, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (сокращенное наименование: ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России).

Исхаков Алмаз Раилевич, Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы.

Исхакова Сафина Алмазовна, Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы.

Косова Валерия Михайловна, аналитик управления проектно-аналитической и инновационной деятельности, ООО "Открытый код".

Смолев Александр Михайлович, аспирант Самарского университета им. академика С.П. Королева (национального исследовательского университета), программист научно-производственного центра «Интеллектуальные транспортные системы».

Трушляков Валерий Иванович, доктор технических наук, профессор кафедры авиа- и ракетостроения Омского государственного технического университета.

Чекина Елена Владимировна, ассистент кафедры медицинской физики, математики информатики Самарского государственного медицинского университета; специалист отдела организации дорожного движения ООО «Научно-производственный центр «Интеллектуальные транспортные системы».

Черняев Евгений Васильевич, кандидат экономических наук, воинская часть №35684.

Шестакова Мария Владимировна, аналитик управления проектно-аналитической и инновационной деятельности, ООО "Открытый код".

Юдинцев Вадим Вячеславович, доцент кафедры теоретической механики, доцент кафедры математических методов в экономике Самарского университета им. академика С.П. Королева (национального исследовательского университета).

СОДЕРЖАНИЕ

Смолев А.М., Михеева Т.И. РЕАЛИЗАЦИЯ ПЛАГИНА ДИСЛОКАЦИИ КАМЕР ФОТОВИДЕОФИКСАЦИИ НА ИНТЕРАКТИВНОЙ КАРТЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ	4
Хайтбаев В.А., Черняев Е.В. ОЦЕНКА НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ И РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	17
Хайтбаев В.А. «ГРУЗОВОЙ КАРКАС» КАК ТЕХНОЛОГИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ ГОРОДА	30
Исхаков А.Р., Исхакова С.А. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СОГЛАСОВАННОГО ДВИЖЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ В ГРУППЕ КОСМИЧЕСКИХ ТЕЛ.....	45
Трушляков В. И., Юдинцев В. В. ДЕМПФИРОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ КОСМИЧЕСКОЙ ТРОСОВОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ УВОДА КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА	55
Чекина Е.В. АНАЛИЗ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ ОБСЛЕДОВАНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ .	66
Головнина А.А., Иващенко А.В., Головнин О.К. ПРАГМАТИЧЕСКИЙ АДАПТЕР БОЛЬШИХ ДАННЫХ.....	75
Головнин О.К., Головнина А.А. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ ПЕРСОНАЛЬНОЕ ЧЕЛОВЕКОЦЕНТРИЧНОЕ ОКРУЖЕНИЕ КАК НОВАЯ МЕТАСРЕДА ОБИТАНИЯ.....	80
Шестакова М.В., Косова В.М., Головнин О.К. МЕТОД ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ ФОРМИРОВАНИЯ SMART-СТАНДАРТОВ	83

Сетевое издание

IT & TRANSPORT / ИТ & ТРАНСПОРТ

Редакционная коллегия

Главный редактор:

Михеева Татьяна Ивановна – доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и образования РФ», (Самара)

Заместители главного редактора:

Прохоров Сергей Антонович – д.т.н., заместитель генерального директора ООО «НПЦ «ИТС», заслуженный работник высшей школы РФ, академик Академии навигации и управления движением, доктор технических наук, профессор, (Самара),

Филиппова Анна Сергеевна – д.т.н., «Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы», (Уфа)

Секретарь редакционной коллегии:

Чекина Елена Владимировна – ООО «Научно-производственный центр «Интеллектуальные транспортные системы», (Самара)

Редакционный совет:

Бурдин Антон Владимирович – д.т.н., «Санкт-Петербургский Государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича», (Санкт-Петербург),

Гераськин Михаил Иванович – д.э.н., Самарский университет, (Самара),

Жанказиев Султан Владимирович – д.т.н., интеллектуальные транспортные системы» МАДИ, (Москва),

Заболотнов Юрий Михайлович – д.т.н., Самарский университет, (Самара),

Зырянов Владимир Васильевич – д.т.н., РГСУ, (Ростов-на-Дону),

Иващенко Антон Владимирович – д.т.н., Передовая медицинская инженерная школа Самарского государственного медицинского университета Министерства здравоохранения Российской Федерации, (Самара),

Минниханов Рифкат Нургалиевич – д.т.н., ГБУ «Безопасность дорожного движения», (Казань),

Хайтбаев Валерий Абдурахманович – д.э.н., Самарский университет, (Самара), Самарский университет, (Самара),

Зеленко Лариса Сергеевна – к.т.н., Самарский университет, (Самара),

Золотовицкий Аркадий Владимирович – к.т.н., Самарский университет, (Самара),

Михеев Сергей Владиславович – к.т.н., ООО «Научно-производственный центр «Интеллектуальные транспортные системы», (Самара),

Сапрыкин Олег Николаевич к.т.н., Самарский университет, (Самара),

Сапрыкина Ольга Валерьевна – к.т.н., Самарский университет, (Самара),

Федосеев Александр Андреевич – к.т.н., ОАО «РКУ «Прогресс», (Самара),

Шопин Андрей Геннадьевич – к.т.н., ООО«СМС-информационные технологии», (Самара).

Издательство ООО «НПЦ «ИТС»
443099, Самарская обл., г.о. Самара, г. Самара,
вн. р-н Самарский, ул. Куйбышева, д. 71, оф. 2

Подписано к выпуску 17.03.2024.

Распространяется бесплатно

Учредитель
ООО «НПЦ «ИТС»
Адрес редакции журнала «IT & Транспорт»
443125, г. Самара, пр. Кирова, 328, 67