

ISSN 2073-7432

МИР ТРАНСПОРТА
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№ 1-3 (84) 2024

<p>Главный редактор: Новиков А.Н. д-р техн. наук, проф.</p> <p>Заместители главного редактора: Васильева В.В. канд. техн. наук, доц. Родимцев С.А. д-р техн. наук, доц.</p> <p>Редколлегия: Агеев Е.В. д-р техн. наук, проф. (Россия) Агуреев И.Е. д-р техн. наук, проф. (Россия) Басков В.Н. д-р техн. наук, проф. (Россия) Власов В.М. д-р техн. наук, проф. (Россия) Глаголев С.Н. д-р техн. наук, проф. (Россия) Демич М. д-р техн. наук, проф. (Сербия) Денисов А.С. д-р техн. наук, проф. (Россия) Евтюков С.А. д-р техн. наук, проф. (Россия) Жаковская Л. д-р наук, проф. (Польша) Жанказиев С.В. д-р техн. наук, проф. (Россия) Захаров Н.С. д-р техн. наук, проф. (Россия) Зырянов В.В. д-р техн. наук, проф. (Россия) Прентковский О. д-р техн. наук, проф. (Литва) Пржибыл П. д-р техн. наук, проф. (Чехия) Пугачёв И.Н. д-р техн. наук, доц. (Россия) Пушкарёв А.Е. д-р техн. наук, проф. (Россия) Рассоха В.И. д-р техн. наук, проф. (Россия) Ременцов А.Н. д-р пед. наук, проф. (Россия) Ризаева Ю.Н. д-р техн. наук, доц. (Россия) Сарбаев В.И. д-р техн. наук, профессор (Россия) Трофименко Ю.В. д-р техн. наук, проф. (Россия) Трофимова Л.С. д-р техн. наук, доц. (Россия) Шарата А. д-р наук, проф. (Польша)</p> <p>Ответственный за выпуск: Акимочкина И.В.</p> <p>Адрес редколлегии: 302030, Россия, Орловская обл., г. Орёл, ул. Московская, 77 Тел. +79058566556 https://oreluniver.ru/science/journal/mtitm E-mail: srmostu@mail.ru</p> <p>Зарегистрировано в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство: ПИ № ФС77-67027 от 30.08.2016г.</p> <p>Подписной индекс: 16376 по объединенному каталогу «Пресса России» на сайтах www.ppressa-ru.ru и www.akc.ru</p> <p>© Составление. ОГУ имени И.С. Тургенева, 2024</p>	<h2>Содержание</h2> <p>Материалы IX международной научно-практической конференции «Информационные технологии и инновации на транспорте»</p> <p><i>Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте</i></p> <p><i>И.В. Жилин Информационная безопасность предприятий автосервисной отрасли</i>..... 3</p> <p><i>Управление процессами перевозок</i></p> <p><i>Л.Е. Куценко, С.В. Куценко, Л.А. Королёва, А.Ю. Савенкова Влияние водительского стажа на аварийность</i>..... 12</p> <p><i>А.Н. Новиков, С.А. Жесткова Методика проектирования кольцевых маршрутов с обратным грузом</i>..... 19</p> <p><i>В.В. Зырянов, Е.Ю. Семчугова, М.Р. Караева, А.А. Костенко Повышение качества прогнозирования объемов перевозок с использованием нейронных сетей</i>..... 27</p> <p><i>М.П. Каретникова, А.И. Маслеев, А.Д. Кулязин, Д.Ю. Козинко Сравнительный анализ алгоритма пчелиной колонии и яндекса маршрутизации в аспекте решения задачи маршрутизации транспорта</i>..... 35</p> <p><i>Эксплуатация автомобильного транспорта</i></p> <p><i>А.А. Воробьев, С.А. Воробьев, Е.С. Трофимов, П.А. Разумов Действие системы топливных элементов на основе протонообменной мембраны на автомобильном транспорте</i>..... 42</p> <p><i>Я.В. Васильев, М.Д. Алексеев, А.Н. Новиков, Д.С. Михалёва Методика формирования границ уровней пассивной безопасности в задачах экспертной профилактики ДТП</i>..... 49</p> <p><i>Н.В. Лобов, В.В. Афанасьев Особенности испытаний тяговых электродвигателей автотранспортных средств под нагрузкой</i>..... 58</p> <p><i>Д.С. Беляев, Е.М. Генсон, Н.В. Лобов, М.А. Вахрушев Результаты натурного эксперимента по установлению зависимости потребляемой мощности электро-мобилем от внешних факторов</i>..... 63</p> <p><i>И.А. Новиков, Д.А. Лазарев, Е.И. Зиборова, А.Г. Жихарев Совершенствование дорожно-транспортной экспертизы в сфере безопасности дорожного движения путем внедрения методологии комплексного определения составляющих механизма дорожно-транспортных происшествий</i>..... 71</p> <p><i>Е.В. Сорокина, Е.В. Голов, С.С. Евтюков Специфика образования факторов риска ДТП в подсистеме «автомобильная дорога»</i>..... 82</p> <p><i>Интеллектуальные транспортные системы</i></p> <p><i>А.А. Бурьгин, Д.Б. Ефименко, И.А. Леонов, С.И. Грунин Вопросы реализации информационной модели «интеллектуального» автомобильного пункта пропуска через таможенную границу в обеспечении транзитных перевозок</i>..... 94</p> <p><i>Ван Жуньчжоу Особенности методов разработки архитектуры интеллектуальных транспортных систем в Китайской народной республике</i>..... 103</p> <p><i>А.Н. Новиков, Е.В. Мирошников Практическая реализация принципов интеллектуального управления транспортными потоками в городе Белгороде</i>..... 111</p> <p><i>Логистические транспортные системы</i></p> <p><i>Г.Л. Бродецкий, Д.А. Гусев Эффективные процедуры фильтрации альтернатив транспортного обеспечения поставок на основе специального миноритарного подхода</i>..... 119</p>
--	--

Журнал входит в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук» ВАК по научным специальностям: 2.9.1. Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте, 2.9.4. Управление процессами перевозок, 2.9.5. Эксплуатация автомобильного транспорта, 2.9.8. Интеллектуальные транспортные системы, 2.9.9. Логистические транспортные системы

World of transport and technological machines

Scientific and technical journal

Published since 2003

A quarterly review

№ 1-3(84) 2024

Founder - Federal State Budgetary Educational Institution of Higher
Education «Orel State University named after I.S. Turgenev»
(Orel State University)

<p><i>Editor-in-Chief</i> A.N. Novikov <i>Doc.Eng., Prof</i></p> <p><i>Associates Editor</i> V.V. Vasileva <i>Can. Eng.</i> S.A. Rodimzev <i>Doc. Eng.</i></p> <p><i>Editorial Board:</i> E.V. Ageev <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> I.E. Agureev <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> V.N. Baskov <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> V.M. Vlasov <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> S.N. Glagolev <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> M. Demic <i>Doc. Eng., Prof. (Serbia)</i> A.S. Denisov <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> S.A. Evtyukov <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> L. Żakowska <i>Ph.D., Doc. Sc., Prof. (Poland)</i> S.V. Zhankaziev <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> N.S. Zaharov <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> V.V. Zyryanov <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> O. Prentkovskis <i>Doc. Eng., Prof. (Lithuania)</i> P. Pribyl <i>Doc. Eng., Prof. (Czech Republic)</i> I.N. Pugachev <i>Doc. Eng. (Russia)</i> A.E. Pushkarev <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> V.I. Rassoha <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> A.N. Rementsov <i>Doc. Edc., Prof. (Russia)</i> Yu.N. Rizaeva <i>Doc. Eng. (Russia)</i> V.I. Sarbaev <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> Yu.V. Trofimenko <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> L.S. Trofimova <i>Doc. Eng. (Russia)</i> A. Szarata <i>Ph.D., Doc. Sc., Prof. (Poland)</i></p> <p><i>Person in charge for publication:</i> I.V. Akimochkina</p> <p><i>Editorial Board Address:</i> 302030, Russia, Orel, Orel Region, Moskovskaya str., 77 Tel. +7 (905)8566556 https://oreluniver.ru/science/journal/mtitm E-mail: srmostu@mail.ru</p> <p>The journal is registered in Federal Agency of supervision in sphere of communication, information technology and mass communications. Registration Certificate ПИ № ФС77-67027 of August 30 2016</p> <p>Subscription index: 16376 in a union catalog «The Press of Russia» on sites www.pressa-rf.ru and www.akc.ru</p> <p>© Registration. Orel State University, 2024</p>	<h2>Contents</h2> <p>Proceedings of the IX International Scientific and Practical Conference «Information Technologies and Innovations in Transport»</p> <p><i>Transport and transport-technological systems of the country, its regions and cities, organization of production in transport</i></p> <p>I.V. Zhilin <i>Information security of car service industry enterprises</i> 3</p> <p><i>Management of transportation processes</i></p> <p>L.E. Kushchenko, S.V. Kushchenko, L.A. Korolyova, A.Yu. Savenkova <i>The influence of driving experience on traffic accident rate</i> 12 A.N. Novikov, S.A. Zhestkova <i>Methodology for designing ring routes with return cargo</i> 19 V.V. Zyryanov, E.Y. Semchugova, M.R. Karaeva, A.A. Kostenko <i>Improving the quality of forecasting transportation volume using neural networks</i> 27 M.P. Karetnikova, A.I. Masleev, A.D. Kulyazin, D.Y. Kozinov <i>Comparative analysis of the bee colony algorithm and yandex routing in the aspect of solving the problem of transport routing</i> 35</p> <p><i>Operation of motor transport</i></p> <p>A.A. Vorobyov, S.A. Vorobyov, E.S. Trofimov, P.A. Razumov <i>Operation of a fuel cell system based on a proton exchange membrane in road transport</i> 42 Ya.V. Vasiliev, M.D. Alekseev, A.N. Novikov, D.S. Mikhalyova <i>Methodology of forming the boundaries of passive safety levels in the tasks of expert prevention of road traffic accident</i> 49 N.V. Lobov, V.V. Afanasiev <i>Features of testing electric motors of motor vehicles under load</i> 58 D.S. Belyaev, E.M. Genson, N.V. Lobov, M.A. Vakhrushev <i>The results of a full-scale experiment to establish the dependence of electric vehicle power consumption on external factors</i> 63 I.A. Novikov, D.A. Lazarev, E.I. Ziborova, A.G. Zhikharev <i>Improvement of road transport expertise in the field of road safety through the introduction of a methodology for the comprehensive determination of the components of the mechanism of road accidents</i> 71 E.V. Sorokina, E.V. Golov, S.S. Evtyukov <i>The specifics of the formation of accident risk factors in the «highway» subsystem</i> 82</p> <p><i>Intelligent transport systems</i></p> <p>A.A. Burygin, D.B. Efimenko, I.A. Leonov, S.I. Grunin <i>Issues of implementation of the information model of the «intelligent» vehicle checkpoint through the customs border in ensuring transit transportation</i> 94 Wang Runzhou <i>Features of methods for developing the architecture of intelligent transport systems in the people's republic of China</i> 103 A.N. Novikov, E.V. Miroshnikov <i>Practical implementation of the principles of intelligent traffic management in the city of Belgorod</i> 111</p> <p><i>Logistic transport systems</i></p> <p>G.I. Brodetskiy, D.A. Gusev <i>Effective procedures for filtering alternatives for supply transportation based on a special minority approach</i> 119</p>
---	--

The journal is included in the «List of peer-reviewed scientific publications in which the main scientific results of dissertations for the degree of candidate of science, for the degree of doctor of sciences» of the Higher Attestation Commission (VAK) in the scientific specialties: 2.9.1. Transport and transport-technological systems of the country, its regions and cities, organization of production in transport, 2.9.4. Management of transportation processes, 2.9.5. Operation of motor transport, 2.9.8. Intelligent transport systems, 2.9.9. Logistic transport systems

**ТРАНСПОРТНЫЕ И ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ
СТРАНЫ, ЕЕ РЕГИОНОВ И ГОРОДОВ, ОРГАНИЗАЦИЯ
ПРОИЗВОДСТВА НА ТРАНСПОРТЕ**

Научная статья

УДК 004.056.5:656.071.8

doi:10.33979/2073-7432-2024-1-3(84)-3-11

И.В. ЖИЛИН

**ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЙ
АВТОСЕРВИСНОЙ ОТРАСЛИ**

***Аннотация.** Рассмотрена проблема информационной безопасности при функционировании автосервисных предприятий. Показана актуальность данной проблемы и сформулирована цель исследования. В качестве основы рассмотрены вопросы организации и управления на предприятии. Показаны особенности и порядок составления модели угроз информации.*

***Ключевые слова:** информация, информационные технологии, информационная система, безопасность информации, модель угроз информации, методика обеспечения информационной безопасности*

Введение

В последнее время отчетливо наблюдается процесс цифровизации информации и автоматизации информационных процессов. Этот процесс неизбежен поскольку сулит немало выгод как для общества в целом, так и для отдельных предприятий. Для последних применение современных информационных технологий позволяет работать с большими объемами информации, повышается оперативность и снижается стоимость работы с информацией. На предприятиях все большее применение находят автоматизированные системы управления. Причем хорошо заметно расширение их применения от отдельных производственных процессов до предприятия в целом.

Таким образом, информационная составляющая приобретает все большую значимость для функционирования предприятия. Можно отметить следующие особенности современных информационных технологий:

- расширение сфер применения автоматизированных процессов при обработке информации, в том числе при управлении производством или даже всем предприятием;
- интеграция разнонаправленных функций в единую автоматизированную систему с разнесением этих функций по разным рабочим местам;
- вовлечение одновременно всё большего числа сотрудников для работы в единой информационной системе, которая функционирует на базе локальных или даже глобальных сетей;
- постоянное развитие увеличения возможностей программных и производительности аппаратных средств компьютерных систем при все большей конкуренции их производителей;
- все менее затратное накопление и длительное хранение больших объемов информации на электронных носителях;
- интеграция в единую базу данных информации различной направленности и формы представления;
- увеличение количества пользователей различной категории и с различными полномочиями с санкционированным доступом к информации в системе;
- рост стоимости программных и аппаратных средств информационных систем.

С другой стороны сегодня наблюдаются процессы, которые приводят к негативным процессам по отношению к информации и средств работы с ней. В законодательстве появляется все больше нормативных документов, регламентирующих работу с информацией. Появилось понятие компьютерных преступлений, их количество неуклонно увеличивается, возрастает их удельный вес по размерам ущерба в общей доле материальных потерь от обычных видов преступлений. При этом иногда при потере информации ущерб может быть вообще невосполним.

В связи со сказанным актуальна проблема создания условий информационной безопасности и нейтрализации угроз информации. Этим вопросам в последнее время уделяется все больше внимания. Создаются соответствующие теории, методики, оборудование. Готовятся специалисты по информационной безопасности. Однако на практике все это применяется ещё недостаточно, в том числе и на предприятиях автосервисной отрасли. Анализ публикаций в Интернете, посвященных этой тематике, показывает их полное отсутствие.

Материал и методы

Целью настоящей работы является на основе модели разработка методики определения и оценки угроз информации, их нейтрализации и повышения тем самым информационной безопасности предприятий автосервисной отрасли.

Предлагаемая методика предполагает учет не только факторов, связанных с информационными технологиями, но также производственных и организационно-структурных. Это объясняется тем, что информационная составляющая является частью системы управления предприятием. Тем самым обеспечивается комплексность и сбалансированность этой системы [1]. Кроме того, специалист по информационным технологиям и информационной безопасности не всегда хорошо знаком со спецификой строения и функционирования автосервисных предприятий. Ему будет сложно точно и всеобъемлюще описать и информационную составляющую предприятия. На этом и следующих этапах для работы лучше привлекать специалистов автосервисного производства.

С точки зрения менеджмента целью автосервисного предприятия является оказание услуг по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей. Важнейшим производственным показателем для достижения этой цели является мощность предприятия, достаточная для выполнения плановых показателей производственной программы [3].

Теория

Мощность автосервисного предприятия в первую очередь определяется количеством постов технического обслуживания и ремонта, а также специализированными производственными участками и отделениями. Это можно считать базисом предприятия. Для эффективного функционирования этого основного производства необходимо организовать вспомогательные и обслуживающие подразделения. Далее производство оснащается необходимым оборудованием и формируется достаточный штат сотрудников предприятия. Тем самым формируется производственная структура предприятия, которая с учетом управленческой надстройки образует организационную структуру [2].



Рисунок 1 – Организационная структура автосервисного предприятия

Структура предприятия тесно связана с технологическими процессами производства [5]. При этом реализуется принцип членимости общей технологии на специализированные части. Таким образом она многоэтапно делится на части, вплоть до технологического процесса конкретного рабочего места.



Рисунок 2 – Общий технологический процесс автосервисного предприятия

На этом этапе целесообразно использовать моделирование бизнес-процессов (BPM, от англ. business process management). Бизнес-процесс представляет собой множество действий, направленных на достижение конкретных целей. Бизнес-процесс берет начало со заявки (спроса) потребителя и заканчивается её удовлетворением. Внутри него формируется множество событий и подпроцессов, которые должны привести к запланированному результату или на основе ряда обстоятельств привести к обоснованному отказу [6].

Для визуализации бизнес-процессов применяются различные графические нотации, которые реализуются в форме различных модификаций блок-схем [4]. Один из самых применяемых для моделирования бизнес-процессов методов – это BPMN как система условных обозначений (нотация) и их описания в XML для моделирования функциональной последовательности работ. Среди других можно отметить EPC (событийная последовательность работ), IDEF0 (логическая последовательность работ). В настоящей работе для построения схемы (рис. 3) использована нотация BPMN.

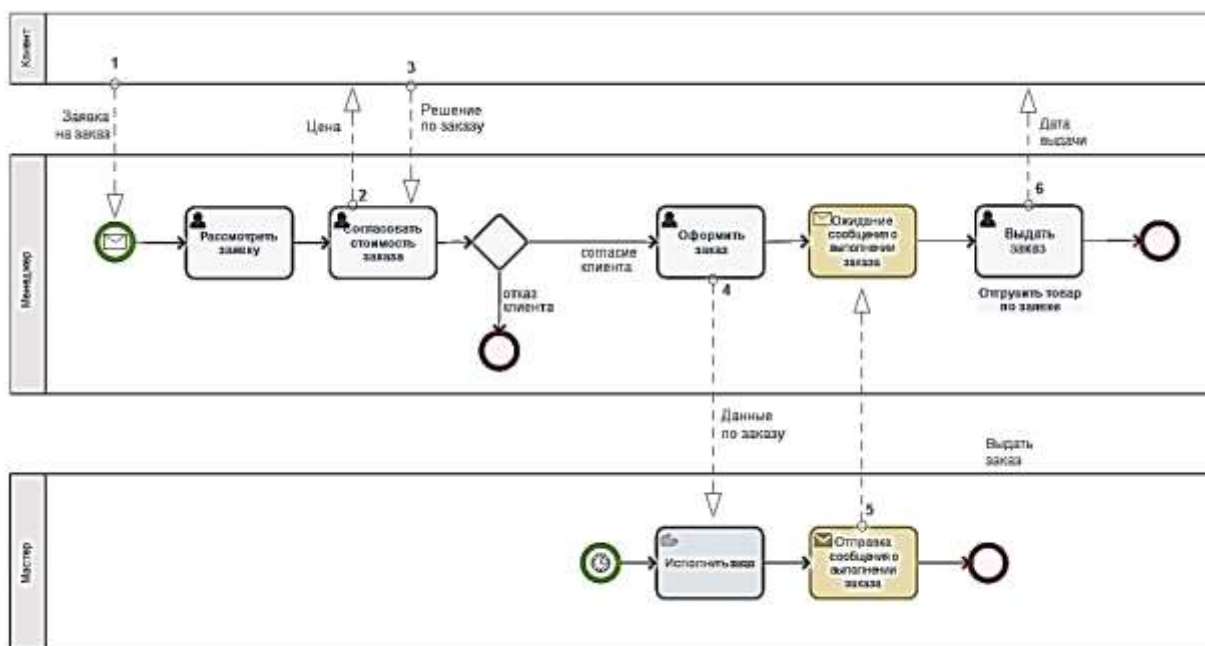


Рисунок 3 – Схема бизнес-процесса автосервисного предприятия при выполнении заказа на ремонт автомобиля

На основе структуры автосервисного предприятия и модели бизнес-процесса необходимо представить информационное взаимодействие внутри него и, в том числе, схему доку-

ментооборота (рис. 4). Это даст возможность получить четкое понимание того, как течет информация, какие подразделения или сотрудники являются ее создателями или потребителями.

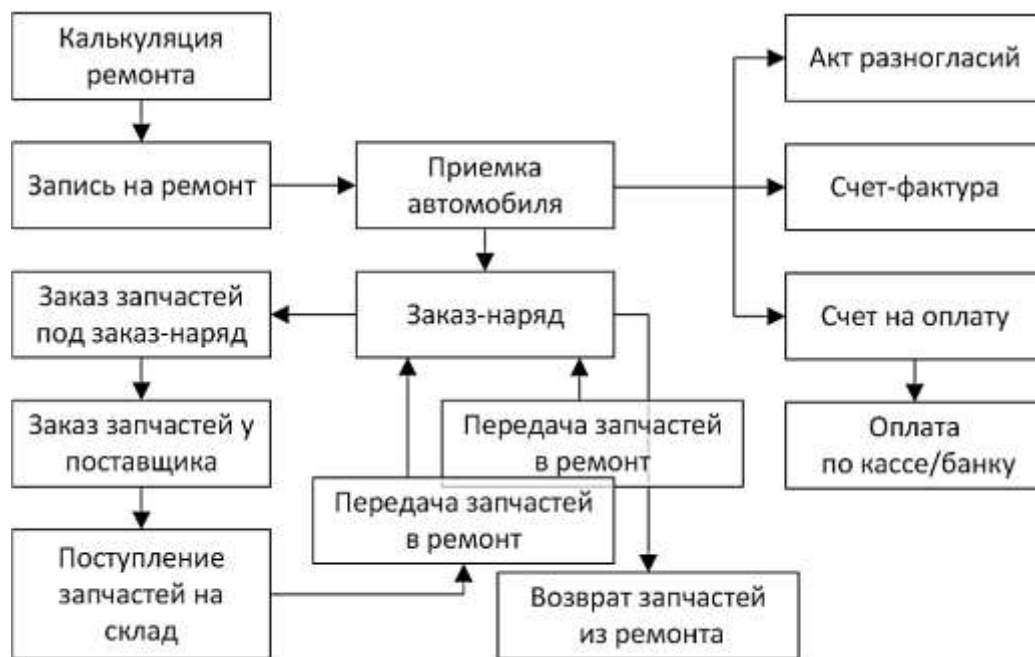


Рисунок 4 – Схема документооборота автосервисного предприятия

Вполне очевидно, что при функционировании автосервисного предприятия создается множество информации. Например, при ремонте одного автомобиля необходимо учесть сведения об автомобиле и владельце, сроках, исполнителях, запчастях и материалах, ценах и скидках и т.д. А таких автомобилей будет большое количество. Наиболее эффективно сегодня работать с информацией в электронной форме и иметь дубликаты основных первичных и сводных документов в бумажной форме. Для этого разработаны разнообразные автоматизированные информационные системы, такие как 1С-Рарус: Альфа-Авто, Автодилер и пр [7-9].

Автоматизированные информационные системы для автосервисов – это одно из высокоэффективных средств, основанных на современных информационных технологиях, которые позволяют получить возможность планирования и контроля деятельности предприятия, значительно повысить производительность работы персонала, увеличить степень загрузки оборудования, снизить потери материалов и ресурсов, обеспечить гибкость подходов при работе с клиентами и т.д.

Основные необходимые возможности программных комплексов такой направленности:

- создание заказ-нарядов, которые являются основным документом в автосервисе, и их проводка в системе;
- ведение складских запасов – это дает возможность более точной оценки необходимых запчастей и материалов, используемых в работах, и плановой или оперативной их закупки у проверенных поставщиков;
- ведение и использование различных справочников, в том числе и сторонних, что существенно облегчает ввод информации в систему;
- запись клиента и календарное планирование работ, что позволяет удобно организовывать работы на производстве, выровнять загрузку персонала, уменьшить потери времени клиентов;
- формирование документов для оплаты и учет кассовых операций;
- выгрузка информации в бухгалтерские программы, что позволяет существенно уменьшить затраты бухгалтера на ввод первичной информации и тем самым снизить сто-

имость бухгалтерского обслуживания предприятия.

И это далеко не полный список различных возможностей программ. Программы позволяют существенно улучшить деятельность автосервиса, за счет обработки большого объема информации, оперативности, гибкости настройки и адаптации к конкретным условиям производства. Они позволяют видеть всю информацию о проводимых работах на предприятии, их стоимости, загрузке оборудования и персонала, расчета заработной платы и стоимости работ для клиента.

Таким образом, применение автоматизированных методов работы с информацией дает несомненные преимущества по сравнению с бумажными, но возникает проблема обеспечить их надежность и безопасность.

Здесь необходимо уточнить, что сегодня информационная безопасность понимается как множество всех аспектов, связанных с определением, достижением и поддержанием в первую очередь конфиденциальности, целостности, доступности, а также неотказуемости, подотчетности, аутентичности и достоверности информации или средств её обработки.

Системный подход к описанию информационной безопасности предлагает выделить следующие составляющие информационной безопасности:

- 1) законодательная, нормативно-правовая и научная база;
- 2) структура и задачи органов (подразделений), обеспечивающих безопасность ИТ;
- 3) организационно-технические и режимные меры и методы (Политика информационной безопасности);
- 4) программно-технические способы и средства обеспечения информационной безопасности.

В связи со сказанным информационную систему предприятия следует понимать шире, чем просто программное обеспечение. Сюда надо добавить компьютерные средства, инфраструктуру, персонал и пр.

Информационная безопасность базируется на четком и всеобъемлющем учете угроз информации (потенциальных или реально существующих). Через уязвимость информационной системы источник угроз (физическое лицо, материальный объект или физическое явление) путем их реализации осуществляет несанкционированный доступ. В результате может быть утечка, искажение, уничтожение защищаемой информации, блокирование доступа к ней.

В настоящее время для разработки методов обеспечения информационной безопасности применяются риск ориентированные подходы. В качестве основы можно рекомендовать следующий нормативный документ: Методический документ «Методика оценки угроз безопасности информации» (утв. Федеральной службой по техническому и экспортному контролю 5 февраля 2021 г.) [10]. Но у него есть некоторые ограничительные особенности. Он обязателен для применения в системах и сетях, отнесенных к государственным и муниципальным информационным системам, информационным системам персональных данных, значимым объектам критической информационной инфраструктуры Российской Федерации и т.п. И второе эта методика ориентирована на оценку антропогенных угроз безопасности информации, возникновение которых обусловлено действиями нарушителей [11-13].

Однако методика ФСТЭК может быть использована и для коммерческих предприятий и при этом легко расширена по угрозам безопасности.

Основными задачами, решаемыми в ходе оценки угроз безопасности информации, являются:

- 1) определение негативных последствий, которые могут наступить от реализации (возникновения) угроз безопасности информации;
- 2) инвентаризация систем и сетей и определение возможных объектов воздействия угроз безопасности информации;
- 3) определение источников угроз безопасности информации и оценка возможностей нарушителей по реализации угроз безопасности информации;
- 4) оценка способов реализации (возникновения) угроз безопасности информации;

5) оценка возможности реализации (возникновения) угроз безопасности информации и определение актуальности угроз безопасности информации;

б) оценка сценариев реализации угроз безопасности информации в системах и сетях.

Результаты и обсуждение

По результатам оценки, проведенной в соответствии с этой методикой, должны быть выявлены актуальные угрозы безопасности информации, реализация (возникновение) которых может привести к нарушению безопасности, обрабатываемой в системах и сетях информации и (или) к нарушению, прекращению функционирования информационных систем [14].

Результаты оценки угроз безопасности информации отражаются в модели угроз, которая представляет собой описание систем и сетей и актуальных угроз безопасности информации [15].

Модель угроз (безопасности информации) – это физическое, математическое, описательное представление свойств или характеристик угроз безопасности информации. Это – один из главных элементов всего пакета внутренних документов ИБ, который должен содержать выявление вероятных угроз для информационной системы. На основе разработанной модели угроз безопасности информации определяются негативные последствия от их реализации вплоть до оценки рисков (ущерб).

Этапы построения модели угроз:

- 1) определение области действия модели угроз ИБ;
- 2) идентификация угроз ИБ и их источников;
- 3) оценка актуальности угроз;
- 4) мониторинг и переоценка угроз.

Далее следует определить возможные объекты (ресурсы и компоненты систем) воздействия угроз безопасности информации (утечка, отказ в обслуживании, нарушение функционирования и пр.). При этом учитывается не только содержательная информация, но и системные, конфигурационные, иные служебные данные. На основе выбранных объектов, по сути, определяется граница создаваемой модели.

Следующим этапом дается оценка возможности возникновения и реализации угроз безопасности информации и определение их актуальности [16-18]. При этом определяются актуальные источники угроз, перечисляются возможные способы возникновения и реализации угроз, производится оценка актуальности угроз. Источниками угроз надо рассматривать объекты, процессы или явления антропогенного, техногенного и стихийного характера, как внутренние, так и внешние.

Модель должна быть выполнена в виде документа, назначение которого – определить угрозы, актуальные для конкретной системы. Методика ФСТЭК рекомендует следующее содержание документа (рис. 5).

В качестве математических методов рассматриваемой методики применяются некоторые методы принятия решений, таких как метод ранжирования, экспертный метод и т.п. Как правило здесь для получения первичных данных используются качественные шкалы оценивания, на основании которых переходят к количественным методам, например при определении оценки риска [19, 20].

Выводы

В завершении необходимо разработать организационно-технические мероприятия, которые уменьшают риск реализации угроз информации или полностью эти угрозы нейтрализуют.

Подводя итоги, можно представить обобщенно следующую методику:

- 1) проанализировать структуру автосервисного предприятия на предмет ее соответствия плановой производственной программе. Составить организационную структуру предприятия;
- 2) рассмотреть и представить технологический процесс автосервисного предприятия,

причем с достаточным уровнем детализации;

3) составить схему бизнес-процесса предприятия, причем не только основного производства, но вспомогательных и обслуживающих подразделений;

4) составить схему документооборота предприятия с достаточной степенью детализации;

5) проанализировать структуру и функции автоматизированной информационной системы и ее соответствие структуре предприятия;

6) разработать подробную модель угроз информации;

7) разработать комплекс организационно-технических и программных способов и средств обеспечения информационной безопасности.

Введение	
Системы и сети	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Информация о всех функционирующих системах и сетях (наименования, классы защищенности, задачи, бизнес-процессы, архитектуру, описание групп пользователей, интерфейсов нормативно-правовую базу функционирования)
Последствия	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Описание видов ущерба, актуальных для владельца ИС. ▪ Описание негативных последствий, которые повлекут за собой описанный ущерб.
Объекты	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Наименования и назначения компонентов систем и сетей, воздействие на которые может привести к нежелательным последствиям.
Источники	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Категории возможных нарушителей, их характеристику и возможности.
Способы	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Способы реализации угроз, которые могут быть использованы возможными нарушителями. ▪ Интерфейсы, через которые наиболее вероятные нарушители могут реализовать атаки.
Актуальность	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Финальный список всех возможных угроз, составленный на основе всех предыдущих глав. ▪ Описание вероятных сценариев реализации и выводы об актуальности угроз.

Рисунок 5 – Содержание описания модели угроз

При разработке и реализации методики целесообразно опираться на следующие принципиальные подходы:

- необходимо стремиться к максимально полному комплексному подходу;
- обязательно учитывать требования законодательства и следовать рекомендациям методических, научных и прочих соответствующих документов;
- использовать современные математические методы, позволяющие получить более точные количественные оценки.

В качестве основного вывода можно заключить, что предлагаемая методика позволяет провести определение и оценку угроз информации, обеспечить их нейтрализацию и повысить тем самым информационную безопасность предприятий автосервисной отрасли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об информации, информационных технологиях и о защите информации: Федеральный закон от 27.07.2006 №149-ФЗ [Электронный ресурс]. 2023. URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=436808&dst=0&edition=etD&rnd=stgVA#tHkfdT80in5FOhE1>.
2. О персональных данных: Федеральный закон от 27.07.2006 №152-ФЗ [Электронный ресурс]. 2023. URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=439201&dst=0&edition=etD&rnd=stgVA#ZdzofdTtCEOCfND2>.
3. О коммерческой тайне: Федеральный закон от 29.07.2004 №98-ФЗ [Электронный ресурс]. 2023. URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=422022&dst=0&edition=etD&rnd=stgVA#PMasqdTIDso8LxQK>.

4. ГОСТ Р 53114-2008. Защита информации. Обеспечение информационной безопасности в организации. Основные термины и определения [Электронный ресурс]. 2023. URL: <https://docs.cntd.ru/document/12000>.
5. Требования к защите персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных; утв. постановлением Правительства РФ от 01.10.2012 №1119 // Российская газета. №256, 07.11.2012.
6. Методический документ. Методика оценки угроз безопасности информации; утв. ФСТЭК России 05.02.2021 [Электронный ресурс]. 2023. URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW>.
7. Методический документ. Базовая модель угроз безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах; утв. ФСТЭК РФ 15.02.2008 [Электронный ресурс]. 2023. URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=99662&dst=0&edition=etD&rnd=stgVA#hpodfdTKEN4eJqF41>.
8. Денисов И.В. Производственно-техническая инфраструктура предприятий: учебное пособие. Владимир: ВлГУ, 2016. 111 с.
9. Коростелев А.А., Жилин И.В. Развитие применения информационных технологий на автомобильном транспорте // Тенденции развития современной науки: Сборник тезисов докладов научной конференции студентов и аспирантов Липецкого государственного технического университета. В 2-х частях. Липецк: Липецкий государственный технический университет. 2017. С. 558-560.
10. Кузнецов А.С., Жилин И.В. Моделирование и оптимизация бизнес-процессов в автосервисе // Транспорт. Тенденции развития современной науки: материалы научной конференции студентов и аспирантов Липецкого государственного технического университета. Ч. 1. Липецк: Липецкий государственный технический университет. 2018. С. 175-177.
11. Введение в информационную безопасность: учебное пособие для вузов / А.А. Малюк, В.С. Горбатов, В.И. Королев и др. М.: Горячая линия-Телеком, 2020. 288 с.
12. Малыхин В.И., Моисеев С.И. Математические методы принятия решений: учебное пособие. Воронеж: ВФ МГЭИ, 2009. 102 с.
13. Мельников В.П., Клейменов С.А., Петраков А.М. Информационная безопасность и защита информации: учебное пособие для студентов учреждения высшего профессионального образования. 6-е изд., стер. М.: Академия, 2012. 330 с.
14. Компания «АвтоДилер» - разработка программ для автобизнеса [Электронный ресурс]: сайт. 2023. URL : <https://autodealer.ru/>.
15. Awad A.I., Fairhurst M. Information Security. Foundations, technologies and applications. The Institution of Engineering and Technology, 2018. 418 p.
16. Fischer R., Halibozek E., Walters D. Introduction to Security. Butterworth-Heinemann, 2019. 562 p.
17. Insua D., Baylon C., Vila J. Security Risk Models for Cyber Insurance. Chapman and Hall/CRC, 2021. 173 p.
18. Peltier T.R. Information Security Fundamentals. Auerbach Publications, 2013. 424 p.
19. Smith R.E. Elementary Information Security. 3rd Edition. Jones & Bartlett Learning, 2021. 708 p.
20. Stallings W., Brown L. Computer Security: Principles and Practice. London: Pearson Education Limited, 2018. 986 p.

Жилин Игорь Викторович

Липецкий государственный технический университет
Адрес: 398055, Россия, г. Липецк, ул. Московская, д. 30
К.т.н., доцент кафедры управления автотранспортом
E-mail: zhilin_iv@stu.lipetsk.ru

I.V. ZHILIN

INFORMATION SECURITY OF CAR SERVICE INDUSTRY ENTERPRISES

***Abstract.** The problem of information security in the functioning of car service enterprises is considered. The relevance of this problem is shown and the purpose of the study is formulated. The issues of organization and management at the enterprise are considered as a basis. The features and the procedure for compiling the information threat model are shown.*

***Keywords:** Information, information technology, information system, information security, information threat model, information security methodology*

BIBLIOGRAPHY

1. Ob informatsii, informatsionnykh tekhnologiyakh i o zashchite informatsii: Federal'nyy zakon ot 27.07.2006 №149-FZ [Elektronnyy resurs]. 2023. URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgireq=doc&base=LAW&n=436808&dst=0&edition=etD&rnd=stgVA#tHkfdT80in5FOhE1>.
2. O personal'nykh dannykh: Federal'nyy zakon ot 27.07.2006 №152-FZ [Elektronnyy resurs]. 2023. URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgireq=doc&base=LAW&n=439201&dst=0&edition=etD&rnd=stgVA#Zdzo fdTItCE0CfND2>.
3. O kommercheskoy tayne: Federal'nyy zakon ot 29.07.2004 №98-FZ [Elektronnyy resurs]. 2023. URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgireq=doc&base=LAW&n=422022&dst=0&edition=etD&rnd=stgVA#PMa sqdTIDso8LxQK>.
4. GOST R 53114-2008. Zashchita informatsii. Obespechenie informatsionnoy bezopasnosti v organizatsii. Osnovnye terminy i opredeleniya [Elektronnyy resurs]. 2023. URL: <https://docs.cntd.ru/document/12000>.
5. Trebovaniya k zashchite personal'nykh dannykh pri ikh obrabotke v informatsionnykh sistemakh personal'nykh dannykh; utv. postanovleniem Pravitel'stva RF ot 01.10.2012 №1119 // Rossiyskaya gazeta. №256, 07.11.2012.
6. Metodicheskiy dokument. Metodika otsenki ugroz bezopasnosti informatsii; utv. FSTEK Rossii 05.02.2021 [Elektronnyy resurs]. 2023. URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW>.
7. Metodicheskiy dokument. Bazovaya model' ugroz bezopasnosti personal'nykh dannykh pri ikh obrabotke v informatsionnykh sistemakh; utv. FSTEK RF 15.02.2008 [Elektronnyy resurs]. 2023. URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=99662&dst=0&edition=etD&rnd=stgVA#hpod fdTKEN4eJqF41>.
8. Denisov I.V. Proizvodstvenno-tekhnicheskaya infrastruktura predpriyatiy: uchebnoe posobie. Vladimir: VIGU, 2016. 111 s.
9. Korostelev A.A., Zhilin I.V. Razvitie primeneniya informatsionnykh tekhnologiy na avtomobil'nom transporte // Tendentsii razvitiya sovremennoy nauki: Sbornik tezisov dokladov nauchnoy konferentsii studentov i aspirantov Lipetskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. V 2-kh chastyakh. Lipetsk: Lipetskiy gosudarstvennyy tekhnicheskiiy universitet. 2017. S. 558-560.
10. Kuznetsov A.S., Zhilin I.V. Modelirovanie i optimizatsiya biznes-protsessov v avtoservise // Transport. Tendentsii razvitiya sovremennoy nauki: materialy nauchnoy konferentsii studentov i aspirantov Lipetskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. CH. 1. Lipetsk: Lipetskiy gosudarstvennyy tekhnicheskiiy universitet. 2018. S. 175-177.
11. Vvedenie v informatsionnyuyu bezopasnost': uchebnoe posobie dlya vuzov / A.A. Malyuk, V.S. Gorbatov, V.I. Korolev i dr. M.: Goryachaya liniya-Telekom, 2020. 288 s.
12. Malykhin V.I., Moiseev S.I. Matematicheskie metody prinyatiya resheniy: uchebnoe posobie. Voronezh: VF MGEI, 2009. 102 s.
13. Mel'nikov V.P., Kleymenov S.A., Petrakov A.M. Informatsionnaya bezopasnost' i zashchita informatsii: uchebnoe posobie dlya studentov uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya. 6-e izd., ster. M.: Akademiya, 2012. 330 s.
14. Kompaniya «AvtoDiler» - razrabotka programm dlya avtobiznesa [Elektronnyy resurs]: sayt. 2023. URL : <https://autodealer.ru/>.
15. Awad A.I., Fairhurst M. Information Security. Foundations, technologies and applications. The Institution of Engineering and Technology, 2018. 418 p.
16. Fischer R., Halibozek E., Walters D. Introduction to Security. Butterworth-Heinemann, 2019. 562 p.
17. Insua D., Baylon C., Vila J. Security Risk Models for Cyber Insurance. Chapman and Hall/CRC, 2021. 173 p.
18. Peltier T.R. Information Security Fundamentals. Auerbach Publications, 2013. 424 p.
19. Smith R.E. Elementary Information Security. 3rd Edition. Jones & Bartlett Learning, 2021. 708 p.
20. Stallings W., Brown L. Computer Security: Principles and Practice. London: Pearson Education Limited, 2018. 986 p.

Zhilin Igor Victorovich

Lipetsk State Technical University

Адрес: 398055, Russia, Lipetsk, Moscow str., 30

Candidate of technical sciences

E-mail: zhilin_iv@stu.lipetsk.ru

Научная статья

УДК 629.3.023.22

doi:10.33979/2073-7432-2024-1-3(84)-12-18

Л.Е. КУЩЕНКО, С.В. КУЩЕНКО, Л.А. КОРОЛЁВА, А.Ю. САВЕНКОВА

ВЛИЯНИЕ ВОДИТЕЛЬСКОГО СТАЖА НА АВАРИЙНОСТЬ

***Аннотация.** Рассмотрен анализ дорожно-транспортных происшествий и подготовки водителей в разных странах. Проанализированы основные причины аварий и рассмотрены меры, принимаемые правительствами для повышения безопасности на дорогах. Рассмотрены различные программы обучения водителей, которые существуют в разных странах, и выявлена их эффективность.*

***Ключевые слова:** дорожно-транспортное происшествие, подготовка кандидатов в водители, статистика дорожно-транспортных происшествий, водительский стаж, правила дорожного движения, безопасность дорожного движения*

Введение

В современном мире дорожно-транспортные происшествия (ДТП) являются одной из наиболее серьезных проблем, с которыми сталкиваются различные страны. Каждый год тысячи людей погибают или получают серьезные травмы в результате аварий. Причиной многих ДТП является недостаточная подготовка водителей и несоблюдение правил дорожного движения (ПДД).

Анализ ДТП и подготовка водителей – это важная составляющая работы правительств и организаций по безопасности дорожного движения (БДД) в разных странах мира. У каждой страны имеется своя концепция и подходы к этой проблеме [1]. Проведение анализа по подготовке кандидатов в водители может помочь в разработке эффективных стратегий по снижению аварийности на дорогах нашей страны [2].

Материалы и методы

В данной статье изучена статистика ДТП и алгоритмы подготовки водителей в разных странах мира. Рассмотрены основные причины аварийности, а также меры, принимаемые правительством для повышения БДД на дорогах. При обучении кандидатов в водители в каждой стране имеется своя программа подготовки кандидатов в водители.

Целью данной научной работы является анализ статистики ДТП с участием водителей, имеющих различный водительский стаж, состояние дел в области анализа ДТП и подготовки водителей в разных странах. Данная информация позволит разработать наиболее эффективные стратегии и программы для снижения количества ДТП и повышения БДД.

Анализ ДТП был проведен посредством сбора статистических данных о количестве ДТП за 2021-2023гг. на территории Российской Федерации, Германии, Польши и Финляндии. Информация о количестве ДТП была взята из официальных отчетов по БДД, карточек учета ДТП, предоставленных соответствующими государственными органами каждой страны. Статистические данные позволили выявить тенденцию изменения показателей аварийности для дальнейшей разработки мер по повышению БДД [3].

Теория / Расчет

Для получения водительских прав необходимы следующие условия, представленные на рисунке 2. Алгоритм получения водительского удостоверения заключается в следующих этапах: прохождение теоретического экзамена, подтверждающего знание ПДД; вождение транспортного средства с целью демонстрации навыков управления автомобилем [4].



Рисунок 2 – Основные условия, необходимые для получения водительского удостоверения

В Российской Федерации обучение в автошколе состоит из двух частей: теоретической, где кандидаты в водители вместе с преподавателем знакомятся с правилами дорожного движения, и практической, где вместе с инструктором учатся управлять автомобилем и применять правила, которые освоили ранее, изучая теорию [5].

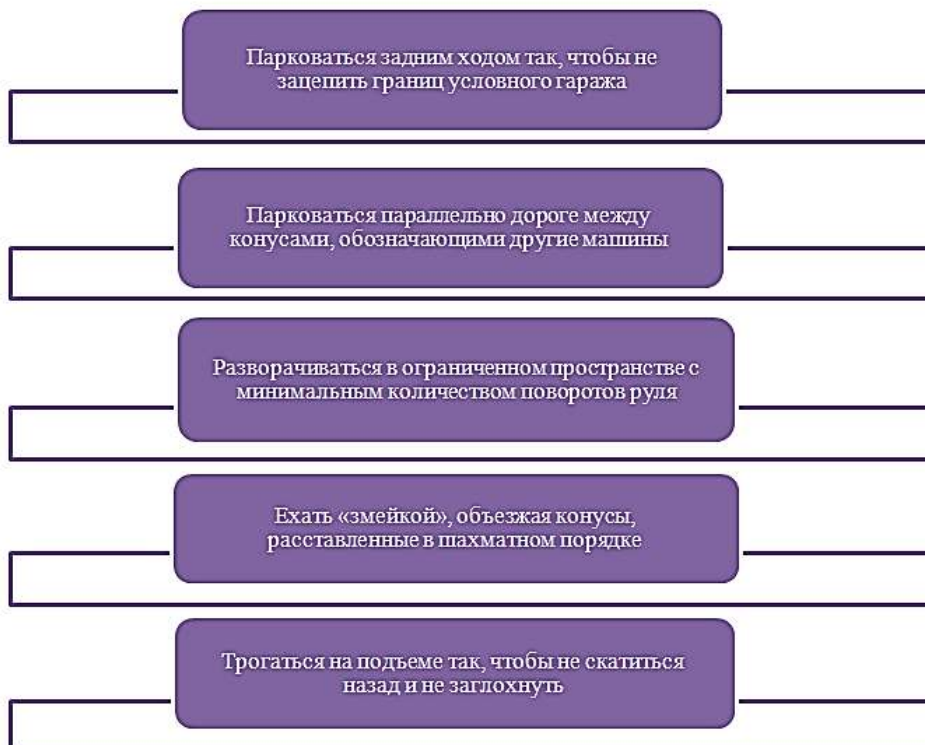


Рисунок 3 – Основные упражнения для выполнения кандидатом в водители

Собранные статистические данные позволили провести анализ о способах обучения кандидатов в водители на категорию «В» в различных странах мира, представленных в таблице 1 [6].

Таблица 1 – Длительность теории и практики при обучении кандидатов в водители. Наличие медицинской справки

№ п/п	Страна	Наличие теории	Длительность	Наличие практики	Длительность	Медицинская справка
1	Российская Федерация	+	130 час.	+	56 час.	+
2	Германия	+	40-50 час.	+	3 час. автомагистрали; 5 час. за городом; 3 час. в темное время суток	- (Справка от офтальмолога)
3	Польша	+	30 час.	+	30 час.	+
4	Финляндия	+	20 час. самообразование	+	не менее 20 час.	- (Справка от офтальмолога)

Исходя из полученных сведений, указанных в таблице 1, можно произвести соотношение, как длительность обучения влияет на поведение и действия водителя на дороге, соединив их со статистикой ДТП в этих странах за 2020-2023 гг. (рис. 4).



Рисунок 4 – Количественное соотношение ДТП в разных странах мира за период 2020-2023 гг.

На основе полученных данных лидирующей страной по количеству ДТП за 2020-2023 гг. является Германия с 6,2 млн. ДТП, тем временем наименьшие показатели аварийности у Финляндии, что составляет 13534 ДТП. Разберем более подробно, с чем связаны такие показатели и как передовые технологии, а также система обучения кандидатов в водители влияет на БДД [7].

Проанализировав результаты, собранные в таблице 1, можно сделать вывод о том, что кандидаты в водители в Германии получают очень малое количество практики, всего 11 часов будущий водитель проводит за рулем, из которых только 6 часов проходят на оживленных участках дороги с другими участниками дорожного движения, оставшиеся 5 часов занимает езда за городом и изучение параметров автомобиля. Недостаточная подготовка водителя зачастую приводит к авариям из-за невнимательности и отсутствию опыта вождения транспортного средства [8].

К основным причинам ДТП в Германии относят следующие факторы:

- 1) несоблюдение ПДД;
- 2) употребление алкоголя или наркотических средств перед вождением;
- 3) усталость и постоянное переключение внимания.

В группе 18-летних, а именно, начинающих водителей, в 72 % аварий виноваты они сами. Самый безаварийный возраст вождения – в группе от 50 до 60 лет (уже есть опыт, еще нет рассеянного внимания и принятия большого количества медикаментов). С 65 лет количе-

ство ошибок водителя снова начинает увеличиваться. У водителей старше 75 лет количество ДТП, в которых виноваты они сами, возрастает до 75 % [9].

Самая аварийная группа – начинающие водители в возрасте от 18 до 24 лет. У них мало практики и при этом большое желание идти на риск. Смертельные аварии происходят в основном ночью, когда дороги свободные, низкая интенсивность движения транспортных средств, и когда водители хотят на кого-то произвести впечатление на дороге [10].

Польша и Финляндия имеют одинаковое количество часов практики и теории, что сказывается на анализе ДТП, в этих странах за 2020-2023 год количество ДТП не превысило 135 тыс. Российская Федерация имеет средний показатель ДТП, но при этом в нашей стране имеется наибольшее количество практических и теоретических часов для подготовки кандидатов в водители.

Основными причинами ДТП по статистике «Научного центра БДД МВД России» стали [11]:

- 1) несоответствие скоростного режима движения дорожным условиям, то есть превышение скорости.
- 2) несоблюдение дистанции между движущимися транспортными средствами.
- 3) выезд на полосу встречного движения, чаще всего при обгоне.

Очень часто эти три обстоятельства совпадают, и тогда вероятность возникновения ДТП, а именно, столкновение транспортных средств повышается в несколько раз. По данным МВД РФ наибольшее количество ДТП (27,5 %) совершено водителями возрастной группы от 30 до 40 лет, в происшествиях, совершенных данными водителями, также отмечено наибольшее число погибших (27,8 %) и раненых (27,9 %). При этом в автомобильных авариях, совершенных водителями в возрасте от 50 до 60 лет, имеются наиболее тяжелые последствия [12].

Следует обратить особое внимание на тенденцию распределения тяжести последствий ДТП между группами водителей с разным стажем управления. С увеличением стажа водителей растет и значение тяжести последствий, совершенных ими. Так, для начинающих водителей со стажем управления до двух лет величина данного показателя составила 6,2, а для водителей со стажем свыше 15 лет – 8,4 [13].

В Польше наибольшая часть ДТП происходит по вине уставшего водителя, который потерял бдительность и превысил скорость движения транспортного средства.

Исследование Страхового института дорожной безопасности выявило, что наибольшее количество ДТП приходится на водителей со стажем от 0 до 2 лет (40 %), частой причиной является не только неопытность, но и неуверенность в своих силах. Водители со стажем вождения более 10 лет занимают лишь 10 % от всех участников дорожного движения, к этому моменту водители начинают обладать высоким уровнем опыта и умением адаптироваться к сложным стрессовым ситуациям [14].

ДТП в Финляндии зачастую связаны с погодными условиями, оледенениями дорожного полотна, наличием снегопадов или других погодных и климатических условий.

В Финляндии показатели остаются стабильными последние 3 года, чаще всего в ДТП попадают водители со стажем вождения от 0 до 2 лет (25 %), что меньше чем в Польше, благодаря строгим требованиям к обучению кандидатов в водители, и введению обязательного использования зимних шин, которые снижают вероятность возникновения ДТП. Но неопытность в свою очередь все еще играет особую роль, причем в суровых погодных условиях. Водители со стажем вождения более 10 лет очень редко попадают в ДТП, что составляет всего 7% от всех происшествий на дороге, эти водители отличаются высокой ответственностью и опытом, но сталкиваются с увеличением случаев утомления и стресса из-за длительных поездок, особенно в сложных погодных условиях [15].

Результаты

Результаты исследования показали, что ДТП чаще связаны с участием водителей, имеющих небольшой водительский стаж, чем с более опытными водителями. Новички зачастую допускают ошибки из-за недостаточного опыта и неуверенности за рулём, что увеличивает вероятность возникновения ДТП. Опытные водители, имеющие более длительный стаж,

обычно обладают лучшими навыками вождения и наиболее сформированным реакционным аппаратом, что позволяет им избегать многих потенциальных опасностей на дороге [16].

Обсуждение

Исследование, проведенное по данной тематике и связанное с количеством ДТП в зависимости от водительского стажа, представляет собой важный анализ факторов, влияющих на БДД [17]. Результаты позволяют выявить влияние опыта вождения на вероятность возникновения ДТП. В ходе исследования было обнаружено, что водители с небольшим стажем чаще становятся участниками ДТП. Это может быть связано с недостаточным опытом реагирования при возникновении сложных ситуаций на дороге, несоблюдением ПДД или недостаточным вниманием к дорожной обстановке.

С другой стороны, более опытные водители имеют меньшую вероятность попадания в ДТП. Они обладают лучшими навыками управления транспортным средством, большим опытом предвидения возможных опасностей и более ответственным отношением к безопасности на дороге [18].

Данные исследования подчеркивают важность обучения и повышения квалификации водителей, особенно тех, кто только начинает свой путь за рулем. Программы обучения и тренинги, направленные на развитие навыков безопасного вождения, могут значительно снизить количество ДТП и способствовать общей безопасности на дорогах [19].

Таким образом, исследование подтверждает, что водительский стаж играет важную роль в БДД. Регулярное обновление знаний и навыков, а также осознанное отношение к соблюдению ПДД необходимы для снижения риска возникновения аварий и обеспечения безопасности всех участников дорожного движения [20].

Выводы

Исходя из всех полученных данных, можно смело сказать о недостаточной подготовке кандидатов в водители в Германии, что приводит к большому количеству ДТП по сравнению со всеми остальными странами. В целях уменьшения этой тенденции рекомендуется увеличение часов вождения в автошколе и увеличение самоподготовки кандидатов в водители.

Рациональное обучение водителей для уменьшения ДТП должно содержать >130 часов практики и как минимум 60 часов вождения (включая вождение в разное время суток, а также при различных погодных условиях), так как Российская Федерация во время обучения использует всего 56 часов вождения транспортного средства, этого недостаточно для минимизации количества ДТП. Но при этом водители со стажем менее двух лет попадают в ДТП реже по сравнению с водителями, которые имеют водительский стаж больше 15 лет. Это связано с увеличением уверенности в себе и желанием идти на риск, который зачастую приводит к неблагоприятным последствиям.

Благодарность

Работа выполнена в рамках реализации федеральной программы поддержки университетов «Приоритет 2030» с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О безопасности дорожного движения: Федеральный закон от 10.12.1995 № 196-ФЗ: с изменениями и дополнениями / под ред. В.А. Шубина. М.: Издательство Юрайт, 2019.
2. Организация дорожного движения: учебное пособие / Л.Е. Кущенко, С.В. Кущенко, И.А. Новиков, П.А. Воля. Белгород: БГТУ, 2018. 205 с.
3. Данилов А.В. Анализ статистики ДТП в разных странах и его использование для повышения безопасности дорожного движения // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия "Машиностроение". 2018. №1. С. 54-61.
4. Агеев Е.В., Виноградов Е.С. Формирование водительских навыков в процессе профессиональной подготовки // Автомобили, транспортные системы и процессы: настоящее, прошлое и будущее: сб. ст. 3-й сб. Междунар. науч.-практ. конф. Курск. 2021. С. 16-18.
5. Петров В.И. Психология вождения: учебник для вузов. М.: Издательство Юрайт, 2018.
6. Агеев Е.В., Виноградов Е.С. Совершенствование системы подготовки водителей категории «В», влияющий на безопасность дорожного движения // Мир транспорта и технологических машин. 2019. №4(67). С. 104-111.

7. Кущенко Л.Е., Шатова Ю.С., Высоцкая А.Н. Влияние профессионализма водителя на безопасность движения (научная статья) // Process Management and Scientific Developments: International Conference. 2020. С. 107-111.
8. Кузнецов В.В. Психология вождения: учебное пособие. М.: Юрайт, 2017.
9. Гай Л.Е., Шутов А.И., Воля П.А., Кущенко С.В. Заторовые явления. Возможности предупреждения // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. №3. С. 166-169.
10. Молдалиев Э.Д. Влияние возраста и стажа водителя на риск возникновения ДТП // Экспериментальные и теоретические исследования в современной науке: сб. ст. по матер. 13 науч.-практ. конф. №9(18). Новосибирск: СибАК. 2018. С.94-101.
11. Новости Госавтоинспекции [Электронный ресурс]. URL: www.gibdd.ru.
12. Кущенко Л.Е., Кущенко С.В., Добрыднева В.С., Айыдов Д.Н. Влияние водителей, находящихся в состоянии алкогольного опьянения на ДТП в РФ и Черноземье (научная статья) // Мир транспорта и технологических машин. 2019. №1(64). С. 57-65.
13. Евтюков С.С. Методология оценки и повышения эффективности дорожно-транспортных экспертиз: дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.10. СПб, 2020. 355 с.
14. Кущенко Л.Е., Камбур А.С. Особенности анализа аварийности с участием пешеходов на территории Белгородской области // Мир транспорта и технологических машин. 2023. №4. С. 70-75.
15. Кущенко Л.Е. Прогнозирование ДТП как один из способов снижения смертности // Мир транспорта и технологических машин. 2023. №2-1(81). С. 67-73
16. Кущенко Л.Е., Кущенко С.В., Королева Л.А., Лапшина Д.И. Особенности подготовки водителей в различных странах мира // Мир транспорта и технологических машин. Орел. 2023. №3-1 (82). С. 108-115.
17. Правила дорожного движения РФ. М.: Третий Рим, 2022.
18. Якимов А.Ю. Совершенствование системы подготовки водителей автотранспортных средств на основе оптимального определения категорий (видов) водителей (с учетом отечественного и зарубежного опыта) // Безопасность дорожного движения: Сборник научных трудов. Вып. 13. М.: ФКУ НИЦ БДД МВД России. 2013. С. 128-138.
19. Kushchenko L.E. The statistical assessment of the traffic situation based on sample data of traffic accidents in the urban agglomeration / L.E. Kushchenko, S.V. Kushchenko, A.N. Novikov, L.A. Koroleva / Journal of Applied Engineering Sciencethis link is disabled, 2023, Vol. 21, No. 4, 2023 pp. 1-9.
20. Кущенко Л.Е., Бобешко А.С., Кущенко С.В., Новиков И.А. Комплексная оценка и анализ показателей дорожно-транспортных происшествий на примере регионов Черноземья // Орел. 2018. № 4(63). С.62-68.

Кущенко Лилия Евгеньевна

Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова
Адрес: 308012, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова, 46
К.т.н., доцент
Email: lily-041288@mail.ru

Кущенко Сергей Викторович

Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова
Адрес: 308012, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова, 46
К.т.н., доцент
Email: serega_ku@mail.ru

Королева Лилия Александровна

Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова
Адрес: 308012, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова, 46
Аспирант
E-mail: koroleva_liliy@mail.ru

Савенкова Арина Юрьевна

Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова
Адрес: 308012, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова, 46
Студент
E-mail: savenkovaa81@gmail.com

L.E. KUSHCHENKO, S.V. KUSHCHENKO, L.A. KOROLYOVA, A.YU. SAVENKOVA

**THE INFLUENCE OF DRIVING EXPERIENCE
ON TRAFFIC ACCIDENT RATE**

Abstract. The analysis of traffic accidents and driver training in different countries is considered. The main causes of traffic accidents are analyzed and governments' measures to improve road safety are considered. Various driver training programs in different countries are considered and their effectiveness is revealed.

Keywords: traffic accident, training of candidates for drivers, road accidents statistics, driving experience, traffic rules, road safety

BIBLIOGRAPHY

1. O bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya: Federal'nyy zakon ot 10.12.1995 № 196-FZ: s izmeneniyami i dopolneniyami / pod red. V.A. Shubina. M.: Izdatel'stvo YUrayt, 2019.
2. Organizatsiya dorozhnogo dvizheniya: uchebnoe posobie / L.E. Kushchenko, S.V. Kushchenko, I.A. Novikov, P.A. Volya. Belgorod: BGTU, 2018. 205 s.
3. Danilov A.V. Analiz statistiki DTP v raznykh stranakh i ego ispol'zovanie dlya povysheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. N.E. Baumana. Seriya «Mashinostroenie». 2018. №1. S. 54-61.
4. Ageev E.V., Vinogradov E.S. Formirovanie voditel'skikh navykov v protsesse professional'noy podgotovki // Avtomobili, transportnye sistemy i protsessy: nastoyashchee, proshloe i budushchee: sb. st. 3-y sb. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Kursk. 2021. S. 16-18.
5. Petrov V.I. Psikhologiya vozhdeniya: uchebnyy dlya vuzov. M.: Izdatel'stvo YUrayt, 2018.
6. Ageev E.V., Vinogradov E.S. Sovershenstvovanie sistemy podgotovki voditeley kategorii «V», vliya-yushchiy na bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2019. №4(67). S. 104-111.
7. Kushchenko L.E., Shatova Yu.S., Vysotskaya A.N. Vliyanie professionalizma voditelya na bezopasnost' dvizheniya (nauchnaya stat'ya) // Process Management and Scientific Developments: International Conference. 2020. S. 107-111.
8. Kuznetsov V.V. Psikhologiya vozhdeniya: uchebnoe posobie. M.: Yurayt, 2017.
9. Gay L.E., Shutov A.I., Volya P.A., Kushchenko S.V. Zatorovye yavleniya. Vozmozhnosti preduprezhdeniya // Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova. 2013. №3. S. 166-169.
10. Moldaliev E.D. Vliyanie vozrasta i stazha voditelya na risk vozniknoveniya DTP // Eksperimental'nye i teoreticheskie issledovaniya v sovremennoy nauke: sb. st. po mater. 13 nauch.-prakt.konf. №9(18). Novosibirsk: SibAK. 2018. S.94-101.
11. Novosti Gosavtainspeksii [Elektronnyy resurs]. URL: www.gibdd.ru.
12. Kushchenko L.E., Kushchenko S.V., Dobrydneva V.S., Ayydov D.N. Vliyanie voditeley, nakhodyashchikhsya v sostoyanii alkogol'nogo op'yaneniya na DTP v RF i Chernozem'e (nauchnaya stat'ya) // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2019. №1(64). S. 57-65.
13. Evtyukov S.S. Metodologiya otsenki i povysheniya effektivnosti dorozhno-transportnykh ekspertiz: dis. ... d-ra tekhn. nauk: 05.22.10. SPb, 2020. 355 s.
14. Kushchenko L.E., Kambur A.S. Osobennosti analiza avariynosti s uchastiem peshekhodov na territorii Belgorodskoy oblasti // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2023. №4. S. 70-75.
15. Kushchenko L.E. Prognozirovanie DTP kak odin iz sposobov snizheniya smertnosti // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2023. №2-1(81). S. 67-73
16. Kushchenko L.E., Kushchenko S.V., Koroleva L.A., Lapshina D.I. Osobennosti podgotovki voditeley v razlichnykh stranakh mira // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. Orel. 2023. №3-1 (82). S. 108-115.
17. Pravila dorozhnogo dvizheniya RF. M.: Tretiy Rim, 2022.
18. Yakimov A.Yu. Sovershenstvovanie sistemy podgotovki voditeley avtomototransportnykh sredstv na osnove optimal'nogo opredeleniya kategoriy (vidov) voditeley (s uchetom otechestvennogo i zarubezhnogo opyta) // Bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya: Sbornik nauchnykh trudov. Vyp. 13. M.: FKU NITS BDD MVD Rossii. 2013. C. 128-138.
19. Kushchenko L.E. The statistical assessment of the traffic situation based on sample data of traffic accidents in the urban agglomeration / L.E. Kushchenko, S.V. Kushchenko, A.N. Novikov, L.A. Koroleva / Journal of Applied Engineering Sciencethis link is disabled, 2023, Vol. 21, No. 4, 2023 pp. 1-9.
20. Kushchenko L.E., Bobeshko A.S., Kushchenko S.V., Novikov I.A. Kompleksnaya otsenka i analiz pokazateley dorozhno-transportnykh proisshestviy na primere regionov Chernozem'ya // Orel. 2018. № 4(63). S.62-68.

Kushchenko Liliya Evgen'evna

Belgorod State Technological University
Address: 308012, Russia, Belgorod, Kostyukova str., 46
Candidate of technical sciences
E-mail: lily-041288@mail.ru

Korolyova Liliya Alexandrovna

Belgorod State Technological University
Address: 308012, Russia, Belgorod, Kostyukova str., 46
Graduate student
E-mail: koroleva_liliya@mail.ru

Kushchenko Sergey Viktorovich

Belgorod State Technological University
Address: 308012, Russia, Belgorod, Kostyukova str., 46
Candidate of technical sciences
E-mail: serega_ku@mail.ru

Savenkova Arina Yur'evna

Belgorod State Technological University
Address: 308012, Russia, Belgorod, Kostyukova str., 46
Student
E-mail: savenkovaa81@gmail.com

Научная статья
 УДК 656.135.8
 doi:10.33979/2073-7432-2024-1-3(84)-19-26

А.Н. НОВИКОВ, С.А. ЖЕСТКОВА

МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОЛЬЦЕВЫХ МАРШРУТОВ С ОБРАТНЫМ ГРУЗОМ

Аннотация. Изложена методика формирования параметров совместного кольцевого маршрута с обратным груженым пробегом. Приведен расчет такого маршрута методом фиктивных узлов и ветвей. В качестве целевой функции использована длина маршрута. Предложена функция выгоды по расстоянию и времени для оценки эффективности организации совместного маршрута с обратным грузом.

Ключевые слова: обратный груз, кольцевой маршрут, параметры маршрутизации, оптимальное расстояние, время, ограничения, методика решения

Введение

Снизить расходы на доставку грузов можно за счет использования попутных перевозок. В общем случае такие перевозки разделяют на два типа: «обратный груз» и «догруз».

«Догруз» - перевозка товара который был погружен в транспортное средство до момента разгрузки основного груза. Конечно, это возможно только в том случае если в автомобиле для дополнительного груза есть свободное место. При этом маршрут передвижения основного груза может быть изменен по договоренности сторон.

«Обратный груз» - вид попутной перевозки, когда при возвращении на базу в пустой кузов автомобиля загружается новый дополнительный груз. Таким образом, образуется совместный единый маршрут для основного и обратного грузов. В этом случае нет совместной развозки этих грузов в кузове автомобиля.

Попутный груз выгоден и перевозчикам и грузоотправителям, за счет синергетического эффекта при объединении нескольких заказчиков на один автомобиль. Каждый из них платит за свое место в кузове автомобиля. В результате издержки на перевозку могут быть снижены.

Материал и методы

Цель работы в данном исследовании заключается в учете особенностей перевозки «обратного груза» при решении задачи маршрутизации. Такой груз представляется как ограничение при решении задачи развозки.

Теория

Модель и алгоритм расчета.

Следует отметить, что при совместном маршруте схема перемещения автомобиля может изменяться, при отсутствии «обратного груза».

Рассмотрим в качестве примера, методику определения некоторых параметров совместного маршрута при «обратном грузе», находящемся на одном складе.

Отметим, что время работы на маршруте учитывает: передвижение между пунктами; простой под разгрузкой или погрузкой; оформление документов; проверку сохранности груза и другие организационные мероприятия в зависимости от вида груза.

Время нахождения ТС на i -м маршруте:

$$T_i = \sum_{i=1}^n t_{ij}^{осн} + \sum_{i=1}^m t_{ij}^{обп} + t_i^{осн} + t_i^{обп} \rightarrow \min ; \quad (1)$$

$$T_i = T_i^{\partial в} + T_i^{прое} . \quad (2)$$

Время движения ТС

$$T_i^{\partial в} = \sum_{i=1}^n t_{ij}^{осн} + \sum_{i=1}^m t_{ij}^{обп} , \quad (3)$$

Время простоя ТС

$$T_i^{прост} = t_i^{осн} + t_i^{обр} \quad (4)$$

где $\sum_{i=1}^n t_{ij}^{осн}$ - время нахождения на i -ой ветви основного маршрута;

$t_i^{осн}$ - время нахождения на i -ом пункте разгрузки основного груза;

$t_i^{обр}$ - время нахождения на i -ом пункте загрузки на складе обратного груза.

Общее время на всех кольцевых маршрутах составит

$$T = \sum_{i=1}^D T_i, \quad (5)$$

где D – количество кольцевых маршрутов.

$$L_{ij} = \sum_{i=1}^n l_{ij}^{осн} + \sum_{i=1}^m l_{ij}^{обр} + l_{ij}^x \rightarrow \min, \quad (6)$$

где n – количество ветвей на маршруте основного груза;

m – число ветвей на маршруте обратного груза;

$l_{ij}^{осн}$ - длина ветви между узлами i и j основного груза;

$l_{ij}^{обр}$ - длина ветви между пунктами i и j обратного маршрута;

l_{ij}^x - длина ездки от конечного пункта основного груза до склада обратного груза.

Длина всех маршрутов

$$L = \sum L_{ij}, \quad (7)$$

Количество груза перевезенного автомобилем на i -ом совместном маршруте

$$K_i = \sum_{i=1}^{k^{осн}} q_i^{осн} + \sum_{i=1}^{o^{обр}} q_j^{обр} \rightarrow \max, \quad (8)$$

где $k^{осн}$ – количество пунктов на i -м маршруте с основным грузом;

$o^{обр}$ – число пунктов на j -ом маршруте с обратным грузом;

$q_i^{осн}$ - количество основного груза в i -ом пункте;

$q_j^{обр}$ - количество обратного груза в i -ом пункте.

Общее количество груза по всем маршрутам

$$G = \sum G_i. \quad (9)$$

В работе приняты во внимание три типа ограничений.

1. Число кольцевых маршрутов может быть разным на исходной схеме дислокации. Оно зависит от грузоподъемности или вместительности транспортного средства, а также величины принятия заказа грузопотребителем. Например, в ОАО «Магнит» один маршрут обслуживает два магазина.

В общем случае количество колец есть

$$Q = d_1 + d_2 \dots + d_\alpha = \sum_{i=1}^{\alpha} d_i, \quad (10)$$

где d_α – число кольцевых маршрутов с одинаковым количеством пунктов в них – α .

Количество пунктов в кольцевом маршруте может быть разным, но ограниченным.

2. Количество пунктов на кольцевом маршруте при перевозке основного и обратного груза не должно превышать допустимых величин

$$K^{осн} \leq [K^{осн}], \quad (11)$$

$$K^{обp} \leq [K^{обp}], \quad (12)$$

где $[K^{осн}]$ - допустимое число пунктов основного груза;

$[K^{обp}]$ - допустимое число пунктов обратного груза.

3. Количество груза находящегося в кузове автомобиля на кольцевом маршруте в i -ветви не должно превышать допустимого его значения

$$q_i \leq [q]. \quad (13)$$

где q_i – количество любого груза, в автомобиле

Вычисляем функцию выгоды по расстоянию при организации совместного маршрута

$$\Delta L = L - (L^{осн} + L^{обp}), \quad (14)$$

здесь L находим по формуле (6);

$L^{осн}$ – длина маршрутов без обратного груза (с холостым пробегом):

$$L^{осн} = \sum_{i=1}^n l_{ij}^{осн}; \quad (15)$$

$L^{обp}$ – длина маршрутов при организации отдельной ездки за обратным грузом с базы

$$L^{обp} = \sum_{i=1}^m l_{ij}^{обp}. \quad (16)$$

Аналогично можно рассчитать функцию выгоды по времени для совмещенного маршрута:

$$\Delta T = T - (T^{осн} + T^{обp}), \quad (17)$$

Здесь величина T находится по формуле (2).

$T^{осн}$ – суммарное время затраченное на маршрутах без учета обратного груза:

$$T^{осн} = \sum_{i=1}^n t_{ij}^{осн}; \quad (18)$$

Суммарное время на маршруте при организации ездки отдельно за обратным грузом

$$T^{обp} = \sum_{i=1}^m t_{ij}^{обp}. \quad (19)$$

Расчет

Исходные данные (приняты условно)

Транспортный граф показан на рисунке

1. Пример расчета расстояния между вершинами представлены в таблице 1. Единица измерения - км.

Основной груз развозится в пункты 2, 4, 5 и 6 по двум кольцевым маршрутам. В каждом из них два грузополучателя. Склады с обратным грузом расположены в вершинах 1 и 7. Этот груз проходит по пунктам 8 и 6 и далее следует на разгрузку в базу 3. Количество основного партионного груза составляет на вершинах графа: № 2 – 2 единицы, № 4 - 4 единицы, № 5 – 3 единицы, 6 – 3 единицы. Обратный груз перевозится в количестве:

из склада № 7 – 6 единиц, из склада № 1 – 6 единиц. В пунктах разгрузки выгружается: № 8 – 4 единицы, № 6- 5 единиц. На базу 3 разгружается 2 единицы с одного кольцевого

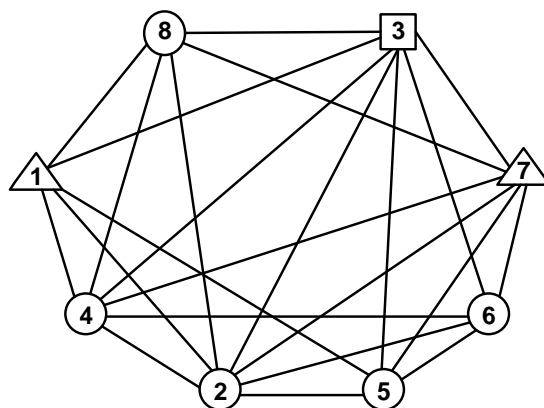


Рисунок 1 – Исходный транспортный граф

маршрута и 1 единица со второго. В автомобиль можно загрузить не более 6 единиц партионного груза.

Таблица 1 – Исходная матрица

	1	2	3	4	5	6	7	8
1		14	10	8	13	16		6
2	14		18	1	11	14	13	15
3	10	18		12	25	8	15	4
4	8	1	12		6	9	16	18
5	13	11	25	6		8	12	
6	16	14	8	9	8		7	
7		13	15	16	12	7		25
8	6	15	4	18			25	

Требуется определить оптимальные маршруты передвижения с обратным грузом. Целевой функцией является длина маршрута.

Для решения задачи требуется усовершенствовать метод фиктивных узлов и ветвей [1] с учетом особенностей перевозки обратного груза. Они заключаются в том, что маршрут обратного груза от склада до базы является ориентированным на базу. Следовательно, кратчайшее расстояние между ними можно определить методом «метлы» [2]. Тогда проектирование схемы передвижения обратного груза между складами и базой 3 выполняется отдельно от расчета маршрутов основного груза. Сначала находим маршрут обратного груза, а потом схему передвижения основного груза.

Алгоритм проектирования состоит из нескольких этапов.

1 этап. Находим кратчайшие расстояния между складом и базой. Из склада 1 наименьше расстояние имеет цепь 1-8-3. Ее длина составляет 10 км. Из склада 7 до базы 3 она равна 15 км по цепи 7-6-3.

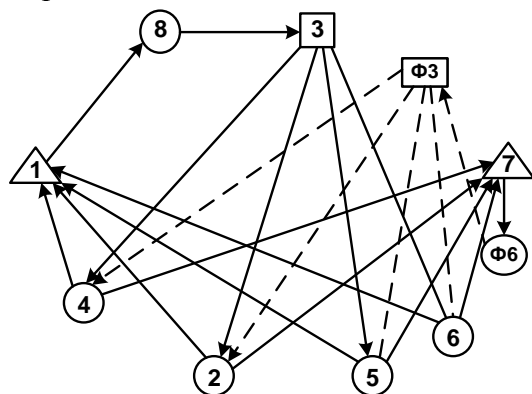


Рисунок 2 – Расчетная схема

2 этап. Построение расчетной схемы.

Вершину 6 требуется посетить два раза. Вводим в нее один фиктивный узел – Ф6. В базу 3 также вводим дополнительный узел Ф3. Соединим фиктивные узлы со смежными узлами дополнительными ветвями.

В вершины 1 и 7 будут входить четыре ориентированные ветви из каждого пункта развозки основного груза, а выходить по одной ориентированной ветви.

Расчетная схема представлена на рисунке

2. Расчетная матрица дана в таблице 2.

Таким образом, благодаря первоначальному расчету маршрута обратного груза получены ориентированные ветви и неполная матрица. Это значительно упрощает расчет.

3 этап. Решение расчетной схемы.

Используем метод приведенный в [3]. Выполняем операции приведения и оценки.

Таблица 2 – Расчетная матрица

	1	2	3	4	5	6	7	8	Ф3	Ф6
1								6		
2	14			1	11	14	13			
3		18		12	25	8				
4	8	1			6	9	16			
5	13	11		6		8	12			
6	16	14		9	8		7			
7										7
8			4							
Ф3		18		12	20	8				
Ф6								8		

Вычеркиваем ветви 1-8, 7-Ф6, 8-3, Ф6-Ф3, которые будут иметь оценку ∞ . Поэтому они удаляются в первую очередь, так как не влияют на оценку элементов матрицы.

Таблица 3 – Оценочная матрица 1

	1	2	4	5	6	7
2	13		0 ⁹	9	13	12
3		10	4	16	0 ⁴	
4	0 ⁰	0 ⁵		4	8	15
5	0 ⁰	5	0 ⁰		2	6
6	2	7	2	0 ⁴		0 ⁶
Ф3		10	4	11	0 ⁴	

Наибольшую оценку 9 имеет элемент 2-4. Проверяем выполнение ограничения по количеству партий груза $4+2=6$ единиц. Вместимость автомобиля 6 единиц, следовательно, ограничение выполняется. Если оно не выполняется, используют механизм блокировки ветви с максимальной оценкой.

Удаляем ветвь 2-4 из таблицы 3. Получаем таблицу 4. В ней блокируем ветвь 4-2 против заикливания и вводим фиктивный узел Ф4.

Отметим, что здесь приводятся краткие результаты проводимых исследований на примере получения оптимального маршрута методом ФУВ.

Более подробные исследования метода можно посмотреть в [3].

Таблица 4 – Оценочная матрица 2

	1	2	5	6	7	Ф4
3		5	16	0 ⁵		4
4	0 ⁰	∞	4	8	15	
5	0 ⁰	0 ²		2	6	0
6	2	2	0 ⁰		0	2
Ф3		5	11	0 ⁵		4
Ф4	0	0	4	8	15	

В таблице 4 удаляем, в качестве примера, ветвь 6-7 с максимальной оценкой – 6. Получаем, последний пункт №6 кольцевого маршрута. Далее автомобиль едет за обратным грузом на склад №7.

Остальные вычеркиваемые ветви определяются аналогично согласно выше изложенному.

Результаты и обсуждения

Установлен следующий порядок удаляемых ветвей в оценочных матрицах: 1-8, 7-Ф6, 8-3, Ф6-Ф3, 2-4, 6-7, 4-1, 5-6, Ф3-4, Ф3-2, Ф4-5.

Маршрут передвижения определен: первое кольцо 3-4-5-6-7-6-3, длиной 48 км; второе кольцо 3-2-4-1-8-3, длиной 37 км. Общая длина двух кольцевых маршрутов составит 85 км. Схема передвижения приведена на рисунке 3. При этом фиктивные узлы условно не показаны.

На каждом кольце в пунктах 2-4 и 5-6 перевозится 6 единиц партионного груза. Все три ограничения выполняются.

Расчет времени нахождения на маршрутах не выполнялся, так как он зависит от специфики перевозимого груза, уровня механизации погрузочно-разгрузочных работ и автоматизации процесса оформления сопроводительных документов.

Переходим к вычислению функции выгоды по расстоянию, так как она является более общим показателем эффективности организации перевозки обратного груза.

По таблицы 1 создаем отдельно два графа: основного (рис. 4) и обратного (рис. 5).

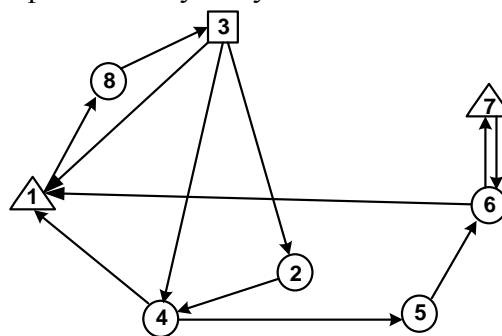


Рисунок 3 – Оптимальная схема передвижения по совместному маршруту

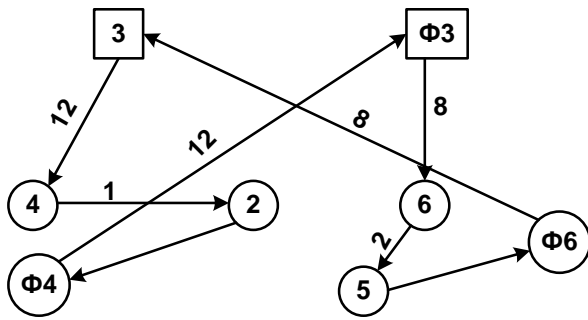


Рисунок 4 - Граф основного груза

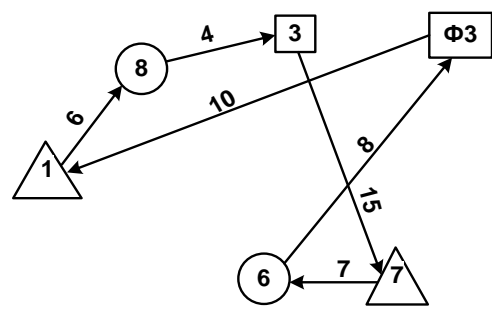


Рисунок 5 - Граф обратного груза

Длина маршрута первого графа равна 42 км, второго 50 км. Общее расстояние на раздельную транспортировку составляет 92 км. Таким образом, функция выгоды по расстоянию составит $\Delta l = 85 - 92 = [7]$ км.

Относительное уменьшение расстояния составило:

$$\delta l = \frac{|85 - 92|}{92} 100 \% = 6,6 \%$$

Для определения функции выгоды по времени примем скорость передвижения ТС с грузом 50 км/ч, при простое на партию груза из 6 единиц:

$$t_i^{осн} = 0,5 \text{ ч}; t_i^{обр} = 0,5 \text{ ч.}$$

При длине маршрутов из 2-х колец длиной 85 км время движения равно:

$$T^{дв} = \frac{85}{50} = 1,7 \text{ ч.}$$

Время простоя при выгрузке партии груза 6 единиц:

$$T^{прост} = 0,5 \cdot 2 + 0,5 \cdot 4 = 3 \text{ ч.}$$

Таким образом общие затраты времени на совместный маршрут составят:

$$T = 1,7 + 3 = 4,7 \text{ ч.}$$

Находим затраты времени при раздельной развозке обратного груза в соответствии с рисунками 4 и 5.

$$T^{дв} = \frac{92}{50} = 1,84 \text{ ч.}$$

Общие затраты времени

$$T = 1,84 + 3 = 4,84 \text{ ч.}$$

Функция выгоды по времени составит

$$\Delta T = 4,7 - 4,84 = -0,14 \text{ ч.}$$

Получаем относительное изменение времени

$$\delta T = \frac{|-0,14|}{4,84} 100 \% = 2,9 \%$$

Выводы

1. Разработана теоретическая модель и представлен алгоритм расчета параметров совмещенного кольцевого маршрута с ограничением в виде обратного груза.

2. Показано применение метода ФУВ на численном примере, когда узлы посещаются два раза.
3. Для оценки эффективности совместного маршрута предложена функция выгоды по расстоянию и времени. Экономия расстояния составила 6,6 %, а времени – 2,9 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жесткова С.А., Домке Э.Р., Акимова В.Ю. Повышение эффективности развозки нефтепродуктов автомобильным транспортом // Вестник Московского автомобильно-дорожного института (государственного технического университета). 2012. №3. С. 70-74.
2. Кожин А.П., Мезенцев В.Н. Математические методы планирования и управления грузовыми автомобильными перевозками. М.: Транспорт, 1994. 304 с.
3. Жесткова С.А. Совершенствование перевозочного процесса автомобилями (на примере доставки нефтепродуктов на автозаправочные станции): дис. ... канд. техн. наук. Пенза, 2013. 170 с.
4. Белман Р., Дрейфус С. Прикладные задачи динамического программирования. М.: Наука, 1965. 458 с.
5. Сигал И.Х., Иванов А.П. Введение в прикладное дискретное программирование: модели и вычислительные алгоритмы. Изд-во Физмат. 2007. 304 с.
6. Подшивалова К.С., Подшивалов С.Ф. Временный критерий агрегации в кластерной транспортной задаче доставки грузов // Экономика и математические методы. 2017. Т. 53. Вып. 2. С. 134-142.
7. Мельников Б.Ф., Мельникова Е.А. О классической версии метода ветвей и границ // Компьютерные инструменты в образовании. 2021. №1. С. 21-44.
8. Пожидаев М.С. Алгоритмы решения задачи маршрутизации транспорта: дис. ... канд. техн. наук. 2010. Томск. С. 137.
9. Thompson P.M., Psorafitis H.N. Cyclic transfers algorithms for the multivehicle routing and scheduling problems // Operations research. 1993. Т. 41. №53. P. 935-946.
10. Кисляков В.М., Филиппов В.В., Школяренко А.М. Математическое моделирование и оценка условий движения автомобилей и пешеходов. М.: Транспорт, 1979. 200 с.
11. Цариков А.А., Обухова Н.А. Пространственная неравномерность развития и загрузки улично-дорожной сети городов Свердловской области // Современные проблемы транспортного комплекса России. Т. 6. №2. Магнитогорск: МГТУ. 2016. С. 4-7.
12. Клявин В.Э., Ризаева Ю.Н., Гринченко А.В. Комплексный показатель качества пассажирских перевозок автомобильным транспортом // Мир транспорта и технологических машин. 2023. №2(81). С. 51-57.
13. Еремин С.В. Оптимизация структуры парка подвижного состава городского пассажирского транспорта в общей многокритериальной постановке // Мир транспорта и технологических машин. 2022. №1(76). С. 62-68.
14. Корягин М.Е. Оптимизация управления городскими пассажирскими перевозками на основе конфликтно-устойчивых решений: дис. ... д-ра техн. наук. Новокузнецк, 2011. 303 с.
15. Кулева Н.С., Кулев А.В., Кулев М.В., Ломакин Д.О. Разработка методики определения количества и класса транспортных средств на маршруте // Мир транспорта и технологических машин. 2021. №4(75). С. 67-73.

Новиков Александр Николаевич

Орловский государственный университет им. Тургенева И.С.
Адрес: 302026, Россия, г. Орел, ул. Комсомольская, д. 95
Д.т.н., профессор
E-mail: novikovan58@bk.ru

Жесткова Светлана Анатольевна

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства
К.т.н., доцент, доцент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта»
Адрес: 440028, Россия, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28
E-mail: obd@pguas.ru

A.N. NOVIKOV, S.A. ZHESTKOVA

METHODOLOGY FOR DESIGNING RING ROUTES WITH RETURN CARGO

Abstract. The method of forming the parameters of a joint ring route with a return loaded mileage is presented. The numerical example is calculated by the method of fictitious nodes and

branches. The route length is used as the objective function. The distance and time benefit function is calculated when organizing a joint route with a return cargo.

Keywords: return cargo, ring route, routing parameters, optimal distance, limitation time, solution methodology

BIBLIOGRAPHY

1. Zhestkova S.A., Domke E.R., Akimova V.Yu. Povyshenie effektivnosti razvozki nefteproduktov avtomobil'nym transportom // Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo instituta (gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta). 2012. №3. S. 70-74.
2. Kozhin A.P., Mezentsev V.N. Matematicheskie metody planirovaniya i upravleniya gruzovymi avtomobil'nymi perevozkami. M.: Transport, 1994. 304 s.
3. Zhestkova S.A. Sovershenstvovanie perevochnogo protsessa avtomobilyami (na primere dostavki nefteproduktov na avtozapravochnye stantsii): dis. ... kand. tekhn. nauk. Penza, 2013. 170 s.
4. Belman R., Dreyfus S. Prikladnye zadachi dinamicheskogo programmirovaniya. M.: Nauka, 1965. 458 s.
5. Sigal I.H., Ivanov A.P. Vvedenie v prikladnoe diskretnoe programmirovaniye: modeli i vychislitel'nye algoritmy. Izd-vo Fizmat. 2007. 304 s.
6. Podshivalova K.S., Podshivalov S.F. Vremennyy kriteriy agregatsii v klasternoy transportnoy zadache dostavki gruzov // Ekonomika i matematicheskie metody. 2017. T. 53. Vyp. 2. S. 134-142.
7. Mel'nikov B.F., Mel'nikova E.A. O klassicheskoy versii metoda vetvey i granits // Komp'yuternye instrumenty v obrazovanii. 2021. №1. S. 21-44.
8. Pozhidaev M.S. Algoritmy resheniya zadachi marshrutizatsii transporta: dis. ... kand tekhn. nauk. 2010. Tomsk . S. 137.
9. Thompson P.M., Psorafitis H.N. Cyclic transfers algorithms for the multivehicle routing and scheduling problems // Operations research. 1993. T. 41. №53. R. 935-946.
10. Kislyakov V.M., Filippov V.V., Shkolyarenko A.M. Matematicheskoe modelirovaniye i otsenka usloviy dvizheniya avtomobiley i peshekhodov. M.: Transport, 1979. 200 s.
11. Tsarikov A.A., Obukhova N.A. Prostranstvennaya neravnomernost' razvitiya i zagruzki ulichno-dorozhnoy seti gorodov Sverdlovskoy oblasti // Sovremennyye problemy transportnogo kompleksa Rossii. T. 6. №2. Magnitogorsk: MGTU. 2016. S. 4-7.
12. Klyavin V.E., Rizaeva Yu.N., Grinchenko A.V. Kompleksnyy pokazatel' kachestva passazhirskikh perevozk avtomobil'nym transportom // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2023. №2(81). S. 51-57.
13. Eremin S.V. Optimizatsiya struktury parka podvizhnogo sostava gorodskogo passazhirskogo transporta v obshchey mnogokriterial'noy postanovke // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2022. №1(76). S. 62-68.
14. Koryagin M.E. Optimizatsiya upravleniya gorodskimi passazhirskimi perevozkami na osnove konfliktno-ustoychivyykh resheniy: dis. ... d-ra tekhn. nauk. Novokuznetsk, 2011. 303 s.
15. Kuleva N.S., Kulev A.V., Kulev M.V., Lomakin D.O. Razrabotka metodiki opredeleniya kolichestva i klassa transportnykh sredstv na marshrute // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2021. №4(75). S. 67-73.

Novikov Alexander Nikolaevich

Oryol State University

Address: 302026, Russia, Orel, Komsomolskaya st., 95

Doctor of technical sciences

E-mail: novikovan58@bk.ru

Zhestkova Svetlana Anatolievna

Penza State University of Architecture and Construction

Address: 440028, Russia, Penza, Herman's Titov st., 28

Candidate of technical sciences

E-mail: s.zhestkova@yandex.ru

Научная статья

УДК 656.01.005

doi:10.33979/2073-7432-2024-1-3(84)-27-34

В.В. ЗЫРЯНОВ, Е.Ю. СЕМЧУГОВА, М.Р. КАРАЕВА, А.А. КОСТЕНКО

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОБЪЕМОВ ПЕРЕВОЗОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

***Аннотация.** Управление организацией требует решения множества проблем, одна из которых – планирование объемов перевозок продукции. Цель исследования заключается в совершенствовании методики прогнозирования за счет повышения точности прогноза при планировании объемов перевозок грузов с учетом сезонного изменения исследуемых перевозок автомобильным транспортом. Повышение качества прогнозирования транспортного спроса в настоящее время возможно с использованием преимуществ искусственного интеллекта, развивающегося стремительными темпами и применяемого в различных сферах экономики. Анализируется возможность применения искусственных нейронных сетей для планирования грузовых автоперевозок. Осуществлено составление информационной базы исследования, описаны этапы планирования, представлен пример расчетов прогнозируемых объемов перевозок, выполнены расчеты ошибок прогноза.*

***Ключевые слова:** планирование объемов перевозок, нейронные сети, ошибка прогноза, управление перевозками, искусственный интеллект*

Введение

Для эффективного управления перевозками организации, особенно при решении задачи распределения объемов перевозок между провозными возможностями собственного автотранспорта и необходимостью привлечения наемного транспорта во время сезонного изменения спроса на транспортные услуги, требуется применять различные методы прогнозирования объемов перевозок в различные периоды времени года.

Анализ опыта практического применения системы планирования и прогнозирования показал, что на практике используются разнообразные методы прогнозирования, выбор которых зависит от качества информационной базы планирования, сложности применения метода на практике, необходимой точности прогноза [6]. Но пока недостаточно широко применяются средства искусственного интеллекта при прогнозировании объемов перевозок грузов [3, 5]. В исследовании выполнены расчеты и проанализированы результаты использования модели прогнозирования, построенной на основе применения искусственного интеллекта, а именно нейронных сетей.

Своевременное совершенствование методики прогнозирования спроса на транспортные услуги позволит повысить качество управления транспортным обеспечением деятельности организации.

Материал и методы

На практике используется достаточно большое количество методов прогнозирования [2, 18, 19], среди них методы экстраполяции, вероятностно-статистические методы, экспертные и комбинированные методы. Они применяются для среднесрочного и долгосрочного периодов прогнозирования. Применение каждого из них имеет ошибку прогноза и чем она меньше, тем организация может более точно рассчитать размеры провозных потребностей.

Прогнозирование спроса является важной частью планирования и управления предприятием. Наряду с математическими методами статистики важную роль в прогнозировании играют экспертная оценка и понимание логики спроса на продукцию.

Развивающаяся теория искусственных нейронных сетей [1, 4, 11] применяется в управлении, где использование человеческого интеллекта наиболее важно, а возможности нейронных сетей похожи на функции биологического нейрона. Данные, полученные в предыдущие периоды, обобщаются нейронными сетями [13], они анализируют свойства по-

лученной информации, обучаются по полученному предыдущему опыту и меняют поведение при изменении факторов внешней среды.

Теория

Искусственные нейронные сети, благодаря своей структуре, обобщают свойства данных по блоку исходной статистической информации. Они самонастраиваются и самообучаются для прогнозирования будущих данных исследуемого временного ряда [15]. Рассчитанные прогнозные значения нейронная сеть использует для дальнейшего прогноза по основному тренду временного промежутка, таким образом преобразует прогнозные значения во входные данные, получая возможность снижать ошибку прогноза.

Нейросеть обучается, следствием чего входы дают множество выходов, которые рассматриваются как вектор. В процессе обучения веса нейросети последовательно становятся такими, чтобы каждый входной вектор вырабатывал выходной вектор [17], вычисляются ошибки и веса подстраиваются до тех пор, пока ошибка по массиву не достигнет приемлемого уровня.

Преимущества применения нейронных сетей состоят в том, что они обучаются на основе обобщения статистических данных, выявляют важные свойства и обобщают полученный опыт для прогноза. Они самонастраиваются, учитывая изменения факторов внешней среды.

Построение искусственной нейронной сети осуществляется по следующей последовательности [5, 8, 12, 14, 21]:

- определение характеристик прогнозирования (периода, горизонта и интервала);
- построение информационной базы для прогноза;
- прогнозирование будущих данных;
- восстановление некоторых данных (утраченных, пропущенных, неизвестных за какой-либо временной период);
- сглаживание;
- построение относительного изменения величин, которые прогнозируются;
- формирование таблицы данных;
- определение выборок для обучения нейронной сети;
- подбор параметров искусственной нейронной сети;
- обучение и последующая проверка работоспособности построенной нейронной сети.

Расчет

Для выполнения прогнозирования по предлагаемой методике в качестве исходных данных построена информационная база по статистическим данным динамики объемов перевозок организации, на деятельность которой существенно влияет сезонность реализации изготавливаемой продукции. Использование возможностей прогнозирования объемов перевозок грузов позволит организации определить оптимальную грузоподъемность подвижного состава, приобретаемого взамен подвижного состава, подлежащего списанию, а также для пополнения автопарка с целью перевозок дополнительных грузов [7]. Кроме того, облегчится решение задачи распределения объемов перевозок между собственным и наемным автотранспортом [10].

Процесс принятия управленческого решения можно улучшить при сокращении времени на реализацию процесса планирования [9] и уменьшении ошибки прогноза.

В исследовании выполнен пример расчета прогнозных значений объемов перевозок грузов при наблюдаемой изменчивости их по месяцам года.

По собранным исходным данным (рис. 1) построена модель нейронной сети, затем выполнено сглаживание исходных данных, удалены «шумы» данных (рис. 2).

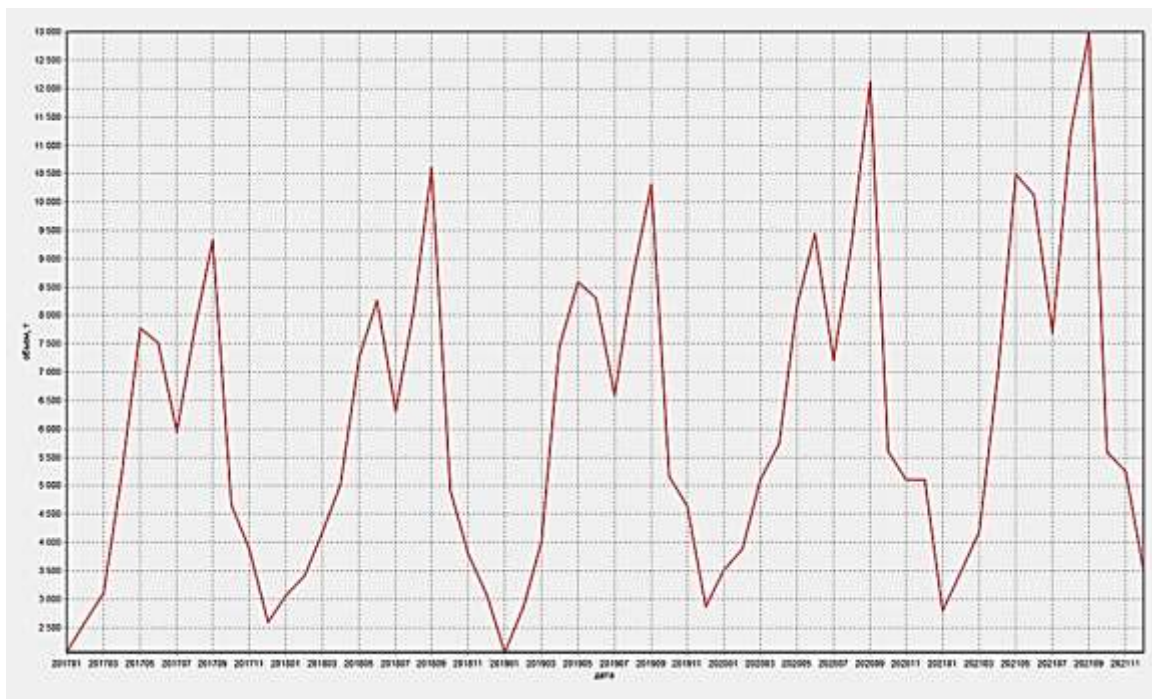


Рисунок 1 - Динамика анализируемых объемов перевозок за пять лет по месяцам года
«Составлено авторами»

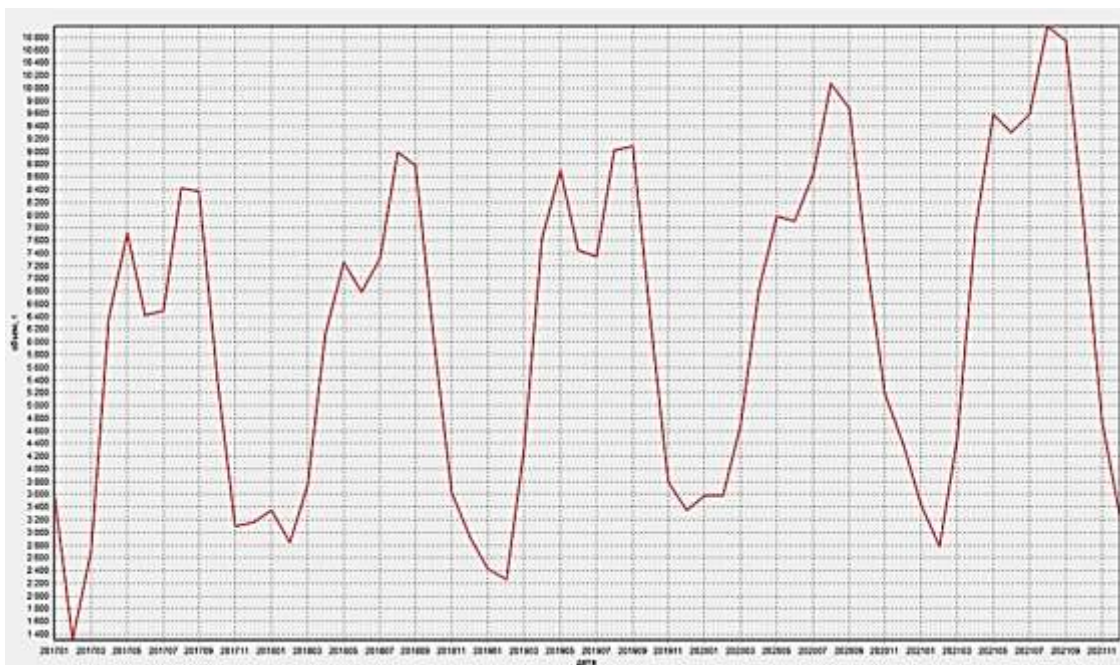


Рисунок 2 - Сглаживание данных, полученных за пять лет наблюдений «Составлено авторами»

Построенная искусственная нейронной сетью обучается по исходным данным, анализируются зависимости и влияние внешних факторов и строится прогноз на различные периоды времени.

Так как данные имеют сезонную зависимость, она выявлена с помощью обработчика статистических данных.

Качество обучения нейронной сети оценено на диаграмме рассеяния, при этом качество модели зависит от количества собранных данных на основе сравнения модели по двум годам наблюдений (рис. 3) и по пяти годам (рис. 4).

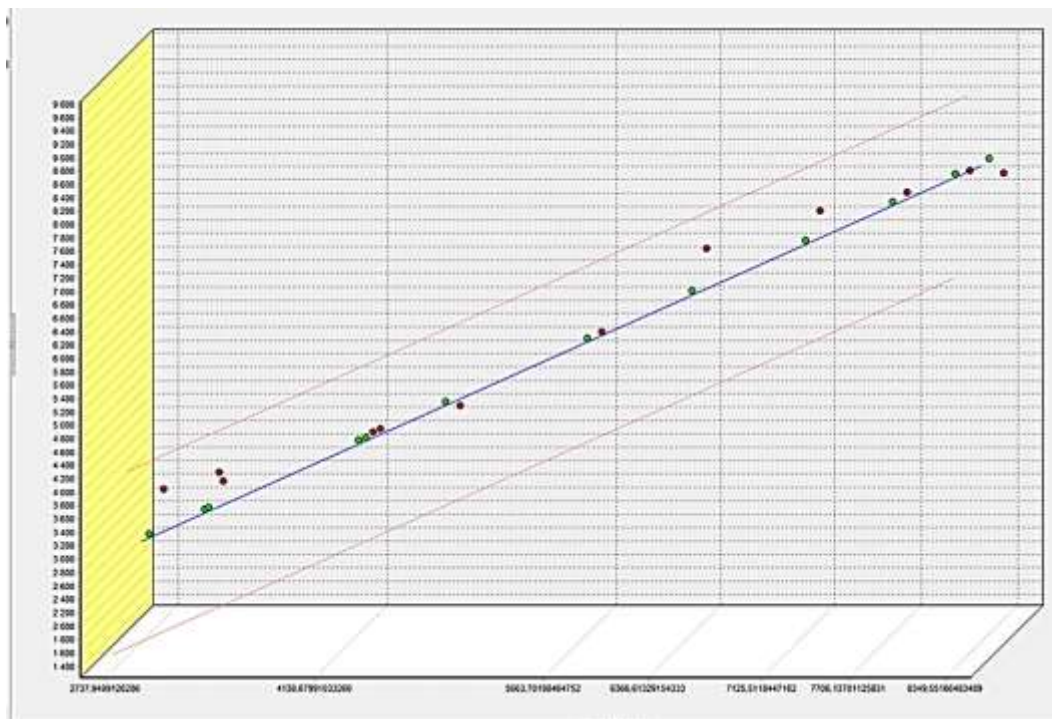


Рисунок 3 - Анализ рассеяния данных (информационная база составлена за два года)
«Составлено авторами»

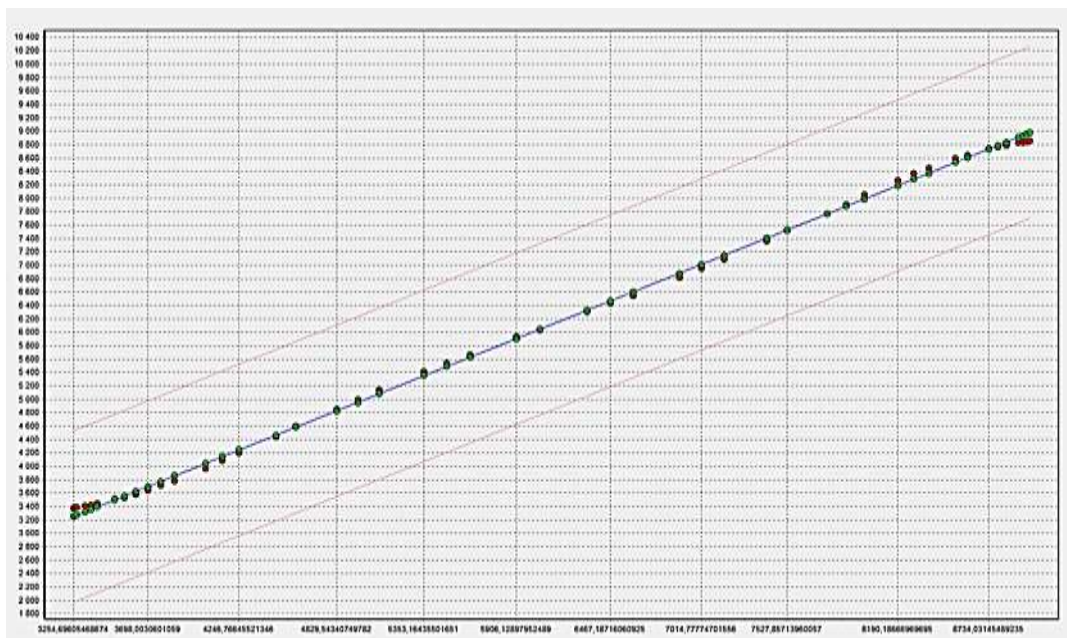


Рисунок 4 - Анализ рассеяния данных (информационная база составлена за пять лет)
«Составлено авторами»

Сравнительный анализ двух моделей показал, что качество модели прогноза и результат планирования объемов перевозок на несколько месяцев вперед более точный при использовании более обширной информационной базы.

Результаты

В результате проведенных исследований получены прогнозные значения для представленного примера расчета, а именно: 3431 тонн грузов будет перевозиться с января, 4113 – в феврале и 5550 – в марте. Можно аналогично построить прогнозы на любые месяца года.

Например, построен прогноз на 5 месяцев. По результатам обработки данных прогнозирования на основе наблюдений за пять лет прогнозные значения составили 3431, 4113, 5550, 6962 и 8389 тонн в период с января по май с разбивкой по месяцам (рис. 5).

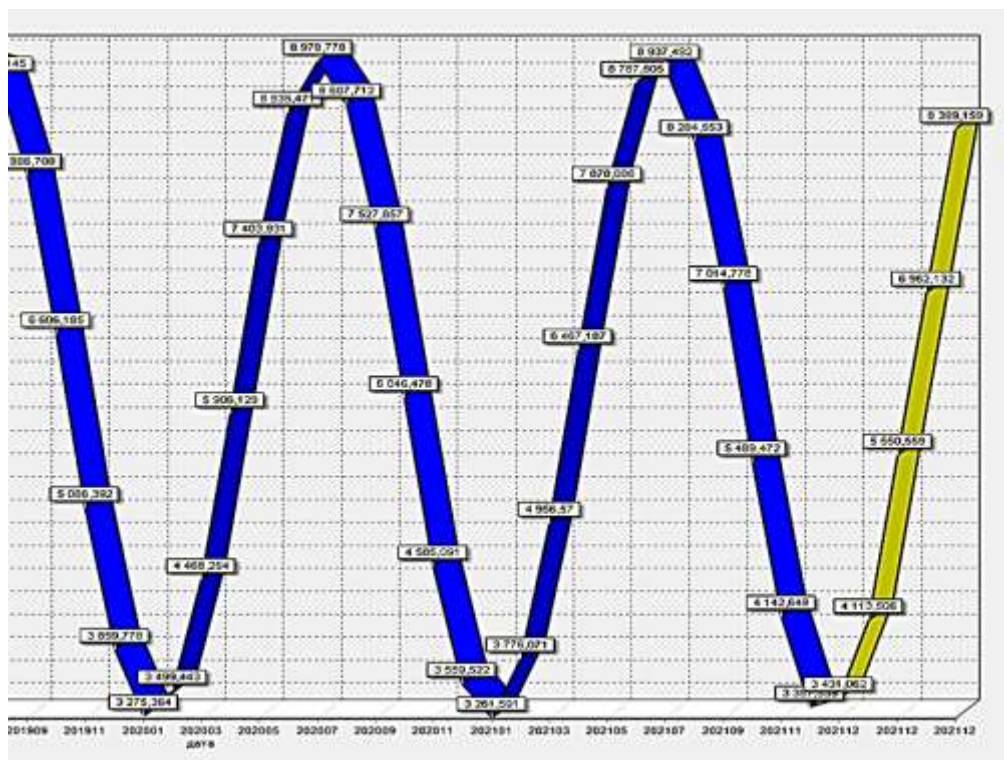


Рисунок 5 - Результаты прогнозирования суммарных объемов перевозок на пять месяцев «Составлено авторами»

Подобный сценарий – основа любого прогнозирования временного ряда с той разницей, что для каждого случая приходится как получать необходимый временной ряд (например, группировки), так и подбирать параметры очистки данных и параметры модели прогноза (например, структуры сети).

Обсуждение

При оценке качества прогнозов используются следующие показатели:

- абсолютная процентная ошибка, которая показывает ширину разброса прогнозов;
- смещение, которое показывает положительное или отрицательное смещение ошибок прогноза.

Оценка качества модели прогнозирования объемов перевозок с использованием нейронной сети (рис. 6) показала адекватность применения построенной модели прогнозирования.

При оценке качества прогноза ставится цель на уменьшение взвешенной абсолютной процентной ошибки и задаются ограничения на смещение ошибок прогноза [16]. Для проверки среднее значение ошибки соотносится с фактическим значением [20] и если относительность расхождения не превышает 5 %, то выбранный алгоритм прогнозирования можно считать адекватным.

Чем больше статистических данных использовать в модели, тем более точный прогноз можно получить.

Выводы

1. Составлена информационная база для исследования;
2. Рассмотрена последовательность действий при построении нейронной сети;
3. Исследована возможность применения нейронных сетей для расчета прогнозных значений объемов перевозок грузов за различные периоды времени с учетом сезонности перевозок;

4. Оценены ошибки выполненного прогнозирования с использованием построенной модели;
5. Усовершенствована методика прогнозирования транспортного спроса на основе использования преимуществ искусственного интеллекта.

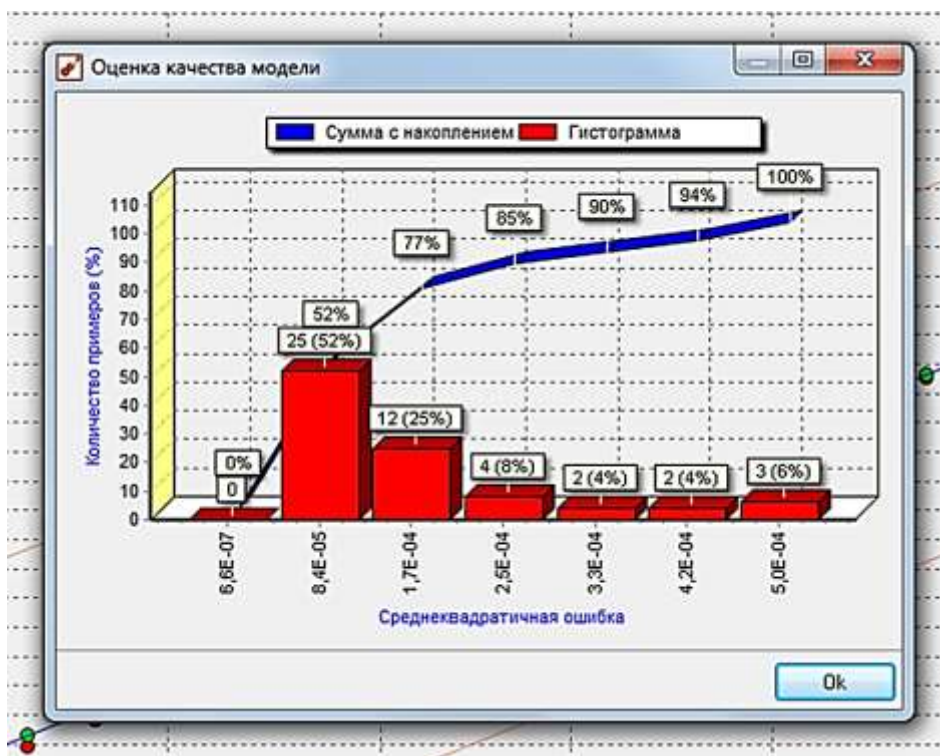


Рисунок 6 - Оценка качества модели «Составлено авторами»

Результаты исследования могут быть использованы в практической деятельности организации обеспечивающей перевозку собственной продукции. Внедрение предложенной методики будет способствовать принятию управленческих решений, направленных на повышение качества управления транспортным обеспечением производственного процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доронин П. Data Science для предсказания спроса: как это работает на самом деле? [Электронный ресурс]. Сетевое издание RB.RU. 2020. URL: <https://rb.ru/opinion/demand-forecasting/>.
2. Лебедева О.А. Сравнительный анализ моделей прогнозирования спроса на грузовые перевозки // Современные технологии и научно-технический прогресс. 2022. №9. С. 179-180.
3. Лебедева О.А., Гозбенко В.Е., Пыхалов А.А., Мухопад Ю.Ф. Сравнительный анализ методов решения транспортных задач при оптимальном планировании перевозочного процесса // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2020. №3(67). С. 134-139.
4. Рогулин Р.С. Прогнозирование и планирование спроса: кейс искусственного интеллекта при управлении цепочками поставок // Регион: системы, экономика, управление. 2023. №1(60). С. 172-180.
5. Семчугова Е.Ю., Негров Н.С., Нескоромный А.А. Практическое применение нейронных сетей для прогнозирования объемов перевозок грузов // Актуальные вопросы организации автомобильных перевозок, безопасности движения и эксплуатации транспортных средств: сб. науч. тр. по материалам XVI Междунар. науч.-техн. конф. Саратов: Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А. 2021. С. 67-70.
6. Семчугова Е.Ю., Чернова А.Н., Кожанова В.А., Тимофеев Д.А. Оценка качества транспортного обслуживания потребителей [Электронный ресурс] / Вестник Евразийской науки. 2018. №1. Том 10. URL: <https://esj.today/PDF/37ECVN118.pdf>.
7. Тимофеев Д.А., Семчугова Е.Ю., Кожанова В.А. Разработка методики выбора перевозчика на основе оценки качества транспортного обслуживания // Строительство и архитектура-2017. Дорожно-транспортный факультет: материалы науч.-практ. конф. Ростов-на-Дону: ДГТУ. 2017. С. 231-235.
8. Ульянова М.В. Прогнозирование с помощью нейронных сетей [Электронный ресурс] / Студенческий научный форум: Материалы X Международной студенческой научной конференции. URL: <https://scienceforum.ru/2018/article/2018005783>.
9. Управление транспортными потоками в городах: монография / под. Общ. ред. А.Н. Бурмистрова и А.И. Солодкого. М.: ИНФРА-М, 2019. 207 с.

10. Чернова А.Н., Семчугова Е.Ю., Солодовченко И.Ю. Управление грузовым автотранспортом г. Ростова-на-Дону: анализ проблем и пути их решения [Электронный ресурс] / Вестник Евразийской науки. 2018. №1. Том 10. URL: <https://esj.today/PDF/38ECVN118.pdf>.
11. Development prospects of the technologies and infrastructure for a transport and logistics system of a new type Gleb Savin E3S Web of Conferences 296, 03012. 2021.
12. Hanke, Reitsch, Wichern. Business Forecasting Seventh Edition, 2017. 656 p.
13. H. Liu, M. Xu, Z. Yu, V. Corvinelli, C. Zuzarte. Cardinality Estimation Using Neural Networks. In Proceedings of the 25th Annual International Conference on Computer Science and Software Engineering, CASCON '15. P. 53-59.
14. Izabela Rojek. Technological process planning by the use of neural networks // Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing. 2017. №31. P. 1-15.
15. KC Cheung. 10 Use Cases of Neural Networks in Business // Algorithmxlab. 2020.
16. Russell Ainslie, John Mccall, Robert Gordon, Siddhartha Shakya, Gilbert Owusu Predictive planning with neural networks 2016 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN).
17. Ryan Marcus, Olga Papaemmanouil Plan-Structured Deep Neural Network Models for Query Performance Prediction PVLDB. №12(11). 2019. P. 1733-1746.
18. R. Marcus and O. Papaemmanouil. Deep Reinforcement Learning for Join Order Enumeration. In First International Workshop on Exploiting Artificial Intelligence Techniques for Data Management, aiDM '18, Houston. TX. 2018.
19. Tatiana Satsuk, Fatima Botasheva, Svetlana Rachek, Maria Pak. Social Economic Development Control and Management in the Context of Integration Transformations. Conference paper First Online: Part of the Lecture Notes in Networks and Systems book series. Vol. 402. DOI: 10.1007/978-3-030-96380-4_5.
20. T. Kraska A. Beutel E.H. Chi J. Dean, Polyzotis N. The Case for Learned Index Structures. In Proceedings of the 2018 International Conference on Management of Data, SIGMOD '18. P. 489-504.
21. Liu W., Wang Z., Liu X., Zeng N., Liu Y., Alsaadi F.E. A survey of deep neural network architectures and their applications. Neurocomputing. 234. 2017. P. 11-26.

Зырянов Владимир Васильевич

Донской государственный технический университет
Адрес: 344002, Россия, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162
Д.т.н., зав. кафедрой организации перевозок и дорожного движения
E-mail: tolbaga@mail.ru

Семчугова Елена Юрьевна

Донской государственный технический университет
Адрес: 344002, Россия, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162
К.э.н., доцент кафедры организации перевозок и дорожного движения
E-mail: semelena67@mail.ru

Караева Марина Руслановна

Донской государственный технический университет
Адрес: 344002, Россия, г. Ростов-на-Дону, ул. ул. Социалистическая, 162
К.э.н., доцент кафедры организации перевозок и дорожного движения
E-mail: mari.karaeva@gmail.com

Костенко Анастасия Александровна

Донской государственный технический университет
Адрес: 344002, Россия, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162
Ассистент кафедры организации перевозок и дорожного движения
E-mail: anastasiya.kostenko.93@mail.ru

V.V. ZYRYANOV, E.Y. SEMCHUGOVA, M.R. KARAEVA, A.A. KOSTENKO

IMPROVING THE QUALITY OF FORECASTING TRANSPORTATION VOLUME USING NEURAL NETWORKS

Abstract. Organization management requires solving many problems, one of which is planning the volume of transportation of manufactured products. The purpose of the study is to improve the forecasting methodology by improving the accuracy of the forecast when planning the volume of cargo transportation, taking into account the seasonal changes in the studied transportation by road. Improving the quality of forecasting transport demand is currently possible using the advantages of artificial intelligence, which is developing at a rapid pace and is used in various sectors of the economy. The possibility of using artificial neural networks for planning road freight transportation is analyzed. The information base of the study was compiled, the stages of planning were described, an example of calculations of the forecasted traffic volumes was presented, forecast errors were calculated.

Keywords: traffic volume planning, neural networks, forecast error, traffic management, artificial intelligence

BIBLIOGRAPHY

1. Doronin P. Data Science dlya predskazaniya sprosa: kak eto rabotaet na samom dele? [Elektronnyy resurs]. Setevoye izdanie RB.RU. 2020. URL: <https://rb.ru/opinion/demand-forecasting/>.
2. Lebedeva O.A. Sravnitel'nyy analiz modeley prognozirovaniya sprosa na gruzovye perevozki // Sovremennye tekhnologii i nauchno-tekhnicheskiy progress. 2022. №9. S. 179-180.
3. Lebedeva O.A., Gozbenko V.E., Pykhalov A.A., Mukhopad Yu.F. Sravnitel'nyy analiz metodov resheniya transportnykh zadach pri optimal'nom planirovanii perezozhnoy protsessu // Sovremennye tekhnologii. Sistemy analiz. Modelirovanie. 2020. №3(67). S. 134-139.
4. Rogulin R.S. Prognozirovanie i planirovanie sprosa: keys iskusstvennogo intellekta pri upravlenii tsepkami postavok // Region: sistemy, ekonomika, upravlenie. 2023. №1(60). S. 172-180.
5. Semchugova E.Yu., Negrov N.S., Neskoromnyy A.A. Prakticheskoe primenenie neyronnykh setey dlya prognozirovaniya ob'emov perezozok gruzov // Aktual'nye voprosy organizatsii avtomobil'nykh perezozok, bezopasnosti dvizheniya i ekspluatatsii transportnykh sredstv: sb. nauch. tr. po materialam XVI Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. Saratov: Saratovskiy gosudarstvennyy tekhnicheskiy universitet im. Gagarina Yu.A. 2021. S. 67-70.
6. Semchugova E.Yu., Chernova A.N., Kozhanova V.A., Timofeev D.A. Otsenka kachestva transportnogo ob-sluzhivaniya potrebiteley [Elektronnyy resurs] / Vestnik Evraziyskoy nauki. 2018. №1. Tom 10. URL: <https://esj.today/PDF/37ECVN118.pdf>.
7. Timofeev D.A., Semchugova E.Yu., Kozhanova V.A. Razrabotka metodiki vybora perezozhika na osnove otsenki kachestva transportnogo obsluzhivaniya // Stroitel'stvo i arkhitektura-2017. Dorozhno-transportnyy fakul'tet: materialy nauch.-prakt. konf. Rostov-na-Donu: DGTU. 2017. S. 231-235.
8. Ul'yanova M.V. Prognozirovanie s pomoshch'yu neyronnykh setey [Elektronnyy resurs] / Studencheskiy nauchnyy forum: Materialy X Mezhdunarodnoy studencheskoy nauchnoy konferentsii. URL: <https://scienceforum.ru/2018/article/2018005783>.
9. Upravlenie transportnymi potokami v gorodakh: monografiya / pod. Obsch. red. A.N. Burmistrova i A.I. Solodkogo. M.: INFRA-M, 2019. 207 s.
10. Chernova A.N., Semchugova E.Yu., Solodovchenko I.Yu. Upravlenie gruzovym avtotransportom g. Rostova-na-Donu: analiz problem i puti ikh resheniya [Elektronnyy resurs] / Vestnik Evraziyskoy nauki. 2018. №1. Tom 10. URL: <https://esj.today/PDF/38ECVN118.pdf>.
11. Development prospects of the technologies and infrastructure for a transport and logistics system of a new type Gleb Savin E3S Web of Conferences 296, 03012. 2021.
12. Hanke, Reitsch, Wichern. Business Forecasting Seventh Edition, 2017. 656 p.
13. H. Liu, M. Xu, Z. Yu, V. Corvinelli, C. Zuzarte. Cardinality Estimation Using Neural Networks. In Proceed-ings of the 25th Annual International Conference on Computer Science and Software Engineering, CASCON '15. R. 53-59.
14. Izabela Rojek. Technological process planning by the use of neural networks // Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing. 2017. №31. R. 1-15.
15. KC Cheung. 10 Use Cases of Neural Networks in Business // Algorithmxlab. 2020.
16. Russell Ainslie, John Mccall, Robert Gordon, Siddhartha Shakya, Gilbert Owusu Predictive planning with neural networks 2016 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN).
17. Ryan Marcus, Olga Papaemmanouil Plan-Structured Deep Neural Network Models for Query Performance Prediction PVLDB. №12(11). 2019. R. 1733-1746.
18. R. Marcus and O. Papaemmanouil. Deep Reinforcement Learning for Join Order Enumeration. In First International Workshop on Exploiting Artificial Intelligence Techniques for Data Management, aiDM '18, Houston, TX. 2018.
19. Tatiana Satsuk, Fatima Botasheva, Svetlana Rachek, Maria Pak. Social Economic Development Control and Management in the Context of Integration Transformations. Conference paper First Online: Part of the Lecture Notes in Networks and Systems book series. Vol. 402. DOI: 10.1007/978-3-030-96380-4_5.
20. T. Kraska A. Beutel E.H. Chi J. Dean, Polyzotis N. The Case for Learned Index Structures. In Proceedings of the 2018 International Conference on Management of Data, SIGMOD '18. R. 489-504.
21. Liu W., Wang Z., Liu X., Zeng N., Liu Y., Alsaadi F.E. A survey of deep neural network architectures and their applications. Neurocomputing. 234. 2017. R. 11-26.

Zyryanov Vladimir Vasilievich

Don State Technical University
Address: 344002, Russia, Rostov-on-Don, st. Socialist
Doctor of technical sciences
E-mail: tolbaga@mail.ru

Semchugova Elena Yurievna

Don State Technical University
Address: 344002, Russia, Rostov-on-Don, st. Socialist
Candidate of economics sciences
E-mail: semelena67@mail.ru

Karaeva Marina Ruslanovna

Don State Technical University
Address: 344002, Russia, Rostov-on-Don, st. Socialist
Candidate of economics sciences
E-mail: mari.karaeva@gmail.com

Kostenko Anastasia Alexandrovna

Don State Technical University
Address: 344002, Russia, Rostov-on-Don, st. Socialist
Assistant of the department of organization of transportation and traffic
E-mail: anastasiya.kostenko.93@mail.ru

Научная статья

УДК 656.025.4

doi:10.33979/2073-7432-2024-1-3(84)-35-41

М.П. КАРЕТНИКОВА, А.И. МАСЛЕЕВ, А.Д. КУЛЯЗИН, Д.Ю. КОЗИНОВ

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМА ПЧЕЛИНОЙ КОЛОНИИ И ЯНДЕКС МАРШРУТИЗАЦИИ В АСПЕКТЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ МАРШРУТИЗАЦИИ ТРАНСПОРТА

Аннотация. В работе рассматривается один из мета-эвристических методов решения задачи маршрутизации транспорта – пчелиный алгоритм. Рассмотрен алгоритм метода, его математическая модель и сравнение результатов относительно расчетов Яндекс маршрутизации. Рассматриваются этапы алгоритмизации в профессиональной среде моделирования AnyLogic.

Ключевые слова: задача маршрутизации транспорта, пчелиный алгоритм, AnyLogic, 2-opt-heuristic

Введение

В современном мире, рынок грузовых перевозок представляет собой огромное количество транспортных компаний, конкурирующих между собой. Целью каждой из которых, является получение максимально возможной прибыли. Одним из вариантов сокращения издержек компании, является установка правильных тарифов на обслуживание оборудования, горюче-смазочные материалы и т.д. Однако, наиболее существенным методом получения максимальной прибыли является сокращение издержек, составлением наиболее рациональных маршрутов доставки грузов. Такие, оптимальные, маршруты позволяют экономить, как горюче-смазочные материалы, так и время доставки грузов. Задача составления таких маршрутов, в науке известна как проблема маршрутизации транспортных средств [1].

Впервые, данный тип задач (VRP) представили в своей работе Dantzig и Ramser [1], в ней, была определена группа задач, впоследствии названная VRP. Практическая сторона данного исследования состоит в том, чтобы найти наиболее оптимальные маршруты доставки бензина парком бензовозов от распределительной станции магистрального трубопровода до некоторого количества автомобильных заправочных станций. Эта статья положила начало более обширного исследования других исследователей [2, 3].

Материал и методы

С математической точки зрения задача маршрутизации транспортных средств может быть представлена в виде взвешенного ориентированного графа $G = (V, A, D)$, где $V = (v_1, v_2, v_3 \dots v_n)$ – множество вершин, $A = \{(v_i, v_j) : i \neq j\}$ – множество дуг между вершинами. Дуги представляют собой «стоимость» перемещения между вершинами v_i и v_j (расстояние, время прохождения или стоимость проезда). Вершина v_0 , в данном случае, обозначает депо – изначальную точку отправления всех транспортных средств, остальные вершины обозначают города (клиентов). С каждым клиентом v_i , за исключением депо, ассоциировано некоторое количество спроса $q_i > 0$, где:

$$\sum_{i=1}^n d_i = D, \quad (1)$$

где n – размерность задачи (количество потребителей).

Целью является нахождения наиболее оптимальных маршрутов, то есть имеющих наименьшую стоимость, с учетом следующих ограничений:

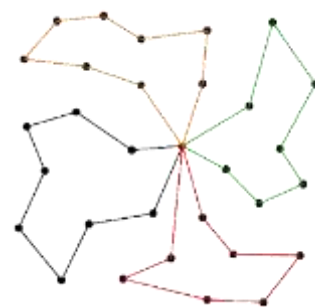


Рисунок 1 - Визуализация задачи VRP

- каждый клиент будет посещен ровно 1 раз на одном транспортном средстве;
- движение всех транспортных средств, участвующих в задаче начинаются и заканчиваются в Депо;
- для каждого маршрута, выполняется проверка осуществимости доставки, то есть, суммарная потребность клиентов, участвующих в маршруте, не превышает грузоподъемность транспортного средства, осуществляющего эту доставку Q .

Теория

С момента появления данного типа задачи, появилось множество методов ее решения. Все методы решения *VRP* можно разделить на 3 основные группы: точные, эвристические и мета-эвристические. В последнее время, именно последняя группа получила наибольшую популярность. Это является следствием стремительного развития компьютерных технологий и вычислительных мощностей, поскольку они требуют больших вычислительных ресурсов. В них делается упор на более тщательном изучении пространства решений, с целью поиска наиболее перспективных вариантов решения. Качество получаемых методами этой группой решений получается выше по сравнению с другими методами остальных групп. Наиболее популярными представителями этой категории являются следующие методы:

- метод имитации отжига [4];
- генетический алгоритм [5];
- алгоритм муравьиной колонии [6];
- алгоритм пчелиной колонии [7].

Именно последний, был выбран в качестве объекта исследования.

Теоретическая часть данного алгоритма разобрана в предыдущих исследованиях [указать нашу статью про пчел 8]. По их итогам, можно однозначно сказать, что решения, полученные данным методом, обладают высоким «качеством». То есть, итоговая длина маршрутной сети на тестовых примерах (*VRP*-картах) была приближена к оптимальной.

Целью этого исследования является сравнительный анализ данного метода, относительно одного из существующих инструментов решения «Яндекс Маршрутизация». Яндекс Маршрутизация является общедоступным ресурсом, который помогает решать различные логистические задачи. Функционал также позволяет строить оптимальные маршруты доставки грузов.

В качестве программного обеспечения, в котором будет реализован алгоритм, было выбрано профессиональное программное обеспечение имитационного моделирования «AnyLogic». Данное ПО является одним из ведущих инструментов разработки имитационных моделей и бизнес процессов.

ABC-алгоритм, относительно решения задачи маршрутизации транспорта, в AnyLogic представляет собой Excel-файл, содержащий матрицу расстояний и несколько взаимосвязанных функций. Матрица расстояний – двумерный массив, представляющий собой кратчайшие расстояния между всеми клиентами, участвующими в задаче. Данный файл выступает в роли основного входного параметра алгоритма, то есть он является начальной точкой алгоритма.

Запуск имитационной модели начинается со стартового экрана. С помощью него, можно настроить сторонние параметры, участвующие в алгоритме, такие как:

- `ABC_maxIterations` – максимальное количество итераций алгоритма;
- `QuantityOfSolutions` – количество одновременно рассматриваемых решений;
- `limitIterationWithoutImprovement` – максимальное количество итераций без улучшений результата. Данный параметр необходим для того, чтобы обходить локальные минимумы пространства решений. При его достижении, текущее, рассматриваемое решение сбрасывается на случайное решение, и весь процесс начинается заново.

Стартовое окно модели представлено на рисунке 2.

Для сравнения, был выбран практический пример доставки груза. Стоит отметить, что в данном случае используется задача типа коммивояжера (*TSP*) [9]. Задача данного типа отличается от *VRP* тем, что в задаче участвует только одно транспортное средство, иными сло-

вами, происходит построение одного, наиболее кратчайшего маршрута. Вследствие этого, упраздняется и условие осуществимости грузоперевозки.

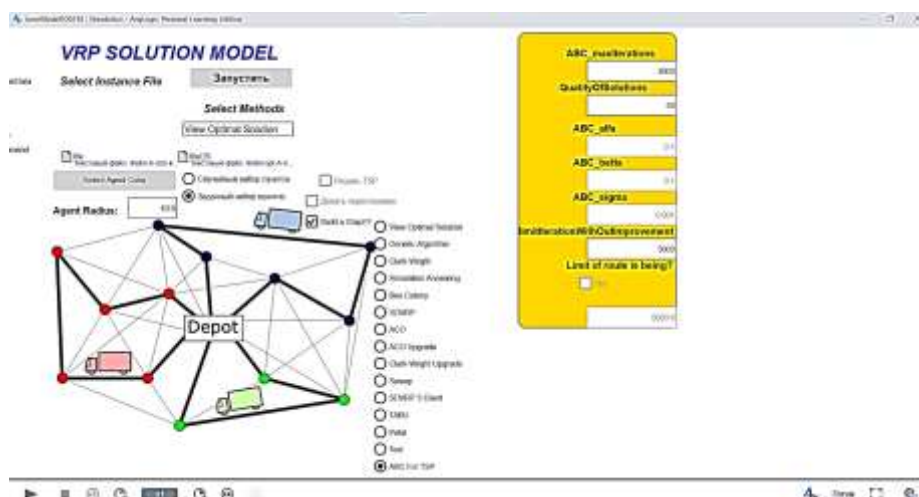


Рисунок 2 - Стартовое окно модели

Практические исходные данные представлены ниже:

Размерность задачи – 20 клиентов, 1 Депо. Детальное описание расположения потребителей (все адреса указаны для г. Москва и Московской области):

База:

0) г. Москва, Коровинское шоссе 35 стр. 1

Точки:

1) г. Москва, ул. Рябиновая, д. 51, стр. 2

2) г. Москва, ш.Варшавское, д. 170г

3) Московская область, Раменский район, рабочий пос. Быково, ул. Аэропортовская, д. 14, корпус 18

4) г. Москва, с, проспект Мира, д. 211, к. 2

5) г. Мытищи, д. Еремино, ул. Дмитровская, стр. 49А/3

6) г. Москва, Каширское шоссе, д. 19, корпус 1

7) г. Москва, Хорошёвский 2-й проезд, 7, стр. 1а, пом. 1

8) г. Москва, ул. Большая Черёмушкинская, д. 2А, стр. 3

9) г. Москва, ул. Молодогвардейская, д. 61, стр. 20

10) г. Москва, ул. Лобачевского, д. 114

11) г. Москва, ул. Лухмановская, д. 12

12) МО, г. Красногорск, коммунальная зона Красногорск-Митино тер., стр. 5

13) Московская область, г. Истра, д. Лобаново д. 256

14) МО, г. Одинцово, ул. Полевая, д. 19

15) г. Москва, ул. Правобережная, д. 1б

16) Московская область, г. Пушкино, ш. Ярославское, д. 2В, стр. 3

17) Московская область, г. Подольск, ул. Большая Серпуховская, д. 25

18) Московская область, г. Реутов, ул. Транспортная, вл. 5А

19) г. Москва, п. Мосрентген, ул. Адмирала Корнилова, д. 37, стр. 1

20) 123182, г. Москва, ул. Авиационная, д. 68, корп. 4

Средствами Яндекса удалось добиться следующего результата (рис. 3):

При этом, итоговая длина маршрута составляет 389.96 км. Стоит отметить, что расчет занимает порядка 10-20 секунд.

Результаты и обсуждение

Поскольку разработанный алгоритм является стохастическим, то есть каждый прогон алгоритма может давать различный результат, то для его объективного сравнения с Яндекс

Маршрутизацией, следует делать несколько прогонов алгоритма. В результирующую таблицу будут сведены усредненные результаты.



Рисунок 3 - Визуализация решения задачи средствами Яндекс

Прогоны алгоритма будут проходить на оптимальных параметрах, выявленных в предыдущей статье, посвященной изучению данного метода решения ЗМТ:

- ABC_maxIterations – 50000;
- QuantityOfSolutions – 25;
- limitIterationWithoutImprovement – 2500.

В качестве результата работы алгоритма в консоль AnyLogic выводятся следующие данные:

```
[0.0, 27.7, 17.4, 29.0, 39.0, 65.0, 51.0, 41.0, 30.0, 31.0, 26.6, 34.4, 41.0, 18.0, 16.8, 8.7, 11.9, 16.5, 35.2, 38.6, 55.3]
[27.7, 0.0, 31.0, 41.0, 50.0, 83.0, 53.0, 54.0, 44.0, 46.0, 38.0, 53.0, 47.0, 32.0, 32.0, 21.6, 25.9, 40.0, 44.0, 51.0, 68.0]
[17.4, 31.0, 0.0, 13.5, 18.3, 49.0, 27.0, 24.3, 14.0, 16.6, 12.0, 26.2, 34.0, 22.1, 9.6, 16.0, 16.8, 28.3, 32.0, 47.0]
[29.0, 41.0, 13.5, 0.0, 7.0, 39.0, 14.4, 16.8, 12.3, 15.6, 19.2, 31.0, 45.0, 32.0, 21.2, 27.4, 23.4, 26.5, 25.2, 25.7, 39.0]
[39.0, 50.0, 18.3, 7.0, 0.0, 34.0, 12.1, 18.0, 17.6, 21.1, 26.4, 37.0, 50.0, 34.0, 24.7, 29.0, 25.2, 23.8, 27.0, 27.3, 40.0]
[65.0, 83.0, 49.0, 39.0, 34.0, 0.0, 20.0, 35.0, 38.0, 37.0, 48.0, 49.0, 76.0, 64.0, 56.0, 65.0, 59.0, 57.0, 55.0, 47.0, 58.0]
[51.0, 53.0, 27.0, 14.4, 12.1, 20.0, 0.0, 12.0, 18.7, 18.9, 24.7, 31.0, 52.0, 40.0, 37.0, 43.0, 38.0, 38.0, 38.0, 32.0, 42.0]
[41.0, 54.0, 24.3, 16.8, 18.0, 35.0, 12.0, 0.0, 11.8, 11.7, 17.3, 21.0, 45.0, 34.0, 30.0, 36.0, 40.0, 37.0, 44.0, 41.0, 53.0]
[30.0, 44.0, 14.0, 12.3, 17.6, 38.0, 18.7, 11.8, 0.0, 6.0, 10.0, 21.0, 38.0, 25.4, 19.7, 29.0, 32.0, 28.4, 37.0, 37.0, 51.0]
[31.0, 46.0, 16.6, 15.6, 21.1, 37.0, 18.9, 11.7, 6.0, 0.0, 6.0, 17.0, 36.0, 24.4, 17.6, 25.7, 28.2, 28.7, 38.0, 38.0, 51.0]
[26.6, 38.0, 12.0, 19.2, 26.4, 48.0, 24.7, 17.3, 10.0, 6.0, 0.0, 15.0, 30.0, 18.3, 14.5, 21.4, 24.5, 30.0, 40.0, 43.0, 52.0]
[34.4, 53.0, 26.2, 31.0, 37.0, 49.0, 31.0, 21.0, 21.0, 17.0, 15.0, 0.0, 34.0, 33.0, 30.0, 34.0, 42.0, 40.0, 50.0, 50.0, 65.0]
[41.0, 47.0, 34.0, 45.0, 50.0, 76.0, 52.0, 45.0, 38.0, 36.0, 30.0, 34.0, 0.0, 18.0, 28.5, 32.0, 47.0, 49.0, 73.0, 63.0, 75.0]
[18.0, 32.0, 22.1, 32.0, 34.0, 64.0, 40.0, 34.0, 25.4, 24.4, 18.3, 33.0, 18.0, 0.0, 12.5, 13.5, 27.4, 29.0, 50.0, 46.0, 60.0]
[16.8, 32.0, 9.6, 21.2, 24.7, 56.0, 37.0, 30.0, 19.7, 17.6, 14.5, 30.0, 28.5, 12.5, 0.0, 14.0, 17.7, 20.7, 35.0, 37.0, 50.0]
[8.7, 21.6, 16.0, 27.4, 29.0, 65.0, 43.0, 36.0, 29.0, 25.7, 21.4, 34.0, 32.0, 13.5, 14.0, 0.0, 15.4, 17.3, 38.0, 42.0, 63.0]
[11.9, 25.9, 16.8, 23.4, 25.2, 59.0, 38.0, 40.0, 32.0, 28.2, 24.5, 42.0, 47.0, 27.4, 17.7, 15.4, 0.0, 2.36, 24.0, 28.0, 48.0]
[16.5, 40.0, 16.0, 26.5, 23.8, 57.0, 38.0, 37.0, 28.4, 28.7, 30.0, 40.0, 49.0, 29.0, 20.7, 17.3, 2.36, 0.0, 23.5, 30.0, 46.0]
[35.2, 44.0, 28.3, 25.2, 27.0, 55.0, 38.0, 44.0, 37.0, 38.0, 40.0, 50.0, 73.0, 50.0, 35.0, 38.0, 24.0, 23.5, 0.0, 10.6, 32.0]
[38.6, 51.0, 32.0, 25.7, 27.3, 47.0, 32.0, 41.0, 37.0, 38.0, 43.0, 50.0, 63.0, 46.0, 37.0, 42.0, 28.0, 30.0, 10.6, 0.0, 20.3]
[55.3, 68.0, 47.0, 39.0, 40.0, 58.0, 42.0, 53.0, 51.0, 51.0, 52.0, 65.0, 75.0, 60.0, 50.0, 63.0, 48.0, 46.0, 32.0, 20.3, 0.0]
Total length: 371.86
Yandex length: 389.96000000000004
Total route: [0, 20, 19, 18, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 2, 17, 16, 1, 15, 0]
```

Рисунок 4 - Результат работы ABC-алгоритма в среде AnyLogic

Сначала выводится изначальная матрица расстояний, по которой рассчитывалось решение. Затем выводится итоговая длина полученного маршрута, в данном случае, она составляет 371,86 км. После этого, для наглядного сравнения выводится длина маршрута, полученная средствами Яндекс. В заключение, выводится итоговый маршрут, полученный в ходе решения, он представляет собой последовательность клиентов, в начале и конце кото-

рой расположены «0». Как видно, основное условие задачи коммивояжера соблюдается – транспортное средство начинает и заканчивает свое движение в Депо.

Также, в окне модели выводится график получения решения: по оси X расположены итерации алгоритма, а по оси Y решение, то есть итоговая длина, достигнутая на соответствующей итерации алгоритма.

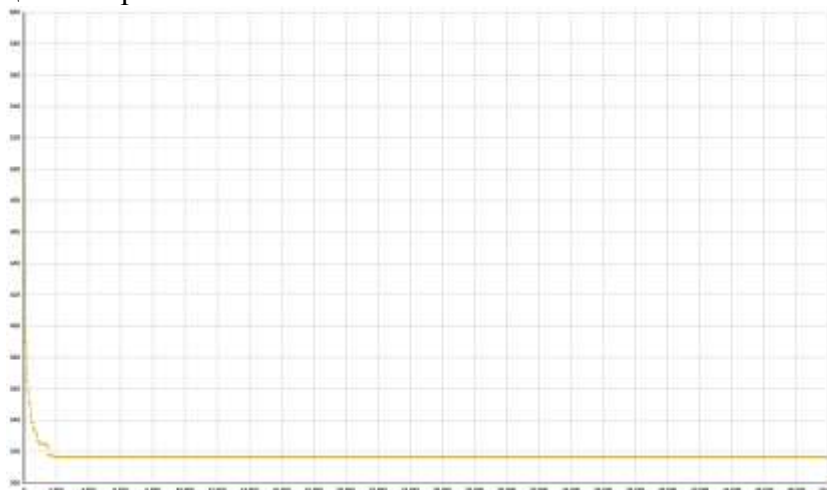


Рисунок 5 - График решения, исходя из 50000 итераций алгоритма

Как видно из графика, выбранные значения входных параметров излишни для TSP задачи такой размерности. После 2000 итерации не было ни одной улучшающей итерации.

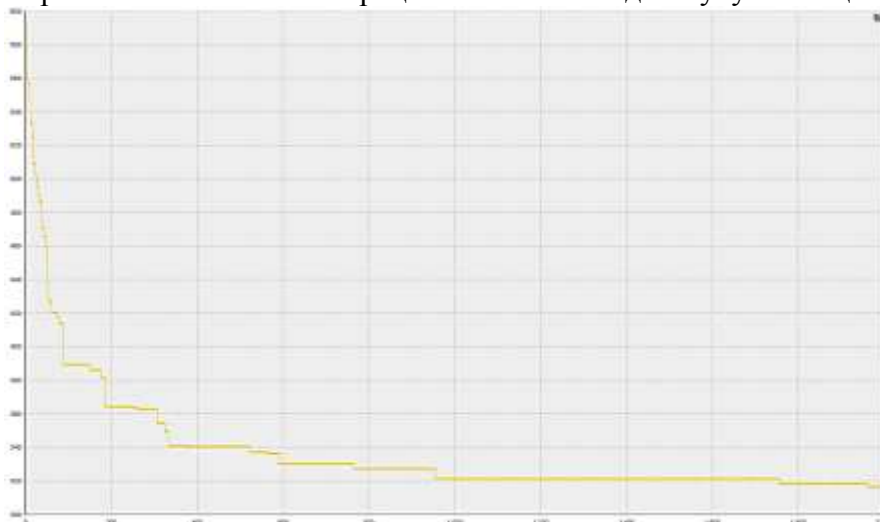


Рисунок 6 - График решения, исходя из 2000 итераций алгоритма

График, изображенный на рисунке 6, показывает, что интенсивность улучшения (сокращения протяженности) маршрута спадает по мере увеличения количества итераций. Основное приближение к оптимальному результату происходит за 1000 итераций. После этого интенсивность резко снижается.

Результаты тестирования сведены в таблицу 1.

Результаты, приведенные в таблице 1, позволяют сделать однозначный вывод о том, что алгоритм пчелиной колонии очень хорошо применим к TSP задаче. В каждом из прогонов алгоритма, он показал результат, который превосходит найденный Яндекс Маршрутизацией. Экономия в пробеге транспортного средства составляет 4.64% (18.1 км). При этом работа алгоритма занимает в среднем от 1 до 3 секунд, что говорит о высокой производительности алгоритма.

Выводы

Для более объективных и обширных выводов о работе и алгоритма, будет проводиться тестирование на других реальных практических примерах, а также тестовых примерах

библиотеки TSP и VRP примеров. А также целесообразно сравнить данный метод с другими методами (мета-эвристическими, эвристическими) решения задачи маршрутизации транспорта и задачи коммивояжера. Следующим шагом, также станет визуализация полученного методом пчелиной колонии решения, используя различные общедоступные инструменты.

Таблица 1 - Итоговая таблица результатов

№ прогона алгоритма	Результат, полученный средствами Яндекса, км	Результат, полученный алгоритмом пчелиной колонии, км	Средний результат, км
1	389.96	371.86	371.86
2		371.86	
3		371.86	
4		371.86	
5		371.86	
6		371.86	
7		371.86	
8		371.86	
9		371.86	
10		371.86	

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Dantzig George Bernard, Ramser John Hubert. The Truck Dispatching Problem // Management Science. 1959. С. 80-91.
2. Bertsimas D.J., Simchi-Levi D. A new generation of vehicle routing research: Robust algorithms addressing uncertainty // Operations Research. 1996. С. 286-304.
3. Clarke G. Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points // Operations Research, 1964. №14. С. 568-581.
4. Metropolis Nicholas, Rosenbluth Arianna W., Rosenbluth Marshall N., Teller Augusta H., Teller Edward. Equation of State Calculations by Fast Computing Machines // The Journal of Chemical Physics, 1953 №21. С. 1087.
5. Barricelli Nils Aall. Esempi numerici di processi di evoluzione // Methodos, 1954. С. 45-68
6. A. Colomi M., Dorigo et V. Maniezzo. Distributed Optimization by Ant Colonies, actes de la première conférence européenne sur la vie artificielle // Paris, France, Elsevier Publishing. 1991. С 134-142.
7. Augerat P., Belenguer J., Benavent E., Corber'an A., Naddef D., Rinaldi G. Computational results with a branch and cut code for the capacitated vehicle routing problem // Tech. Rep. 949-M, Université Joseph Fourier. Grenoble. France. 1995.
8. Маслеев А.И., Кулязин А.Д., Кареникова М.П., Липенков А.В. Оценка эффективности метода муравьиной колонии для решения задачи маршрутизации транспорта // Информационные технологии и инновации на транспорте: VII международная научно-практическая конференция. Орел. 2022.
9. Euler Leonhard. Solution d'une question curieuse que ne paroît soumise à aucune analyse // Mémoires de l'académie des sciences de Berlin. 1766. №15(1759). С. 310-337.
10. Маслеев А.И., Кулязин А.Д., Липенков А.В., Каретникова М.П. Оценка эффективности различных видов перестановок в усовершенствованном методе имитации отжига / Актуальные вопросы организации автомобильных перевозок, безопасности движения и эксплуатации транспортных средств: XVI международная научно-практическая конференция. Саратов: СарГТУ им Ю. А. Гагарина. 2021.
11. Карпенко А.П. Современные алгоритмы поисковой оптимизации. Алгоритмы, вдохновленные природой: учебное пособие. 2-е изд. Москва: МГТУ им. НЭ Баумана, 2017. 446 с.
12. Курейчик В.М., Кажаров А.А. Анализ и состояние задачи маршрутизации автотранспорта // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. № 4. 2013. С. 73-77
13. Karpenko A.P. Evolutionary Operators for Global Optimization Population-Based Algorithms. Experience of Systematization // Mathematics and Mathematical Modeling. 2018. С. 59-89.
14. Szeto W.Y., Yongzhong Wu, Sin C. Ho. An artificial bee colony algorithm for the capacitated vehicle routing problem // European Journal of Operational Research. №215. 2011. С. 126-135.
15. Glover F., Laguna M. Tabu Search // Kluwer Academic Publishers. Springer. 1997.

Каретникова Мария Павловна

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева
 Адрес: 603155, Россия, г. Нижний Новгород, ул. Минина, д. 24
 Студент
 E-mail: karetnikovamasha@mail.ru

Маслеев Александр Иванович

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева
 Адрес: 603155, Россия, г. Нижний Новгород, ул. Минина, д. 24
 Магистр
 E-mail: masleev2018@yandex.ru

Кулязин Андрей Дмитриевич

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
Адрес: 603155, Россия, г. Нижний Новгород, ул. Минина, д. 24
Аспирант
E-mail: fcvolga2008@gmail.com

Козин Дмитрий Юрьевич

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
Адрес: 603155, Россия, г. Нижний Новгород, ул. Минина, д. 24
Аспирант
E-mail: mitya.kozinoff@yandex.ru

M.P. KARETNIKOVA, A.I. MASLEEV, A.D. KULYAZIN, D.Y. KOZINOV

**COMPARATIVE ANALYSIS OF THE BEE COLONY ALGORITHM
AND YANDEX ROUTING IN THE ASPECT OF SOLVING
THE PROBLEM OF TRANSPORT ROUTING**

Abstract. The paper considers one of the meta-heuristic methods for the VRP problem – the bee algorithm. Its variations are given. The algorithm of the method, its mathematical model and comparing with Yandex Routing. The stage of algorithmization are considered in AnyLogic professional modeling environment.

Key words: bee algorithm, AnyLogic, vehicle routing problem, 2-opt-heuristic, ant colony

BIBLIOGRAPHY

1. Dantzig George Bernard, Ramser John Hubert. The Truck Dispatching Problem // Management Science. 1959. S. 80-91.
2. Bertsimas D.J., Simchi-Levi D. A new generation of vehicle routing research: Robust algorithms addressing uncertainty // Operations Research. 1996. S. 286-304.
3. Clarke G. Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points // Operations Research, 1964. №14. S. 568-581.
4. Metropolis Nicholas, Rosenbluth Arianna W., Rosenbluth Marshall N., Teller Augusta H., Teller Edward. Equation of State Calculations by Fast Computing Machines // The Journal of Chemical Physics, 1953 №21. C. 1087.
5. Barricelli Nils Aall. Esempi numerici di processi di evoluzione // Methodos, 1954. S. 45-68
6. A. Colomi M., Dorigo et V. Maniezzo. Distributed Optimization by Ant Colonies, actes de la premiere conference europ?enne sur la vie artificielle // Paris, France, Elsevier Publishing. 1991. C 134-142.
7. Augerat P., Belenguer J., Benavent E., Corber?an A., Naddef D., Rinaldi G. Computational results with a branch and cut code for the capacitated vehicle routing problem // Tech. Rep. 949-M, Universit?e Joseph Fourier. Grenoble. France. 1995.
8. Masleev A.I., Kulyazin A.D., Karenikova M.P., Lipenkov A.V. Otsenka effektivnosti metoda murav`inoy kolonii dlya resheniya zadachi marshrutizatsii transporta // Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte: VII mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya. Orel. 2022.
9. Euler Leonhard. Solution d'une question curieuse que ne paroît soumise aucune analyse // Mmoires de l'acadmie des sciences de Berlin. 1766. №15(1759). C. 310-337.
10. Masleev A.I., Kulyazin A.D., Lipenkov A.V., Karetnikova M.P. Otsenka effektivnosti razlichnykh vidov perestанovok v usovershenstvovannom metode imitatsii otzhiga / Aktual`nye voprosy organizatsii avtomobil`nykh perevozok, bezopasnosti dvizheniya i ekspluatatsii transportnykh sredstv: XVI mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya. Saratov: SarGTU im Yu.A. Gagarina. 2021.
11. Karpenko A.P. Sovremennye algoritmy poiskovoy optimizatsii. Algoritmy, vdokhnovlennye prirodoy: uchebnoe posobie. 2-e izd. Moskva: MGTU im. NE Bauman, 2017. 446 c.
12. Kureychik V.M., Kazharov A.A. Analiz i sostoyanie zadachi marshrutizatsii avtotransporta // Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putey soobshcheniya. № 4. 2013. S. 73-77
13. Karpenko A.P. Evolutionary Operators for Global Optimization Population-Based Algorithms. Experience of Systematization // Mathematics and Mathematical Modeling. 2018. C. 59-89.
14. Szeto W.Y., Yongzhong Wu, Sin C. Ho. An artificial bee colony algorithm for the capacitated vehicle routing problem // European Journal of Operational Research. №215. 2011. C. 126-135.
15. Glover F., Laguna M. Tabu Search // Kluwer Academic Publishers. Springer. 1997.

Karetnikova Maria Pavlovna

Nizhniy Novgorod State Technical University
Address: 603155, Russia, Nizhniy Novgorod, Minina st., 24
Student, E-mail: karetnikovamasha@mail.ru

Kulyazin Andrey Dmitrievich

Nizhniy Novgorod State Technical University
Address: 603155, Russia, Nizhniy Novgorod, Minina st., 24
Postgraduate student, E-mail: fcvolga2008@gmail.com

Masleev Alexander Ivanovich

Nizhniy Novgorod State Technical University
Address: 603155, Russia, Nizhniy Novgorod, Minina st., 24
Master, E-mail: masleev2018@yandex.ru

Kozinov Dmitriy Yurievich

Nizhniy Novgorod State Technical University
Address: 603155, Russia, Nizhniy Novgorod, Minina st., 24
Postgraduate student, E-mail: mitya.kozinoff@yandex.ru

Научная статья

УДК 621.352.6

doi:10.33979/2073-7432-2024-1-3(84)-42-48

А.А. ВОРОБЬЕВ, С.А. ВОРОБЬЕВ, Е.С. ТРОФИМОВ, П.А. РАЗУМОВ

ДЕЙСТВИЕ СИСТЕМЫ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ ПРОТОНООБМЕННОЙ МЕМБРАНЫ НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ

Аннотация. Приведена схема модели системы топливных элементов, пригодная к эксплуатации на автомобильном транспорте. Статья содержит результаты исследований на основе системы топливных элементов мощностью 50 кВт. Выявлено слабое звено в конструкции вспомогательной системы, существенно занижающий эффективность установки в целом, представлены варианты компенсации данного недостатка.

Также в статье освещены варианты хранения водорода на борту транспортного средства, необходимого для функционирования системы топливных элементов. Освещены требования как к жидкому, так и газообразному водороду, отражены методы их реализации.

Ключевые слова: топливный элемент, протонообменная мембрана, водород, двигатель внутреннего сгорания, электродвигатель, автомобильный транспорт, зелёная энергетика

Введение

Целью проведенных исследований является разработка модели системы топливных элементов [1]. Готовая модель системы топливных элементов использовалась в исследовании транспортных средств на топливных элементах [2-4] в качестве основы для исследований по хранению водорода [5] на борту транспортного средства и управлению в холодном климате, соответственно.

В самостоятельно запрограммированной модели сделано допущение, что медленная катодная реакция преобладает над перенапряжением активации. Допущение считается действительным для топливных элементов, работающих на чистом водороде, что влечет за собой появление только небольшого перепада концентраций, обуславливая низкое сопротивление на аноде.

Материал и методы

Показана схема модели системы топливных элементов (рис. 1). Модель вспомогательной системы включает бак для водорода и расчеты потребления энергии для отдельных насосов и вентиляторов.

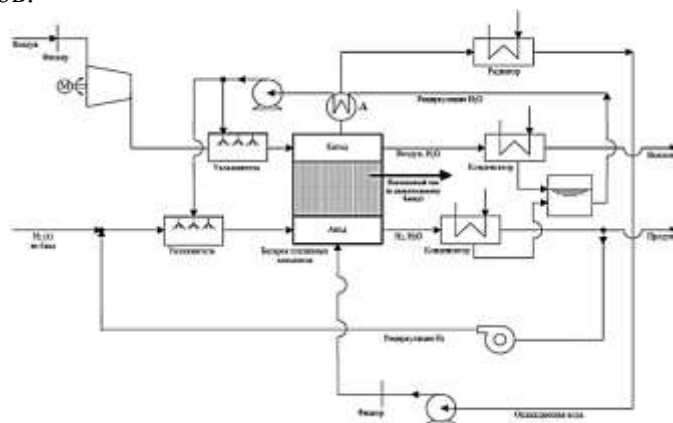


Рисунок 1 – Схема модели системы топливных элементов

Вода, необходимая для увлажнителей, моделируемых в виде испарительных охладителей, рециркулируется и нагревается в теплообменниках для получения желаемого уровня влажности потоков на впуске. Модель системы также включает как термодинамическую модель компрессора, так и схемы эксплуатации с данными по двухвинтовому компрессору. Модель также учитывает потери на трение в трубопроводах, коленах, фильтрах. Избыточный водород (непрореагировавший водород), идущий из батареи рециркулируется, в данном случае установлено фиксированное значение извлечения 98%. Батарея топливных элементов передает энергию в электрическую двигательную установку через преобразователь постоянного тока в переменный с КПД 95 %

Расчет

Для соответствия определенной сфере применения, напряжение и ток батареи топливных элементов можно изменять посредством изменения размера активной зоны топливных элементов и/или количества топливных элементов в батарее. Выходная электрическая мощность, P_{fc} , из батареи топливных элементов рассчитывается следующим образом:

$$P_{fc} = E \cdot I = E \cdot i \cdot A_{\text{элемент}} \cdot N_{\text{элемент}}, \quad (1)$$

где E – напряжение элемента;

I – ток элемента;

i – ток на площади элемента;

$A_{\text{элемент}}$ – площадь элемента;

$N_{\text{элемент}}$ – количество элементов в батарее.

Потребление энергии вспомогательной системы включает потребление энергии таких компонентов, как насосы и вентиляторы:

$$P_{\text{всп}} = P_{\text{комп.}} + P_{\text{насосы}} + P_{\text{вентиляторы}}. \quad (2)$$

КПД системы топливных элементов определяется следующим образом:

$$n_{fc\text{ syst}} = \frac{(P_{fc} - P_{aux})}{n_{H_2} \cdot LHV_{H_2}}, \quad (3)$$

где P_{fc} – выходная мощность батареи топливных элементов;

P_{aux} – потребление избыточной мощности вспомогательной системы;

n_{H_2} – подача водорода. Причиной использования подачи водорода вместо расхода водорода является то, что водород, выходящий из анода, рециркулируется. Электрический КПД системы топливных элементов основывается на низшей теплотворной способности (LHV) водорода. Мотив использования низшей теплотворной способности, а не высшей теплотворной способности (HHV), которая включает теплоту испарения, заключается в следовании соглашению в автомобильной промышленности.

Массовый и энергетические балансы устанавливаются для различных компонентов системы. Делается допущение, что батарея топливных элементов является изотермической. Делается допущение, что выходящие газы батареи полностью насыщены, т.е. относительная влажность = 100 %. На катод подается поток воздуха переменного стехиометрического состава от 2 до 5 раз, в то время как поток водорода на анодной стороне находится между стехиометрическим составом и значением в два раза больше этого. Определение чистого потока воды через топливный элемент также используется в качестве связи с водным балансом системы топливных элементов.

Результаты

Результаты основаны на системе топливных элементов номинальной, т.е. расчетной, мощностью 50 кВт. Пример потоков энергии в системе показан на рисунке 2. В данном случае, изэнтропические КПД компрессора и насосов были установлены равными 70 %. Электрический КПД системы равен приблизительно 52 % относительно подводимой энергии водорода. Компрессор, имея 6 % подводимой низшей теплотворной способности водорода, показан преобладающим в паразитной электрической нагрузке.

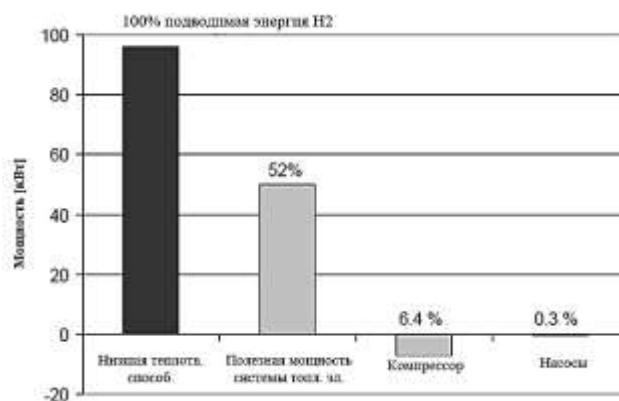


Рисунок 2 – Подводимая энергия водорода во взаимосвязи с полезной электроэнергией топливного элемента и двумя основными электрическими нагрузками

Оптимальное рабочее давление для компрессора составляет приблизительно 2 бара. Уменьшение силовой нагрузки воздушного компрессора поможет снизить общую потребляемую мощность вспомогательной системы. При этом КПД системы топливных элементов выше 50 % в «окне» от 10 до 45 % от номинальной нагрузки, т.е. рабочем окне городских транспортных средств.

При низких нагрузках, потребление мощности компрессора является высоким из-за его низкого КПД. Следовательно, воздушный компрессор является преобладающим паразитным системным компонентом в системе топливных элементов с долей номинальной нагрузки до 40%. При промежуточных нагрузках (выше 10 %), КПД компрессора увеличивается по мере увеличения требуемой нагрузки системы, и растет потребление мощности других компонентов системы, таких как вентиляторы. При высоких нагрузках, КПД системы топливных элементов медленно снижается как из-за быстро увеличивающегося потребления мощности вспомогательной системы, так и из-за снижения КПД топливных элементов.

Обсуждение

Способом снизить отрицательное влияние вспомогательной системы могло бы стать использование расширителя в системе воздушного регулирования. Таким образом можно снизить размер батареи топливных элементов. Однако, преимущества использования расширителя более очевидны в системе топливных элементов на основе установки риформинга [6-7], работающей при температуре выше 200° С. Расширитель может использовать теплоту от отходящих газов из установки риформинга, и может использоваться для обеспечения энергии для компрессора. Другим возможным решением является вариант пойти в противоположном направлении, двигаться по направлению к атмосферным давлениям и использовать воздухоудвку вместо компрессора.

Установлено, что хранение сжатого газообразного водорода и сжиженного водорода [8-12] являются наиболее приемлемыми вариантами для систем топливных элементов, работающих на водороде, для применения в автомобильной отрасли на момент проведения исследования. Предоставляемые ими преимущества, а именно быстрая скорость заправки, простота слива водорода, а также стабильность цикла заливки / слива, являются значительными. Однако, недостатками являются громоздкое хранение, энергетические затраты на производство и хранение, например, низкая температура хранения жидкого водорода, при 20 К (-253° С).

Топливный бак, использующийся для хранения сжатого газообразного водорода, представляет собой баллон из углеродного волокна (T100G) с вкладышем из полимера с низкой проницаемостью (полиэтилен высокой плотности) [13]. Модель учитывает эффект Джоуля-Томпсона [14], т.е. изменение температуры водорода с давлением при постоянной энтальпии. При имеющихся давлениях и температурах, эффект Джоуля-Томпсона водорода является отрицательным. Это означает, что уменьшение давления при постоянной энтальпии приводит к повышенной температуре.

При рассмотрении модели хранения водорода в жидком состоянии, топливная емкость моделируется в виде бака с вакуумной изоляцией (многослойная вакуумная дополнительная изоляция, MLVSI) с максимальным рабочим давлением 8 бар. Баки для хранения для этого давления описывались и испытывались, и служат основой для моделирования (рис. 3).

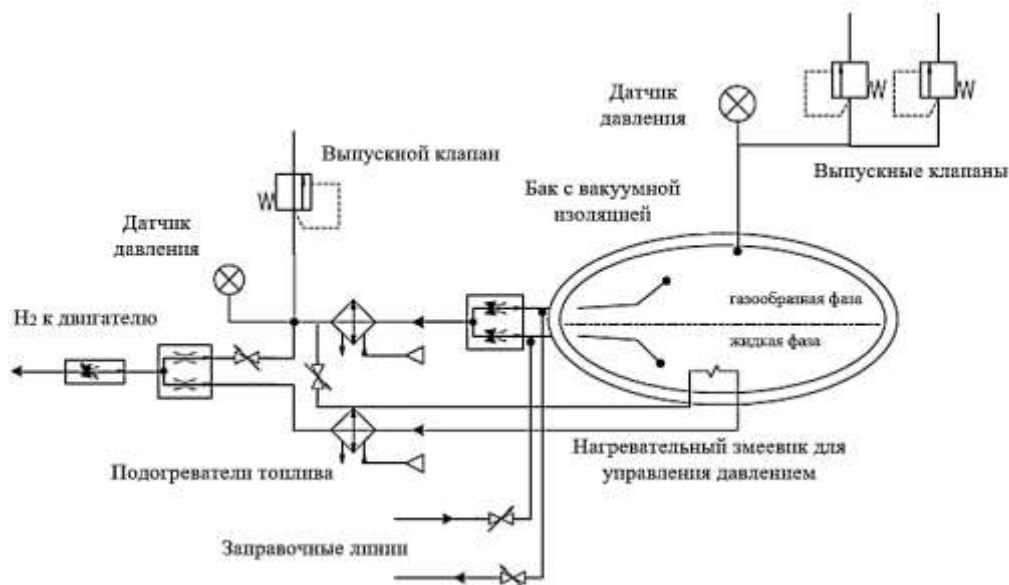


Рисунок 3 –Схематическое изображение хранения и слива жидкого водорода из бака с вакуумной изоляцией

Жидкий водород [15-16] извлекается при рабочем давлении системы и пропускается через теплообменник. Однако, более длительные периоды простоя, обычно несколько дней, приведут к увеличению давления в баке. Для уменьшения давления, водород сначала выпускается в газообразном виде. После того, как давление в баке достигнет предварительно определенного уровня, жидкий водород извлекается в теплообменник, где он испаряется и нагревается до рабочей температуры системы перед попаданием в систему топливных элементов.

Нагревательный змеевик для управления давлением, через который пропускается часть нагретого потока топлива, необходим для поддержания рабочего давления в баке, когда водород выпускается в течение более длительных периодов работы. Давление в баке поддерживается на уровне на 1 бар выше давления системы при помощи систему управления давлением.

При постоянной скорости выпуска водорода, температура бака с сжатым водородом [17-18] уменьшается на протяжении выпуска водорода с последующим уменьшением давления. Равновесие достигается тогда, когда тепло, проводимое через стенку бака, равняется потере энергии, которое происходит в результате выпуска водорода. Вследствие этого, температура выпущенного газа, хотя и являющаяся выше температуры бака, будет уменьшаться на протяжении времени работы. Следовательно, вводится необходимость в подогреве топлива [19], которая увеличивается со временем. При этом, рабочее давление батареи оказывает только незначительное влияние на потребность в нагреве для хранения сжатого газа.

При 100 % нагрузке, до 1 кВт мощности нагрева необходимо для обеспечения топлива соответствующей температуры для системы топливных элементов. В некоторой степени, возможно использовать тепло, произведенное батареей топливных элементов. Однако, для достижения желаемой температуры потребовался бы дополнительный источник тепла. Эту проблему, например, можно решить путем использования электрического подогревателя или посредством сжигания водорода. Использование электрического подогревателя может представлять собой напрасную трату произведенной энергии. С другой стороны, внедрение устройства для сжигания водорода влечет за собой дополнительные расходы, пространство и вес для транспортного средства. Компромиссы и преимущества зависят от конкретной сферы применения, и их необходимо решать с точки зрения конструкции системы.

Выводы

При рассмотрении системы с жидким водородом, для управления давлением имеется скромная потребность в нагреве, до 27 Вт при 5 барах. В случае менее сложной конструкции, эту энергию, вероятно, можно было бы добавить от нагревательного змеевика или схожего устройства, используя температуру окружающей среды в качестве источника тепла, тем самым упрощая управление и контроль топлива. Однако, потребности в мощности нагрева топлива являются значительными. При самом низком давлении (1,5 бара) и температуре (70°C) системы, эта потребность в мощности составляет 12,8 кВт. Это существенное количество энергии, соответствующее 26 % выходной мощности батареи топливных элементов. Однако, большая часть этого тепла добавляется при очень низкой температуре (точка кипения водорода составляет 22 К при 1,5 барах). Следовательно, тепло из окружающего воздуха могло бы использоваться для удовлетворения большей части этой потребности в тепле. Тепло от батареи топливных элементов также может использоваться для нагрева топлива. Однако, как и в случае хранения сжатого газообразного водорода, в конструкцию системы необходимо будет включить некоторый дополнительный нагрев.

Модели для сжатого и жидкого водорода были разработаны для системы топливных элементов [20] мощностью 50 кВт, работающей при рабочем давлении 1,5 бара и в диапазоне температур 70-95° С.

Потребность в предварительном нагреве топлива до 1 кВт для сжатого газа и до 13 кВт для жидкого, в свою очередь, приводит к вопросу наличия источника тепла для этой потребности в тепле.

Возможным легкодоступным источником тепла могло бы стать отбросное тепло, производимое батареей топливных элементов. В зависимости от стратегии управления и конструкции системы охлаждения, этого тепла, вероятно, недостаточно для охвата всех рабочих условий, и может потребоваться более сложная конструкции системы нагрева, включая другое отбросное тепло системы, или дополнительный подогреватель, например, электрический подогреватель или устройство для сжигания водорода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Система топливных элементов и способ управления системой топливных элементов: пат. 2692464 С1 Рос. Федерация, № 2018135307 / Т. Садамицу; заявл. 08.10.18; опублик. 25.06.19.
2. Голубков Л.Н. и др. Разработка элементов системы управления и исследование аккумуляторной топливной системы с электрогидравлическими форсунками // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2012. №3. С. 20-27.
3. Чернышов Д.А., Насретдинов Х.Ф. Разработка метода диагностирования элементов топливной системы автомобиля // Наземные транспортно-технологические средства: проектирование, производство, эксплуатация. 2018. С. 146-150.
4. Трофимов Е.С. Топливные элементы прямого действия на автомобильном транспорте // Транспортное дело России. 2022. №6. С. 154-156. DOI 10.52375/20728689_2022_6_154.
5. Третьяков И.А. Краткий аналитический обзор водородной промышленности и видов топливных элементов // Молодой ученый. Учредители: ООО «Издательство Молодой ученый». №14. С. 25-28.
6. Кирилин А.В. Получение водорода и компонентов топлив по реакции водяного риформинга сахарных спиртов на платиносодержащих катализаторах: дис. Институт органической химии им. НД Зелинского Российской академии наук, 2012.
7. Айдопкина М.А., Отряскина Т.А. Совершенствование процесса очистки водородосодержащего газа на установке каталитического риформинга // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. 2020. С. 6-8.
8. Костицын И.К. Хранение водорода как топлива для автомобильных двигателей внутреннего сгорания. 2021.
9. Столяров В.Е. и др. Особенности автоматизации производства и хранения промышленного водорода // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2021. №3. С. 18-26.
10. Дусалимов М.Э., Валиуллина С.Я., Гундорова И.Г., Алексеев В.А. Основные проблемы транспорта и хранения водорода // Деловой журнал Neftegaz.RU. 2022. №9(129). С. 52-57. EDN VTTITM.
11. Бударин С.Н. и др. Системы хранения и использования водорода морских транспортных средств // Санкт-Петербург. 2022. Т. 27. №1. С. 32.
12. Сентемов Д.В. и др. Технология применения металлгидридов для хранения и транспортировки водорода // Техника и технология нефтехимического и нефтегазового производства. 2022. С. 47-48.
13. Большеразмерный баллон для компримированного газообразного водорода с полимерно-композитной оболочкой: пат. на полезную модель № 213938 U1 Российская Федерация. № 2022118874 / В.А.

Лукоянов, А.В. Лукоянов; заявл. 11.07.22; опубл. 05.10.22.

14. Курбатова Г.И., Попова Е.А. О различных математических моделях транспортировки газа по трубопроводам // Вестник Санкт-Петербургского университета. Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. 2011. №3. С. 47-55.

15. Технологические параметры заполнения жидким водородом бака автомобиля от газозаправочной станции: свидетельство о государственной регистрации базы данных 2023620904 Российская Федерация № 2023620592 / М.В. Зуев; заявл. 03.03.23; опубл. 16.03.23. EDN LYFZEA.

16. Розов И.В., Титов С.В. Обзор и анализ способов хранения водородного топлива на транспортных средствах // Актуальные вопросы автомобильного транспорта (АВАТ-2022). 2023. С. 26-30.

17. Павлов Н.В. Создание автореципиентов для хранения, транспортирования и выдачи сжатого водорода // Технические газы. 2008. №2. С. 43-47.

18. Способ транспортировки жидкого водорода: пат. 2064626 С1 Российская Федерация № 3141912/26 / Р.А. Зашляпин, И.А. Карлов, О.Я. Черемных, А.А. Чмель; заявл. 16.04.86; опубл. 27.07.96. EDN DHOXQT.

19. Клейдман О.В., Клейдман М.Д. Анализ свободных и вынужденных колебаний сосудов и баллонов высокого давления из композитных материалов на основе МКЭ. Подогреватель высокого давления и ресивер водорода // Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы - 2022 (МНТК «ИМТОМ – 2022»): Материалы XI-й Международной научно-технической конференции. Ч. 2. Казань: АО «Казанский научно-исследовательский институт авиационных технологий». 2022. С. 189-191.

20. Воробьев С.А., Разумов П.А., Абызов И.Т. Актуальность применения водородного топлива на автомобильном транспорте в современных условиях эксплуатации // Вопросы устойчивого развития общества. 2022. №4. С. 1516-1519.

Воробьев Андрей Александрович

Санкт-Петербургский архитектурно-строительный университет

Адрес: 190005, Россия, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4

Аспирант

E-mail: sa_press@mail.ru

Воробьев Сергей Александрович

Санкт-Петербургский архитектурно-строительный университет

Адрес: 190005, Россия, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4

К.т.н., доцент, доцент кафедры эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов

E-mail: svorobev@list.ru

Трофимов Евгений Сергеевич

Санкт-Петербургский архитектурно-строительный университет

Адрес: 190005, Россия, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4

Аспирант

E-mail: e001st178@yandex.ru

Разумов Павел Александрович

Санкт-Петербургский архитектурно-строительный университет

Адрес: 190005, Россия, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4

Аспирант

E-mail: wolftier@mail.ru

A.A. VOROBYOV, S.A. VOROBYOV, E.S. TROFIMOV, P.A. RAZUMOV

OPERATION OF A FUEL CELL SYSTEM BASED ON A PROTON EXCHANGE MEMBRANE IN ROAD TRANSPORT

Abstract. A diagram of a fuel cell system model suitable for use in road transport is given. The article contains the results of research based on a 50 kW fuel cell system. A weak link in the design of the auxiliary system has been identified, which significantly reduces the efficiency of the installation as a whole, and compensation options for this disadvantage are presented.

The article also highlights options for storing hydrogen on board a vehicle necessary for the functioning of a fuel cell system. The requirements for both liquid and gaseous hydrogen are highlighted, the methods of their implementation are reflected.

Keywords: fuel cell, proton exchange membrane; hydrogen, internal combustion engine, electric motor, automobile transport, green energy

BIBLIOGRAPHY

1. Sistema toplivnykh elementov i sposob upravleniya sistemoy toplivnykh elementov: pat. 2692464 C1 Ros. Federatsiya, № 2018135307 / Т. Sadamitsu; заявл. 08.10.18; опубл. 25.06.19.

2. Golubkov L.N. i dr. Razrabotka elementov sistemy upravleniya i issledovanie akkumulyatornoy toplivnoy sistemy s elektrogidravlicheskimy forsunkami // Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI). 2012. №3. S. 20-27.
3. Chernyshov D.A., Nasretdinov H.F. Razrabotka metoda diagnostirovaniya elementov toplivnoy sistemy avtomobilya // Nazemnye transportno-tekhnologicheskie sredstva: proektirovanie, proizvodstvo, ekspluatatsiya. 2018. S. 146-150.
4. Trofimov E.S. Toplivnye elementy pryamogo deystviya na avtomobil'nom transporte // Transportnoe delo Rossii. 2022. №6. S. 154-156. DOI 10.52375/20728689_2022_6_154.
5. Tretyakov I.A. Kratkiy analiticheskiy obzor vodorodnoy promyshlennosti i vidov toplivnykh elementov // Molodoy uchenyy. Uchrediteli: OOO «Izdatel'stvo Molodoy uchenyy». №14. S. 25-28.
6. Kirilin A.V. Poluchenie vodoroda i komponentov topliv po reaktzii vodyanogo riforminga sakharnykh spirtov na platinosoderzhashchikh katalizatorakh: dis. Institut organicheskoy khimii im. ND Zelinskogo Rossiyskoy akademii nauk, 2012.
7. Aydochkina M.A., Otryaskina T.A. Sovershenstvovanie protsessa ochistki vodorodosoderzhashchego gaza na ustanovke kataliticheskogo riforminga // Molodezh' i nauka: aktual'nye problemy fundamental'nykh i prikladnykh issledovaniy. 2020. S. 6-8.
8. Kostitsyn I.K. Hranenie vodoroda kak topliva dlya avtomobil'nykh dvigateley vnutrennego sgoraniya. 2021.
9. Stolyarov V.E. i dr. Osobennosti avtomatizatsii proizvodstva i khraneniya promyshlennogo vodoroda // Avtomatizatsiya, telemekhanizatsiya i svyaz' v neftyanoy promyshlennosti. 2021. №3. S. 18-26.
10. Dusalimov M.E., Valiullina S.YA., Gundorova I.G., Alekseev V.A. Osnovnye problemy transporta i khraneniya vodoroda // Delovoy zhurnal Neftegaz.RU. 2022. №9(129). S. 52-57. EDN VTTITM.
11. Budarin S.N. i dr. Sistemy khraneniya i ispol'zovaniya vodoroda morskikh transportnykh sredstv // Sankt-Peterburg. 2022. T. 27. №1. S. 32.
12. Sentemov D.V. i dr. Tekhnologiya primeneniya metallogidridov dlya khraneniya i transportirovki vodoroda // Tekhnika i tekhnologiya neftekhimicheskogo i neftegazovogo proizvodstva. 2022. S. 47-48.
13. Bol'sherazmernyy ballon dlya komprimirovannogo gazoobraznogo vodoroda s polimerno-kompozitnoy obolochkoy: pat. na poleznuyu model' № 213938 U1 Rossiyskaya Federatsiya. № 2022118874 / V.A. Lukoyanov, A.V. Lukoyanov; zayavl. 11.07.22; opubl. 05.10.22.
14. Kurbatova G.I., Popova E.A. O razlichnykh matematicheskikh modelyakh transportirovki gaza po truboprovodam // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Prikladnaya matematika. Informatika. Protssesy upravleniya. 2011. №3. S. 47-55.
15. Tekhnologicheskie parametry zapolneniya zhidkim vodorodom baka avtomobilya ot gazozapravochnoy stantsii: svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii bazy dannykh 2023620904 Rossiyskaya Federatsiya №2023620592 / M.V. Zuev; zayavl. 03.03.23; opubl. 16.03.23. EDN LYFZEA.
16. Rozov I.V., Titov S.V. Obzor i analiz sposobov khraneniya vodorodnogo topliva na transportnykh sredstvakh // Aktual'nye voprosy avtomobil'nogo transporta (AVAT-2022). 2023. S. 26-30.
17. Pavlov N.V. Sozdanie avtoretsipientov dlya khraneniya, transportirovaniya i vydachi szhatogo vodoroda // Tekhnicheskie gazy. 2008. №2. S. 43-47.
18. Sposob transportirovki zhidkogo vodoroda: pat. 2064626 C1 Rossiyskaya Federatsiya № 3141912/26 / R.A. Zashlyapin, I.A. Karlov, O.YA. Cheremnykh, A.A. CHmel'; zayavl. 16.04.86; opubl. 27.07.96. EDN DHOXQT.
19. Kleydman O.V., Kleydman M.D. Analiz svobodnykh i vyzhdenykh kolebaniy sosudov i ballonov vysokogo davleniya iz kompozitnykh materialov na osnove MKE. Podogrevatel' vysokogo davleniya i resiver vodoroda // Innovatsionnye mashinostroitel'nye tekhnologii, oborudovanie i materialy - 2022 (MNTK «IMTOM – 2022»): Materialy XI -y Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. CH. 2. Kazan': AO «Kazanskiy nauchno-issledovatel'skiy institut aviatsionnykh tekhnologiy». 2022. S. 189-191.
20. Vorob'ev S.A., Razumov P.A., Abyzov I.T. Aktual'nost' primeneniya vodorodnogo topliva na avtomobil'nom transporte v sovremennykh usloviyakh ekspluatatsii // Voprosy ustoychivogo razvitiya obschestva. 2022. №4. S. 1516-1519.

Vorobyov Andrey Alexandrovich

St. Petersburg University of Architecture
and Civil Engineering
Address: 190005, Russia, St. Petersburg
Postgraduate student
E-mail: sa_press@mail.ru

Vorobyov Sergey Alexandrovich

St. Petersburg University of Architecture
and Civil Engineering
Address: 190005, Russia, St. Petersburg
Candidate of technical sciences
E-mail: svorobev@list.ru

Trofimov Evgeny Sergeevich

St. Petersburg University of Architecture
and Civil Engineering
Address: 190005, Russia, St. Petersburg
Postgraduate student
E-mail: e001st178@yandex.ru

Razumov Pavel Alexandrovich

St. Petersburg University of Architecture
and Civil Engineering
Address: 190005, Russia, St. Petersburg
Postgraduate student
E-mail: wolftier@mail.ru

Научная статья

УДК656.131:343.983.25

doi:10.33979/2073-7432-2024-1-3(84)-49-57

Я.В. ВАСИЛЬЕВ, М.Д. АЛЕКСЕЕВ, А.Н. НОВИКОВ, Д.С. МИХАЛЁВА

МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ ГРАНИЦ УРОВНЕЙ ПАССИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ЗАДАЧАХ ЭКСПЕРТНОЙ ПРОФИЛАКТИКИ ДТП

Аннотация. Рассмотрен существующий методический аппарат экспертной профилактики ДТП, связанных с наездом на столбы и опоры дорожных знаков, выявлены проблемы. Предложена методика формирования границ уровней пассивной безопасности на примере экспертной профилактики ДТП, связанных с наездом на препятствия с малой площадью контактной зоны.

Произведён анализ данных по бортовым устройствам регистрации событий, выполнены серии численных экспериментов, серии экспериментальных численных симуляций (наездов). Предложено использование ранжирования на группы защищенности от риска травмы головы индекса НИС.

Ключевые слова: экспертная профилактика, пассивная безопасность, дорожно-транспортная экспертиза, дорожно-транспортное происшествие, транспортное средство

Введение

Существующий методический аппарат экспертной профилактики ДТП, связанных с наездом на столбы и опоры дорожных знаков за последние годы почти не претерпевает изменений, учитывавших бы совокупное действие конструктивных решений, направленных как на увеличение конструктивной пассивной безопасности транспортного средства, так и на повышение пассивной безопасности (ПБ) столба или опоры. Действующие в РФ нормативные требования к уровням пассивной безопасности опор, используют устаревшие значения уровней пассивной безопасности, тогда как с 2019 года европейские нормы существенно увеличили номенклатуру учитываемых показателей в ранжировании уровней ПБ [1].

В свою очередь, одним из наиболее современных инструментов в реализации мероприятий по экспертной профилактике ДТП становится использование индексов травмирования [2-6] в оценке как эффективности тех или иных решений по предотвращению или снижению тяжести последствий ДТП, так и в решении частных задач дорожно-транспортной экспертизы (ДТЭ) (например: установление причинной связи между превышением максимально допустимой скорости и полученным объемом травм субъектами исследования).

Материал и методы

Рассматривая опоры для установки дорожных информационно-указательных знаков и опор стационарного электрического освещения в качестве препятствий с малой площадью контактной зоны (ПМПКЗ) в экспертной профилактике ДТП, связанных с наездом на них, следует отметить, что с одной стороны на уровень травмирования водителя и пассажиров влияет конструктивные решения кузова ТС, а с другой стороны конструкция ПМПКЗ, его материалы, крепление, обеспечивающие заданный уровень поглощения энергии при ударе.

В настоящей статье использованы результаты исследований выполненных авторским коллективом в рамках государственного контракта ГК №22-1/2022 с ФДА «Росавтодор» на тему: «Исследование и анализ практики применения опор для установки дорожных информационно-указательных знаков и опор стационарного электрического освещения с пассивной безопасностью, а также нормативных правовых и технических документов, регулирующих данный вопрос, с разработкой документа по стандартизации».

В условиях постепенного перехода к реализации модельно-ориентированного подхода не только к реконструкции механизма ДТП [7, 8] в задачах ДТЭ, но и в процедурах экспертной профилактики ДТП, поэтому на настоящий момент следует выработать единый методический подход к ранжированию уровней ПБ и определению требований к ним, особое место в котором должна занять алгоритмизация и универсализация расчетных методов.

В этой связи, в настоящей статье, методика формирования границ уровней пассивной безопасности показана на примере экспертной профилактики ДТП, связанных с наездом на ПМПКЗ, в качестве которых исследованы столбы и опоры.

Теория / Расчет

В базе данных натуральных краш-тестов NHTSA имеется 652 записи для тестов типа PoleTest, среди них последний датируется 2010 годом, при этом представлены тесты преимущественно на боковой удар. Среди этих 652 записей, на фронтальный наезд на столб (имитатор столба диаметром 225 мм и 305 мм) имеется только 11 тестов, при этом среди них итогового отчета и/или записей формата .EV5 по тесту нет в 6 случаях. Поэтому общая выборка сужена до 5 тестов (4 фронтальных и 1 боковой). Общие сведения по тестам данной выборки показаны в таблице 1.

Таблица 1 – Обзорные данные по тестам в выборке

№	номер теста в базе NHTSA	год / марка / модель	скорость в момент наезда, км/ч	масса тестового ТС, кг	глубина внедрения, мм	НІС водитель	НІС пассажир
1	2900	Тойота / Пикап / 1994	29,8	1336	450	325	-
2	6872	Хонда / Цивик / 2005	56,1	1446	137	117	207
3	6873	Хонда / Цивик / 2009	56,0	1446	152	518	308
4	7144	Форд / Таурус / 2007	56,1	1743	438	535	208
5	7145	Тойота / Ярис / 2010	56,1	1268	1196	252	1548

В качестве примера, на рисунке 1, показан общий вид сверху на итоговые объемные деформации испытуемого ТС, на рисунке 2 показан график изменения осевых замедлений/ускорений центра тяжести головы манекена по тесту №7144 по рисунку 1 и таблице 1 (строка 4).



Рисунок 1 – Вид сверху на испытуемое ТС после теста 7144

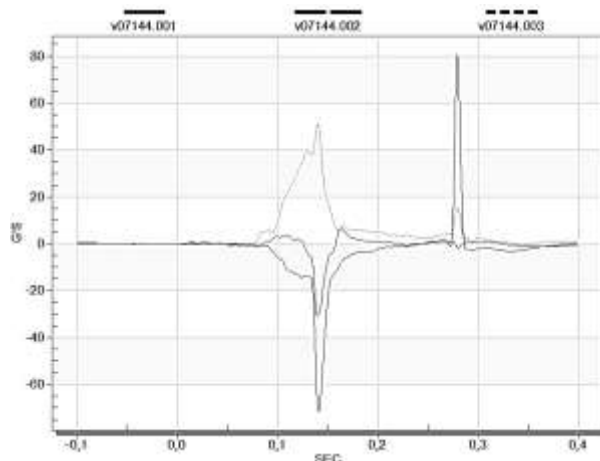


Рисунок 2 – Тест №7144, графики осевых замедлений/ускорений центра тяжести головы манекена водителя. Фильтрация сигнала: CFC60. Кривые: v07144.001 – 1 канал, ось X; v07144.002 – 2 канал, ось Y; v07144.003 – 3 канал, ось Z

Декодировка записей оборудования краш-теста при обработке файла формата ev5 в пакете программ NHTSA NVS R&D DB Eng. Apps (Entree V5, подпрограмма Signal Browser) позволяет выделить: осевые замедления центра масс ТС (во всех тестах выборки), осевые замедления центра тяжести головы и грудной клетки манекена, а также силу в Н на левом и правом берде (не во всех тестах выборки, оснащение манекена может варьироваться, в большинстве случаев перечисленные встречаются наиболее часто). Следует также отметить, что по всем тестам указанной в таблице 1 выборки возможно получение данных текстовых файлов набора значений каждого сигнала без фильтрации CFC (данные типа curve channel data в формате NHTSA UDS-1992), пригодные для построения графиков в Excel и подобных про-

граммах.

В рамках настоящего исследования, авторами были также собраны данные по бортовым устройствам регистрации событий - EDR банку NASS EDR Report (за период с 2000 по 2015 – всего 10992 записи) и по CDR базе проекта CISS (3226 записей за 2016-2018) из которых выбраны 84 пакетов декодированных данных EDR, которые были обработаны средствами MS Excel.

В рамках этой выборки был получен график (рис. 3) зависимости максимального замедления (по трем осям) от массы ТС при наезде на столб.

На рисунке 4 показана кинетическая энергия столкновения, оставшаяся в автомобилях в момент достижения ускорения 20 g при ударе со скоростью 60 км/ч. Более тяжелые автомобили изначально имели вдвое больше энергии, так как их вес был вдвое больше веса более легких автомобилей, но после достижения 20 g в них осталось только 40 % энергии по сравнению с 70 % у более легких автомобилей. Таким образом, мы видим, что от легких автомобилей требуется рассеять примерно столько же энергии, сколько и от тяжелых, но для самых легких автомобилей сила сопротивления должна быть вдвое меньше, чем для самых тяжелых.

На рисунке 5 относительно массы ТС показано изменение глубины внедрения эквивалентной погашению 20g при наезде (синие ромбовидные точки на рисунке 5) и необходимого прогиба/перемещения столба для этого погашения (красные треугольные точки на рисунке 5)

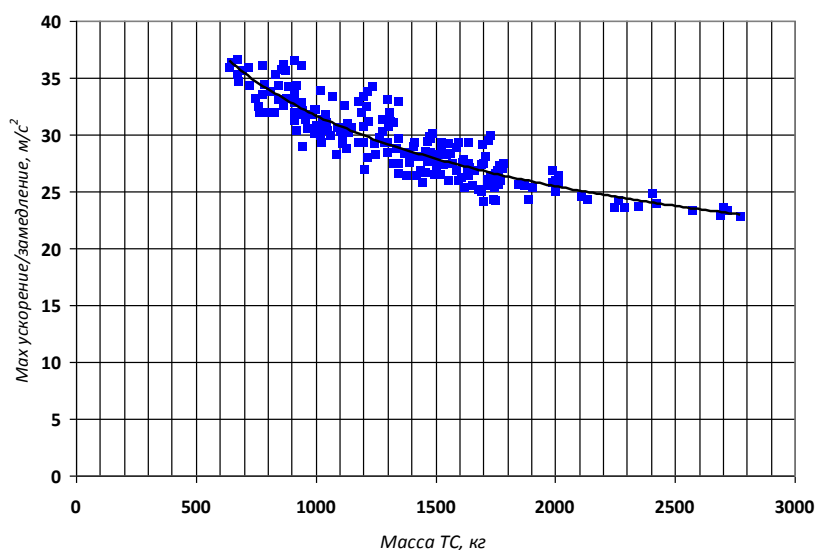


Рисунок 3 – Зависимость величин максимальных ускорений/замедлений от массы ТС

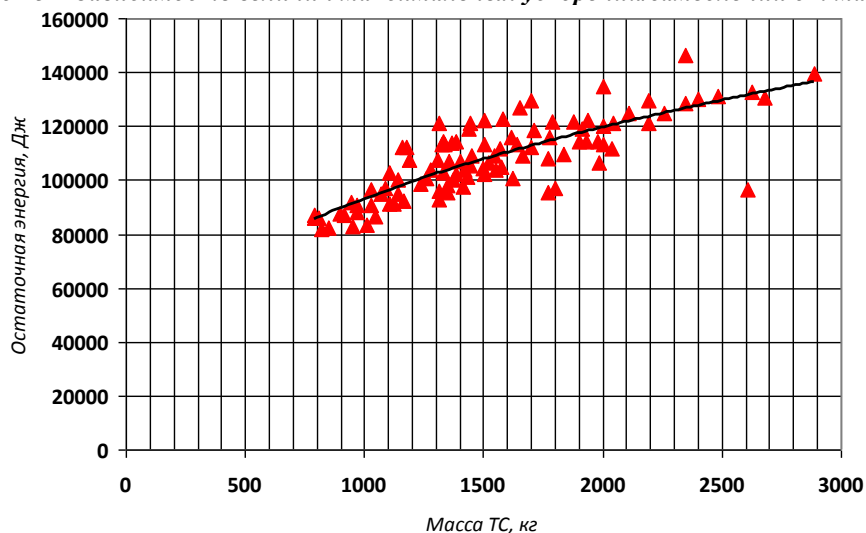


Рисунок 4 – Кинетическая энергия столкновения, остающаяся в автомобилях в момент достижения ускорения 20g при ударе со скоростью 60 км/ч

Таким образом, учитывая рисунок 5, было уставлено, что область оптимального поглощения повторяет контур баланса песочные часы, принятого в практике выбора и оценки эффективности пассивной безопасности конструкций.

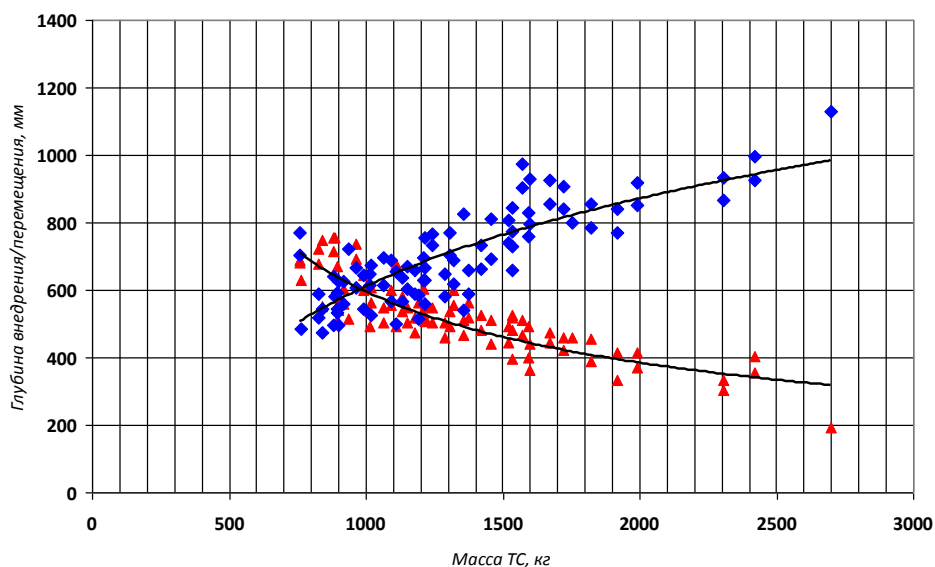


Рисунок 5 – Баланс поглощения порога в 20g деформациями столба и ТС, относительно массы ТС

Кроме того, авторским коллективом были выполнены серии виртуальных тестов в программе VirtualCrash 5 [9-11], реализованных на базе гибридной импульсной модели, с использованием манекена типа MADYMO [12, 13], в частности были выполнены численные симуляции наезда на рамную Г-образную опору (является геометрически повторяемым элементом для П- и Т-образной, геометрия которой была построена по упрощенной форме) при скорости наезда 35, 50, 70 и 100 км/ч для ТС массой до 1 т, до 1,5 т и более 2 т. При этом варьировалось перекрытие по фронтальной части – 25, 50 и 75 %. На рисунке 6 показан пример графика изменений осевых ускорений/замедлений в центре тяжести головы манекена для теста с наездом на Г-образную опору легкового автомобиля массой 1375 кг, на скорости 50 км/ч при 25 % перекрытии.

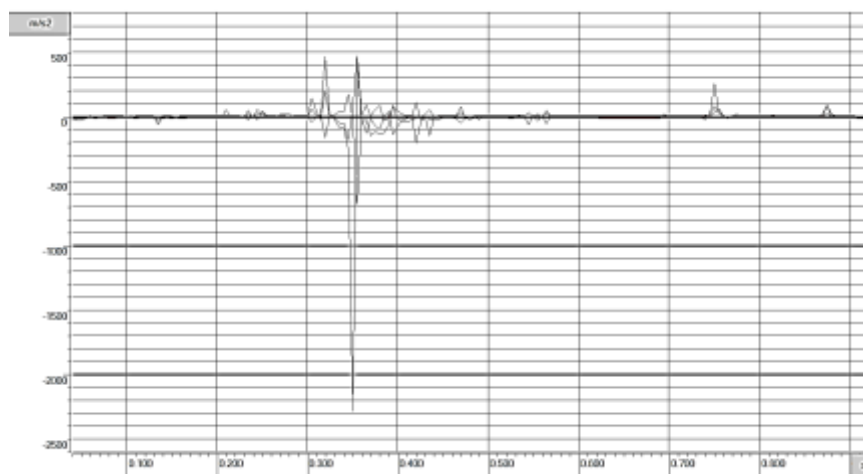


Рисунок 6 – Графики осевых замедлений/ускорений центра тяжести (по оси x - синим, y – красным, z – зеленым) головы манекена по виртуальному тесту

Результаты

Анализируя полученные результаты, установлено, что наиболее полную оценку травмирования при оценке риска в ДТП, связанных с реконструкцией наезда ТС на опоры дают индексы AIS, NIC и ASI, кроме того индекс ASI рассчитываемый по фиксируемым в борто-

вых устройствах регистрации событий (БУРС) по ГОСТ Р 58840 величинам осевых замедлений, позволяет использовать экспериментальную базу данных по EDR в банке NASS EDR Report и по CDR базе проекта CISS. В этой связи авторами далее была оценена перспектива использования критерия травмы головы НИС.

Для нахождения значения критерия травмы головы НИС используют следующие расчетные формулы:

$$HIC = \left\{ (t_2 - t_1) \left| \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} a(t) dt \right|^{25} \right\}_{max}; \quad (1)$$

или

$$HIC = max \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} a(t) dt \right]^{25} (t_2 - t_1), \quad (2)$$

где $a(t)$ - результирующее ускорение в единицах (g) ускорения свободного падения, замеренное в центре масс головы манекена. Интервал $t_2 - t_1$ выбирается максимум до 36 мс.

Минимальный порог НИС для возникновения травм составляет 700 для 15 мс и 1000 для 36 мс. При превышении этих значений ожидаются тяжелые и необратимые травмы головы.

Были выполнены серии численных экспериментов в Ansys LS-Dyna на базе общедоступных конечно-элементных моделей типовых кузовов ТС по базе NHTSA (включает все классы легковых ТС от мини до рамных пикапов) и антропоморфных манекенов THUMS v4 (мужской и женский с 50 перцентилем), по результатам которых были получены результаты расчета НИС для различных конструкций опор. На рисунке 7 в качестве примера приведены результаты одного из численных экспериментов в серии, в частности показаны результаты моделирования перемещений антропоморфного конечно-элементного манекена типа THUMS AM50 v4 при его размещении в салоне конечно-элементной модели пониженной размерности, преобразованной от Хонда Аккорд, 2017 модельного года, скорость 50 км/ч в момент наезда).

Выполненные серии экспериментальных численных симуляций (наездов) позволили обосновать использование индекса НИС в качестве критерия оценки уровня пассивной безопасности, для этого предлагается использовать ранжирование на группы защищенности от риска травмы головы НИС, учитывающие величины максимального замедления в момент наезда в g, показанную на рисунке 8.

В ранжированной оценке пассивную безопасность опор для установки на автомобильных дорогах общего пользования дорожных информационно-указательных знаков и опор стационарного электрического освещения, соответствующие уровню не менее 100NE2 по ГОСТ 32947 и ГОСТ 32948 предлагается классифицировать на: низкий, средний и высокий уровни.

Значения индексов травмирования соответствующие уровням пассивной безопасности опор представлены в таблице 2. Группы защищенности от риска травмы головы, устанавливаемые по критерию травмы головы НИС показаны на рисунке 8.

Соответственно образуемые области на рисунке 8 соответствуют уровням с границами значения индекса НИС: от 0 до 1000 – уровни А3, А2, А – безопасные; от 1000 до 1500 – уровни В и С - травмоопасные, не смертельные; более 1500 – уровень D – травмоопасный, летальный.

Таблица 2 - Значения индексов травмирования соответствующие уровням пассивной безопасности

Уровень ПБ	Нормативные испытания на удар при скорости 35 км/ч			Испытание на удар при скорости (50, 70 и 100 км/ч)		
	ASI	THIV, км/ч	Группа защиты по НИС	ASI	THIV, км/ч	Группа защиты по НИС
Низкий	1,0	27	В	1,0	27	С
Средний	0,6	11	А	0,6	11	В
Высокий	менее 0,6	менее 11	А3	менее 0,6	3	А2

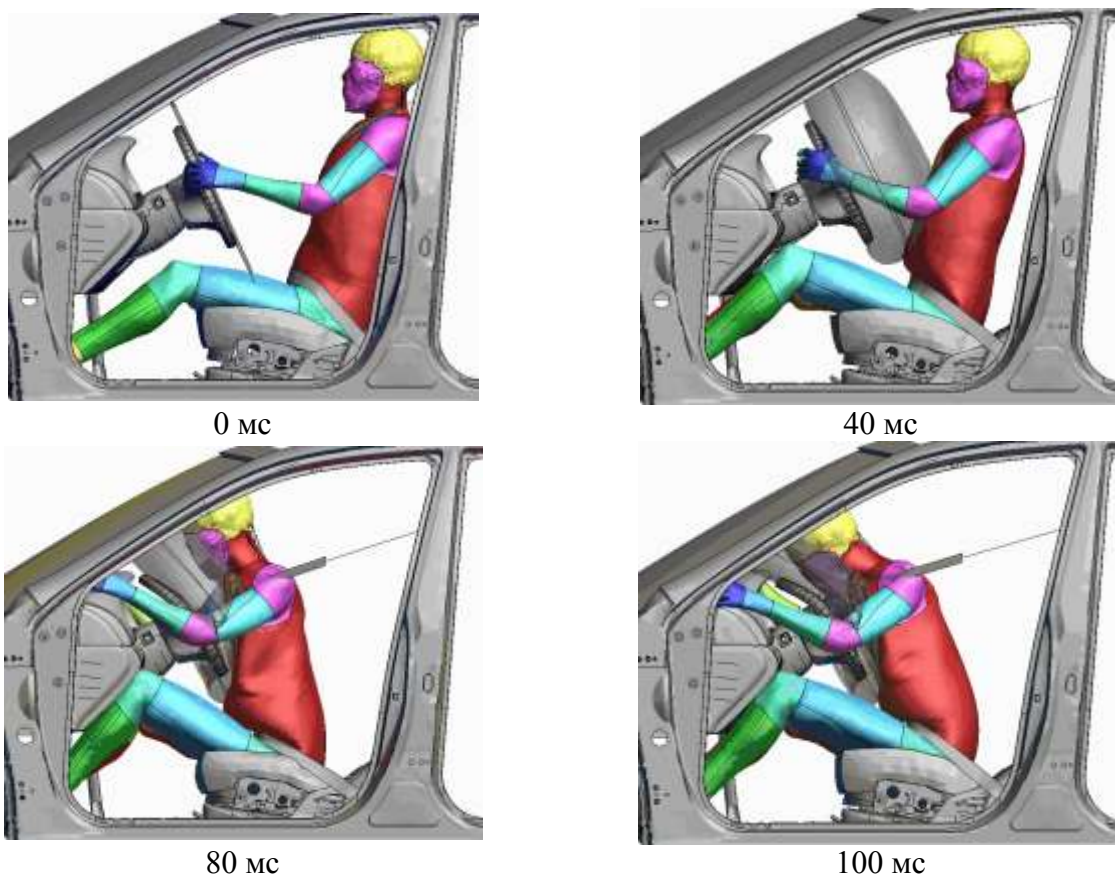


Рисунок 7 – Пример результатов моделирования

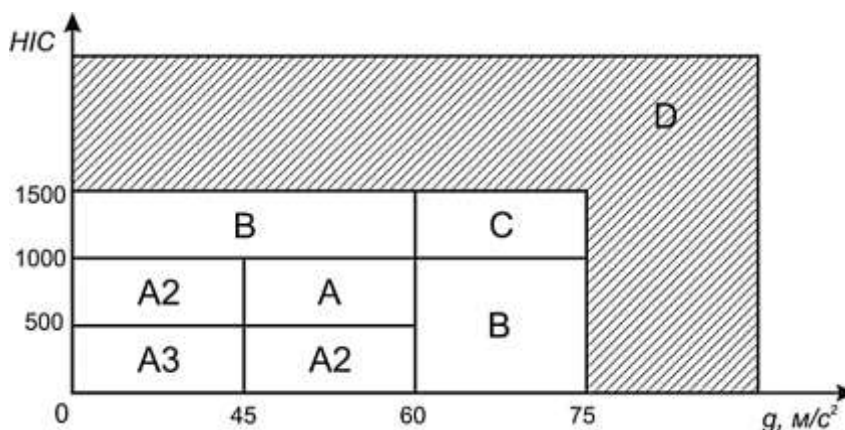


Рисунок 8 – Группы защищенности от риска травмы головы НИС от максимального замедления в момент наезда в g

Обсуждение

Учитывая многолетний опыт оценки эффективности тех или иных мероприятий и конструктивных решений в области ПБ по [13-17], а также с учетом полученных результатов, следует определить следующие необходимые критерии верификации для виртуальных испытаний ПМПЗ:

- полная энергия в модели (в том числе: кинетическая, внутренняя, энергия в контактах, работа деформаций по виду песочных часов, энергия демпфирования, энергия в контакте со стенками (rigidwall)), не будет отличаться больше чем на 10 % от начальной, учитывая также энергию разрушения;

- в каждый момент времени энергия деформации по форме песочных часов не превышает 5 % от общей начальной энергии системы;

- в конце расчета энергия деформации по форме песочных часов всей модели не превышает 10 % от общей внутренней энергии системы;

– в конце расчета максимальная энергия деформаций по форме песочных часов в лобой детали/материале исследуемой конструкции (в частности ПМПКЗ при наезде не него) не должна превышать 5 % от внутренней энергии системы;

– добавочная масса всей модели, составляет не более 2 % от общей массы модели в начале расчета, соответственно добавочная масса каждого элемента исследуемой конструкции (в частности ПМПКЗ при наезде не него) должна быть не более чем 5 % его начальной массы.

При решении методом конечных элементов общий алгоритм методики по подготовке и решению расчетных моделей и модельных сцен (как для моделирования ударного воздействия при наезде, так и для расчетного нагружения при проектировании/сертификации конструкций, такого как: ветровое, снеговое и для расчета долговечности при циклических и не циклических нагрузках), для анализа поведения ПМПКЗ должен включать следующие этапы:

Этап 1. сбор и подготовка исходных данных для расчетных исследований. Исходные данные должны включать: свойства материалов и элементов конструкции, результаты валидации их свойств; конструкторскую электронную геометрическую модель объектов исследования (ТС и испытываемой опоры); техническое описание (координаты положения центра тяжести, значение снаряженной и полной массы ТС, количество мест для сидений); массовые характеристики узлов и агрегатов;

Этап 2. подготовка электронной геометрической модели, включая: генерацию (создание) конечно-элементных моделей, с проверкой качества и корректировку конечно-элементной сетки, задание свойств и настроек конечно-элементным моделям сборочных единиц, создание необходимых соединений и связей между компонентами сборки, сборка общей конечно-элементной модели ТС и испытываемой ПМПКЗ, создание соединений и определение связей между моделями сборочных единиц, добавление моделей и расположение контактных поверхностей;

Этап 3. задание начальных, граничных и контактных условий, а также определение числа циклов нагружения при анализе долговечности, задание параметров вывода информации и подготовка исходного файла модели к запуску решения;

Этап 4. выполнение моделирования (циклов моделирования);

Этап 5. интерпретация и анализ полученных результатов расчета.

Выводы

Проиллюстрированный подход к решению сложных задач оценки и определения границ уровней ПБ позволил смоделировать весь процесс наезда на ПМПКЗ, оценить безопасность и травмоопасность, показывающие безопасный удар на всех типах опор, что может быть также использовано при разработке рекомендаций производителям ПМПКЗ, а также при разработке национальных стандартов в данной области. Установлено, что рассчитанные значения НИС в сочетании со значениями максимального замедления обеспечивают достоверность оценки пассивной безопасности. Следует особо отметить, что выделение областей при ранжировании уровней ПБ представленной в данной статье как алгоритмизированный методический процесс может быть экстраполировано на задачи ЭП других видов ДТП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. BS EN 12767:2019 Passive safety of support structures for road equipment. Requirements, classification and test methods.
2. Васильев Я.В., Головина С.Г., Евтюков С.А., Карелина М.Ю., Терентьев А.В. Цифровизация процессов управления дорожно-транспортной инфраструктурой и БДД. Том 1 // СПб: ИД «Петрополис», 2019. 372 с.
3. Васильев Я.В., Брылев И.С. Оценка риска травмирования пешеходов и велосипедистов на основе логистической регрессии в задачах дорожно-транспортной экспертизы // Грузовик. 2022. №12. С. 34-40. DOI: 10.36652/1684-1298-2022-12-34-40.
4. Васильев Я.В. Анализ вторичного травмирования пешеходов в задачах дорожно-транспортной экспертизы // Грузовик. 2023. №1. С. 36-42. DOI: 10.36652/1684-1298-2023-1-36-42.
5. Васильев Я.В. Методика расчета риска получения травм при реконструкции дорожно-транспортных происшествий с участием пешеходов // Вестник гражданских инженеров. 2023. №2(97). С. 103-109. DOI 10.23968/1999-5571-2023-20-2-103-109.

6. Abbreviated Injury Scale (AIS) – Overview [Электронный ресурс] / Association for the Advancement of Automotive Medicine. 2019. URL: <https://www.aaam.org/abbreviated-injury-scale-ais/>
7. Евтюков С.С. Методология оценки и повышения эффективности дорожно-транспортных экспертиз: дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.10. СПб, 2020. 355 с.
8. Воронин В.В. Методика модельно-ориентированной реконструкции опрокидывания ТС при производстве дорожно-транспортной экспертизы: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10. СПб, 2022. 173 с.
9. Правила дорожного движения РФ. М.: Третий Рим, 2022.
10. Васильев Я.В., Воронин В.В. Методика расчета работы сил на непрерывное изменение угла разворота продольной оси ТС при производстве дорожно-транспортной экспертизы // Вестник гражданских инженеров. 2021. №3 (86). С. 134-138. DOI 10.23968/1999-5571-2021-18-3-134-138.
11. Евтюков С.А., Васильев Я.В., RajczykPavel Концепция количественной оценки неопределенности знаний в задачах реконструкции ДТП // Сборник докладов 12-ой международной научно-практической конференции «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах». СПб. 2016.
12. Semela M., Bradáč A. Procedure of collision solution with the help of Virtual CRASH software and possibilities of results validation. Journal // Soudní inženýrství. 2007. Vol. 18. 2007. P. 118-129.
13. Semela M., Coufal T. Research of Impact Parameters for Traffic Accident Analysis in Case of Small Overlap Crash Test // Validation and comparison of impact parameters between real crash data and computer modeling. 2nd Annual International Conference on Forensic Science - Criminalistics Research. 2014. №2. P. 1-9.
14. Bogdanovic V., Milutinovic N., Kostic S., Ruskic N. Research of the Influences of Input Parameters on the Result of Vehicles Collision Simulation // Promet – Traffic & Transportation. Vol. 24. 2012. №3. P. 243-251.
15. Design, Simulation and Virtual Testing: Madymo Theory Manual. VERSION 7.7 TASS International Software BV.
16. Единообразные требования, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении защиты водителя и пассажиров в случае бокового столкновения: Правила ЕЭК ООН №95. ООН. 2011. 99 с.
17. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении их характеристик при боковом ударе о столб (БУС): Правила ЕЭК ООН №135. ООН. 2016. 48 с.
18. EN 16303:2020, Road restraint systems - Validation and verification process for the use of virtual testing in crash testing against vehicle restraint system.
19. NCHRP 22-24 Guidelines for Verification and Validation of Crash Simulations Used in Roadside Safety Applications
20. Ray, Malcolm & Mongiardini, Mario & Plaxico, Chuck & Anghileri, Marco. Procedures for Verification and Validation of Computer Simulations Used for Roadside Safety Applications. 2010. DOI: 10.17226/17647.

Васильев Ярослав Владимирович

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес: 190005, Россия, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4
К.т.н., доцент
Email: tm@spbgasu.ru

Алексеев Михаил Дмитриевич

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес: 190005, Россия, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4
Аспирант
Email: geoid@inbox.ru

Новиков Александр Николаевич

Орловский государственный университет им. И.С.Тургенева
Адрес: 302030, Россия, г. Орел, ул. Московская, д. 77
Д.т.н, профессор, директор Политехнического института имени Н.Н. Поликарпова, зав. кафедрой сервиса и ремонта машин
E-mail: novikovan58@bk.ru

Михалёва Дарья Сергеевна

Орловский государственный университет им. И.С.Тургенева
Адрес: 302030, Россия, г. Орел, ул. Московская, д. 77
Аспирант
E-mail: dasha-170196@mail.ru

YA.V. VASILIEV, M.D. ALEKSEEV, A.N. NOVIKOV, D.S. MIKHALYOVA

**METHODOLOGY OF FORMING THE BOUNDARIES
OF PASSIVE SAFETY LEVELS IN THE TASKS OF EXPERT
PREVENTION OF ROAD TRAFFIC ACCIDENT**

Abstract. The existing methodological apparatus of expert prevention of accidents related to collision with poles and supports of road signs is considered, the problems are revealed. The methodology of forming the boundaries of passive safety levels is proposed on the example of expert prevention of accidents associated with collision with obstacles with a small area of the contact zone.

The data on on-board event registration devices are analyzed, a series of numerical experiments, a series of experimental numerical simulations (collisions) are performed. The use of ranking into groups of protection against the risk of head injury of the HIC index is proposed.

Keywords: expert prevention, passive safety, road traffic expertise, road accident, vehicle

BIBLIOGRAPHY

1. BS EN 12767:2019 Passive safety of support structures for road equipment. Requirements, classification and test methods.
2. Vasil'ev Ya.V., Golovina S.G., Evtyukov S.A., Karelina M.YU., Terent'ev A.V. Tsifrovizatsiya protses-ov upravleniya dorozhno-transportnoy infrastrukturoy i BDD. Tom 1 // SPb: ID «Petropolis», 2019. 372 s.
3. Vasil'ev Ya.V., Brylev I.S. Otsenka riska travmirovaniya peshekhodov i velosipedistov na osnove logisticheskoy regressii v zadachakh dorozhno-transportnoy ekspertizy // Gruzovik. 2022. №12. S. 34-40. DOI: 10.36652/1684-1298-2022-12-34-40.
4. Vasil'ev YA.V. Analiz vtorichnogo travmirovaniya peshekhodov v zadachakh dorozhno-transportnoy ekspertizy // Gruzovik. 2023. №1. S. 36-42. DOI: 10.36652/1684-1298-2023-1-36-42.
5. Vasil'ev YA.V. Metodika rascheta riska polucheniya travm pri rekonstruktsii dorozhno-transportnykh proisshestviy s uchastiem peshekhodov // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. 2023. №2(97). S. 103-109. DOI 10.23968/1999-5571-2023-20-2-103-109.
6. Abbreviated Injury Scale (AIS) - Overview [Elektronnyy resurs] / Association for the Advancement of Automotive Medicine. 2019. URL: <https://www.aaam.org/abbreviated-injury-scale-ais/>
7. Evtyukov S.S. Metodologiya otsenki i povysheniya effektivnosti dorozhno-transportnykh ekspertiz: dis. ... d-ra tekhn. nauk: 05.22.10. SPb, 2020. 355 s.
8. Voronin V.V. Metodika model'no-orientirovannoy rekonstruktsii oprokidyvaniya TS pri proizvodstve dorozhno-transportnoy ekspertizy: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.22.10. SPb, 2022. 173 s.
9. Pravila dorozhnogo dvizheniya RF. M.: Tretiy Rim, 2022.
10. Vasil'ev YA.V., Voronin V.V. Metodika rascheta raboty sil na nepreryvnoe izmenenie ugla razvorota prodo'l'noy osi TS pri proizvodstve dorozhno-transportnoy ekspertizy // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. 2021. №3 (86). S. 134-138. DOI 10.23968/1999-5571-2021-18-3-134-138.
11. Evtyukov S.A., Vasil'ev YA.V., RajczykPavel Kontseptsiya kolichestvennoy otsenki neopredelennosti znaniy v zadachakh rekonstruktsii DTP // Sbornik dokladov 12-oy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsiya «Organizatsiya i bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya v krupnykh gorodakh». SPb. 2016.
12. Semela M., Brad A. Procedure of collision solution with the help of Virtual CRASH software and possibilities of results validation. Journal // Soudn inenrstv?. 2007. Vol. 18. 2007. P. 118-129.
13. Semela M., Coufal T. Research of Impact Parameters for Traffic Accident Analysis in Case of Small Overlap Crash Test // Validation and comparison of impact parameters between real crash data and computer modeling. 2nd Annual International Conference on Forensic Science - Criminalistics Research. 2014. №2. R. 1-9.
14. Bogdanovic V., Milutinovic N., Kostic S., Ruskic N. Research of the Influences of Input Parameters on the Result of Vehicles Collision Simulation // Promet - Traffic & Transportation. Vol. 24. 2012. №3. R. 243-251.
15. Design, Simulation and Virtual Testing: Madymo Theory Manual. VERSION 7.7 TASS International Software BV.
16. Edinoobraznye trebovaniya, kasayushchiesya ofitsial'nogo utverzhdeniya transportnykh sredstv v otnoshenii zashchity voditelya i passazhiro v sluchae bokovogo stolknoveniya: Pravila EEK OON №95. OON. 2011. 99 s.
17. Edinoobraznye predpisaniya, kasayushchiesya ofitsial'nogo utverzhdeniya transportnykh sredstv v otnoshenii ikh kharakteristik pri bokovom udare o stolb (BUS): Pravila EEK OON №135. OON. 2016. 48 s.
18. EN 16303:2020, Road restraint systems - Validation and verification process for the use of virtual testing in crash testing against vehicle restraint system.
19. NCHRP 22-24 Guidelines for Verification and Validation of Crash Simulations Used in Roadside Safety Applications
20. Ray, Malcolm & Mongiardini, Mario & Plaxico, Chuck & Anghileri, Marco. Procedures for Verification and Validation of Computer Simulations Used for Roadside Safety Applications. 2010. DOI: 10.17226/17647.

Vasiliev Yaroslav Vladimirovich

St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
Address: 190005, Russia, St. Petersburg
Candidate of technical sciences
Email: tm@spbgasu.ru

Alekseev Mikhail Dmitrievich

St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
Address: 190005, Russia, St. Petersburg
Postgraduate student
Email: geoid@inbox.ru

Novikov Alexander Nikolaevich

Orel State University
Address: 302030, Russia, Orel, Moskovskaya st., 77
Doctor of technical sciences
E-mail: novikovan58@bk.ru

Mikhalyova Darya Sergeyevna

Orel State University
Address: 302030, Russia, Orel, Moskovskaya st., 77
Postgraduate student
E-mail: dasha-170196@mail.ru

Научная статья

УДК 629.018

doi:10.33979/2073-7432-2024-1-3(84)-58-62

Н.В. ЛОБОВ, В.В. АФАНАСЬЕВ

ОСОБЕННОСТИ ИСПЫТАНИЙ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПОД НАГРУЗКОЙ

***Аннотация.** На основании проведенного сравнительного анализа рабочих процессов поршневых и электрических двигателей в составе автотранспортных средств, а также методов их испытаний под нагрузкой, обоснована целесообразность разработки нового регламента испытаний для энергосиловых установок электромобилей. Как следует из содержания статьи, такой регламент на сегодняшний день отсутствует. Представлена принципиальная схема стенда для испытания силовых установок транспортных средств с электродвигателем.*

***Ключевые слова:** электромобиль, электродвигатель, стендовые испытания под нагрузкой, методика испытаний*

Транспортные средства с электродвигателем получают все большее развитие в мире и в нашей стране. По данным экспертов Digi Times Research [1] в 2022 году по всему миру было реализовано 9,8 миллионов транспортных средств с электрической силовой установкой (гибридные и «чистые» электромобили). Самой главной причиной такого успеха считается экологическая составляющая.

В нашей стране также осуществляется серийный выпуск транспортных средств на электротяге. Это автобус большого класса – КамАЗ-6282 [2], в Нефтекамске. На заводе «Эволют» компании ООО «Мотоинвест» в Липецке производят сразу пять моделей электромобилей [3], в Москве налажен выпуск электромобилей под брендом Москвич – 3е. [4]. Существуют планы по запуску электромобилей на АвтоВАЗе [5], АвтоГАЗе [6], УАЗе [7], заводе Ниссан (принадлежит АвтоВАЗу) [8]. В настоящее время все указанные транспортные средства оснащены силовыми установками иностранного (чаще всего китайского) производства. На практике реализуется, т.н. «отверточная» сборка транспортных средств. Особенностью текущего момента является то, что при поддержке правительства РФ, активно разворачиваются работы по импортозамещению и созданию отечественных компонентов электро транспорта. Так, например, в статье [9] приводится информация о разработке в рамках программы «Приоритет-2030» асинхронного двигателя для электромобилей. Подобные задачи решают специалисты Росатома. [10], ООО «Электротранспортные системы» московского технопарка «Калибр» [11], компании «Автотор», [12] и т.д. Одной из прикладных задач, с которой столкнутся разработчики силовых энергетических установок станет задача по проведению стендовых испытаний под нагрузкой. Проведение испытаний под нагрузкой – важный этап проектирования, доводки и серийного производства автомобильного электродвигателя [13-15]. В данной статье представлен краткий сравнительный анализ особенностей работы электрического двигателя и поршневого двигателя в составе транспортного средства, а так же рекомендации, которые должны быть учтены при разработке нагрузочного стенда для электродвигателей и методики испытания такого двигателя.

Методические основы испытания автомобильных двигателей внутреннего сгорания изложены в ГОСТ 14846-2020 «Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний» [16]. В ГОСТе указано, что стандарт распространяется только на поршневые и роторно-поршневые двигатели внутреннего сгорания. На сегодняшний день автомобильные двигатели в качестве силовой энергетической установки могут иметь не только поршневой ДВС, но и гибридный силовой привод и электродвигатели. ГОСТ на испытание автомобильных двигателей, работающих на электрических силовых установках, отсутствует.

Особенностью рабочего процесса электрического синхронного или асинхронного двигателя является то, что под нагрузкой он ведет себя иначе, чем поршневой двигатель. Так, например, поршневой двигатель, находясь на режиме реализации номинальной мощности, при увеличении нагрузки начинает снижать свои обороты вплоть до остановки, а при снижении нагрузки – наоборот увеличивать, т.е. частота вращения коленчатого вала функционально зависима от нагрузки [17-19]. Электрический двигатель ведет себя принципиально иначе. Увеличение нагрузки «мобилизует» внутренние резервы двигателя. Это проявляется в том, что электрический двигатель при росте нагрузки практически не изменит частоту вращения ротора, а «ответит» увеличением крутящего момента, «ответит» возросшим потреблением тока и температуры. Выше обозначенный момент следует понимать так, что реализация пиковых режимов перегрузки электрического двигателя возможна, но будет сопряжена с выходом последнего на предельные тепловые режимы, вплоть до остановки.

Особым режимом работы электрического двигателя является работа вблизи «нулевых» частот вращения якоря. Этот режим работы характеризуется высоким крутящим моментом, что приводит к высоким температурным нагрузкам на статор. Как правило, такие высокие крутящие моменты вблизи нулевых частот вращения якоря могут приводить к срыву сцепления колеса автомобиля с опорной поверхностью.

При эксплуатации электромобилей, еще одним востребованным режимом работы является режим рекуперации энергии при торможении и движении накатом. Для поршневых двигателей этот режим не характерен, т.к. в данном случае достигается лишь относительное замедление транспортного средства без пополнения энергии на борту автомобиля. В случае применения электрических машин это становится их выгодным преимуществом.

Выше обозначенные особенности работы электрических двигателей в сравнении с поршневыми двигателями должны быть учтены при создании методов испытаний под нагрузкой. Проблемы связанные с проектированием и последующей эксплуатацией электрических двигателей видятся в том, что в силу физических принципов их работы они могут быть выведены из строя при восприятии предельных нагрузок в следствии перегрева. На сегодняшний день отсутствует регламент определения выходных - паспортных данных электрических двигателей автотранспортных по мощности и крутящему моменту с учетом предельных тепловых режимов работы двигателя. Исключить данный эффект позволят стендовые испытания под нагрузкой, которые позволят определить надежные с точки зрения ресурса режимы работы.

Для испытания электродвигателей действует ГОСТ IEC 60034-1-2014 «Машины электрические вращающиеся. Часть I. Номинальные значения параметров и эксплуатационных характеристик» [20]. В данном ГОСТе предложено 10 типовых режимов нагружения электродвигателей S1-S10. Право установки режима работы электрических машин делегировано потребителю (заказчику), который может устанавливать один из следующих режимов самостоятельно:

- 1) численно, когда нагрузка не изменяется или изменяется известным образом;
- 2) временным графиком переменных величин;
- 3) путем выбора одного из типовых режимов от S1 до S10, не менее тяжелого, чем ожидаемый режим в эксплуатации.

В связи с отсутствием регламента или методов испытания электрических двигателей для автомобильного транспорта, разработка такого нормативного документа видится перспективной. Для отработки искомой методики требуется лабораторное оборудование. Конструкция стендов используемых для испытания электрических двигателей практически идентична конструкции стендов для испытания поршневых двигателей. Основные элементы конструкции такого стенда представлены на рисунок 1.

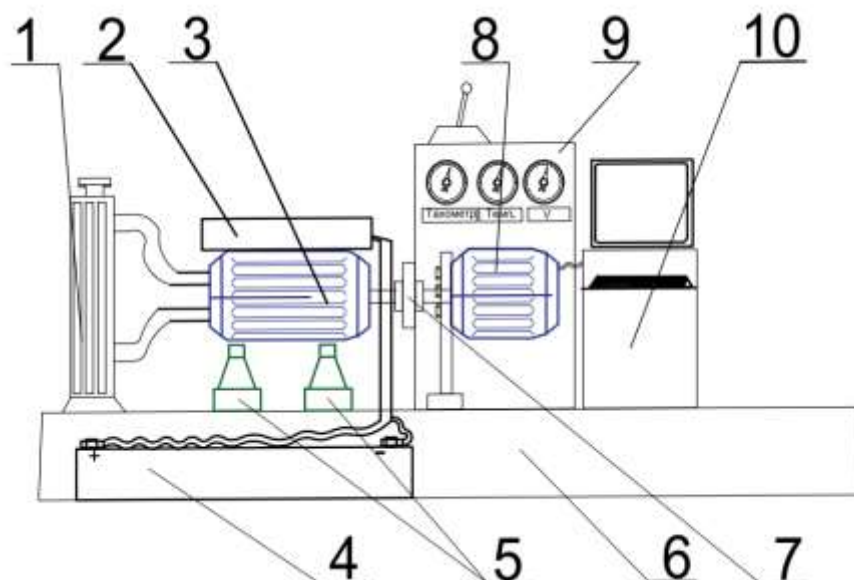


Рисунок 1 - Принципиальная схема нагрузочного стенда для испытания электрического двигателя: 1 - радиатор охлаждения, 2 - инвертор, 3 - испытываемый тяговый электродвигатель, 4 - тяговая батарея; 5 - кронштейны, 6 - рама стенда, 7 - муфта с датчиком момента, 8 - нагрузочный генератор, 9 - пульт управления инвертором и электродвигателем, 10 - пульт управления генератором

Объединяющим признаком электрических двигателей с поршневыми двигателями является то, что в качестве источника энергии они применяются на автотранспортных средствах и по этому основные зависимости, такие как скоростная характеристика (внешняя скоростная характеристика), нагрузочная и регулировочная характеристики уже учитывают специфику эксплуатационных свойств транспортных средств. Поэтому их можно взять за основу испытаний, заменив расходные характеристики в виде часового расхода топлива, удельного расхода адаптировав к расходным характеристикам электрических двигателей, таким как напряжение, ток, частота тока и т.д.

Выводы

1. ГОСТ 14846-2020 «Двигатели автомобильные, Методы стендовых испытаний» не подходит для испытания электродвигателей. Требуется разработка новой методики. ГОСТ ИЕС 60034-1-2014 «Машины электрические вращающиеся. Номинальные значения параметров и эксплуатационных характеристик» это предполагает.

2. Нагрузочные стенды, которые использовались для испытания поршневых автомобильных двигателей, с минимальными изменениями могут быть применены для проведения испытаний электрических двигателей автотранспортных средств.

3. При разработке методики испытания электрических двигателей следует обратить особое внимание на такие специфические режимы его работы, как работа в зоне высоких температурных напряжений, режим рекуперации энергии, работа на малых, близких к нулевым частотах вращения якоря двигателя;

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Digi Times Research [Электронный ресурс]. URL: <https://3dnews.ru/1080096/po-itogam-tekushchego-goda-v-mire-moget-bit-prodano-14-mln-elektromobiley?ysclid=l dvyw yugww 579138917>.
2. ПАО КамАЗ [Электронный ресурс]. URL: https://kamaz.ru/press/releases/na_nefaze_vypushchen_yubileyny_250_y_elektrobus/?ysclid=ldvzlvmidc355610159.
3. ООО «Моторинвест» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.evolute.ru/?ysclid=ldvzp03kih777178201>.
4. АО МАЗ «Москвич» [Электронный ресурс]. URL: <https://moskvichuto.ru/models/moskvich>.
5. Naavtotrasse [Электронный ресурс]. URL: <https://naavtotrasse.ru/vaz/lada-ellada-2022-2023->

renderly.html.

6. Горьковский автомобильный завод [Электронный ресурс]. URL: <https://azgaz.ru/gazworld/news/gorkovskiy-avtozavod-predstavil-predseriynye-obraztsy-elektromobilya-gazelle-e-nn/>.
7. Авто-ревью журнала [Электронный ресурс]. URL: <https://autoreview.ru/news/uaznamerenrazvivat-elektromobil-noe-napravlenie>.
8. РБК [Электронный ресурс]. URL.: https://www.rbc.ru/spb_sz/11/01/2023/63be7dff9a7947830649dff1.
9. Независимая газета [Электронный ресурс]. URL: https://www.ng.ru/economics/20230207/100_sc060223_06.html?ysclid=ldw08co1sm1887901.
10. ТАСС наука [Электронный ресурс]. URL: <https://nauka.tass.ru/nauka/16398323?ysclid=lex8xjtph7358898158>.- (дата обращения 20.02.2023).
11. IXBT.com [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ixbt.com/news/2022/11/15/proizvodstvo-dvigatelejiupravljajushejjelektroelektronikidljjarossijskih-jelektromobilej-na-predpriyatii-avtotor.html?ysclid=ldxhu7hjsc437381712>.
12. Drive2.ru [Электронный ресурс]. URL: <https://www.drive2.ru/c/496174139439055303/?ysclid=lex93k6kwn273294328>.
13. Жерве Г.К. Промышленные испытания электрических машин. Л.: Энергоатомиздат, 1984. 408 с.
14. Голдберг О.Д. Испытание электрических машин. 2-е изд. М.: Высш. шк., 2000. 255 с.
15. Авилов В.Д., Попов Д.И. и др. Модернизированный стенд для испытания асинхронных двигателей методом взаимной нагрузки // Повышение эффективности эксплуатации коллекторных электромеханических преобразователей энергии: Материалы междунар. науч.-техн. конф. Омск: Омский гос. ун-т путей сообщения. 2013. С. 137-141.
16. ГОСТ 14846-2020. Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний» межгосударственный стандарт. Москва: Стандартинформ, 2020. 90 с.
17. Родионов Р.В. Тягово-энергетические характеристики привода троллейбуса и алгоритм управления тяговым асинхронным двигателем // Электротехника. 2011. №12. С. 4а-9.
18. Родионов Р.В. Исследование тягово-энергетических характеристик приводов городского электрического транспорта // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2010. №3-3. С. 157-162.
19. Пискунов С.В., Ворошилов В.С., Поляков В.А. Тяговые асинхронные двигатели для приводов подвижного состава городского электротранспорта // Электротехника. 2005. №5. С. 32-34.
20. ГОСТ ИЕС 60034-1-2014. Машины электрические вращающиеся. Часть I. Номинальные значения параметров и эксплуатационных характеристик. Москва: Стандартинформ, 2015. 57 с.

Лобов Николай Владимирович

Пермский национальный исследовательский политехнический университет
Адрес: 614990, Россия, г. Пермь, Комсомольский пр., 29
Д.т.н., профессор, заведующий кафедры «Автомобили и технологические машины»
E-mail: lobov@pstu.ru

Афанасьев Валерий Валерьевич

Пермский национальный исследовательский политехнический университет
Адрес: 614990, Россия, г. Пермь, Комсомольский пр., 29
Аспирант
E-mail: avv151@yandex.ru

N.V. LOBOV, V.V. AFANASIEV

FEATURES OF TESTING ELECTRIC MOTORS OF MOTOR VEHICLES UNDER LOAD

***Abstract.** Based on the comparative analysis of the working processes of reciprocating and electric motors in motor vehicles, as well as methods of their testing under load, the expediency of developing a new test regulation for electric vehicle power plants is justified. As follows from the content of the article, there is currently no such regulation. A schematic diagram of a stand for testing power plants of vehicles with an electric motor is presented.*

***Keywords:** electric vehicle, electric motor, bench tests under load, test procedure*

BIBLIOGRAPHY

1. Digi Times Research [Elektronnyy resurs]. URL: <https://3dnews.ru/1080096/po-itogam-tekushchego-goda-v-mire-moget-bit-prodano-14-mln-elektromobiley?ysclid=l dvyw yugww 579138917>.
2. PAO KamAZ [Elektronnyy resurs]. URL: https://kamaz.ru/press/releases/na_nefaze_vypushchen_yubileynny_250_y_elektrobus/?ysclid=ldvzlvmidc355610159.
3. OOO "Motorinvest" [Elektronnyy resurs]. URL: <https://www.evolute.ru/?ysclid=ldvzp03kih777178201>.
4. AO MAZ "Moskvich" [Elektronnyy resurs]. URL: <https://moskvichuto.ru/models/moskvich>.
5. Naavtotrasse [Elektronnyy resurs]. URL: <https://naavtotrasse.ru/vaz/lada-ellada-2022-2023-rendery.html>.
6. Gor'kovskiy avtomobil'nyy zavod [Elektronnyy resurs]. URL: <https://azgaz.ru/gazworld/news/gorkovskiy-avtozavod-predstavil-predseriynye-obraztsy-elektromobilya-gazelle-e-nn/>.
7. Avto-revyu zhurnala [Elektronnyy resurs]. URL: <https://autoreview.ru/news/uaznamerenrazvivat-elektromobil-noe-napravlenie>.
8. RBK [Elektronnyy resurs]. URL.: https://www.rbc.ru/spb_sz/11/01/2023/63be7dff9a7947830649dff1.
9. Nezavisimaya gazeta [Elektronnyy resurs]. URL: https://www.ng.ru/economics/20230207/100_sc060223_06.html?ysclid=ldw08co1sm1887901.
10. TASS nauka [Elektronnyy resurs]. URL: <https://nauka.tass.ru/nauka/16398323?ysclid=lex8xjtp7358898158.-> (data obrashcheniya 20.02.2023).
11. IXBT.com [Elektronnyy resurs]. URL: <https://www.ixbt.com/news/2022/11/15/proizvodstvo-dvigatelyiupravljajushejelektronikidjarossijskih-jelektromobilej-na-predpriyatii-avtotor.html?ysclid=ldxhu7hjsc437381712>.
12. Drive2.ru [Elektronnyy resurs]. URL: <https://www.drive2.ru/c/496174139439055303/?ysclid=lex93k6kwn273294328>.
13. ZHerve G.K. Promyshlennye ispytaniya elektricheskikh mashin. L.: Energoatomizdat, 1984. 408 s.
14. Goldberg O.D. Ispytanie elektricheskikh mashin. 2-e izd. M.: Vyssh. shk., 2000. 255 s.
15. Avilov V.D., Popov D.I. i dr. Modernizirovannyi stend dlya ispytaniya asinkhronnykh dvigateley metodom vzaimnoy nagruzki // Povyshenie effektivnosti ekspluatatsii kollektornykh elektromekhanicheskikh preobrazovateley energii: Materialy mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. Omsk: Omskiy gos. un-t putey soobshcheniya. 2013. S. 137-141.
16. GOST 14846-2020. Dvigateli avtomobil'nye. Metody stendovykh ispytaniy" mezhgosudarstven-nyy standart. Moskva: Standartinform, 2020. 90 c.
17. Rodionov R.V. Tyagovo-energeticheskie kharakteristiki privoda trolleybusa i algoritm upravleniya tyagovym asinkhronnym dvigatelem // Elektrotehnika. 2011. №12. S. 4a-9.
18. Rodionov R.V. Issledovanie tyagovo-energeticheskikh kharakteristik privodov gorodskogo elektricheskogo transporta // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. 2010. №3-3. S. 157-162.
19. Piskunov S.V., Voroshilov V.S., Polyakov V.A. Tyagovye asinkhronnye dvigateli dlya privodov podvizhnogo sostava gorodskogo elektrotransporta // Elektrotehnika. 2005. №5. S. 32-34.
20. GOST IEC 60034-1-2014. Mashiny elektricheskije vrashchayushchiesya. Chast' I. Nominal'nye znacheniya parametrov i ekspluatatsionnykh kharakteristik. Moskva: Standartinform, 2015. 57 c.

Lobov Nikolay Vladimirovich

Perm National Research Polytechnic University
Address: 614990, Russia, Perm, Komsomolsky Ave., 29
Doctor of technical sciences
E-mail: lobov@pstu.ru

Afanasyev Valery Valerievich

Perm National Research Polytechnic University
Address: 614990, Russia, Perm, Komsomolsky Ave., 29
Graduate student
E-mail: avv151@yandex.ru

Научная статья

УДК 656.13

doi:10.33979/2073-7432-2024-1-3(84)-63-70

Д.С. БЕЛЯЕВ, Е.М. ГЕНСОН, Н.В. ЛОБОВ, М.А. ВАХРУШЕВ

РЕЗУЛЬТАТЫ НАТУРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПО УСТАНОВЛЕНИЮ ЗАВИСИМОСТИ ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕМ ОТ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ

Аннотация. Статья посвящена проблемам эксплуатации автомобилей с электрической силовой установкой в загородном режиме. В ходе работы был спланирован и проведен натурный эксперимент по установлению количественной зависимости изменения потребляемой мощности электромобилем от внешних факторов: скорости движения и температуры окружающей среды. Установлено, что увеличение скорости движения с 70 до 110 км/ч приведет к росту потребляемой мощности более чем в 4 раза. При этом температура окружающего воздуха оказывает меньшее влияние и увеличение температуры окружающего воздуха на 15° С, расход электроэнергии при эксплуатации увеличивается на 17,6 %.

Ключевые слова: электромобиль, расход электроэнергии, средняя скорость движения, климат-контроль

Введение

Специфика эксплуатации электромобиля заключается в том, что, двигаясь в загородном режиме, автомобиль с электрической силовой установкой расходует больше электроэнергии, чем при эксплуатации в городе. Связано это с отсутствием вращения электромотора при временных остановках электромобиля (перекрестки, пробки и т.д.), в связи с чем энергия не тратится на его привод. Кроме того, в городе меньшие расстояния между зарядными станциями, что позволяет владельцам автомобилей не беспокоиться о реальном запасе хода на одном заряде. На трассе расстояние между зарядными пунктами может превышать предельный запас хода на одном заряде электромобиля. Таким образом, для владельца важно знать реальный возможный пробег электромобиля при текущих внешних условиях эксплуатации для принятия решений о необходимости и длительности зарядки.

Вопросы влияния внешних факторов на расход энергоресурсов при эксплуатации автомобильного транспорта анализировали ведущие российские и зарубежные ученые [1-7], в том числе и автомобилей с электрическими силовыми установками [8-11].

Системы мониторинга современных автомобилей позволяют осуществлять контроль за эксплуатационными параметрами, такими как: местоположение автомобиля, скорость движения, фактический расход топлива, нагрузка на ось и другие параметры. Различия систем заключаются в способах сбора, обработки и передаче информации на удаленный сервер [12-17]. Однако, существующие системы не адаптированы для применения на электромобилях, т.к. нет научно-обоснованных зависимостей расхода электроэнергии при эксплуатации от внешних факторов.

Материал и методы

Для определения зависимости энергопотребления электромобиля при эксплуатации в загородном режиме был проведен анализ внешних факторов, оказывающих влияние на расход энергии. Анализ литературных источников и ранее выполненных исследований позволил сформировать перечень наиболее значимых факторов [18, 19]: средняя скорость движения – X_1 [20]; уровень рекуперации энергии – X_2 ; техническое состояние систем и оборудования автомобиля – X_3 ; температура окружающей среды – X_4 .

Информация по управляемым факторам X_1 и X_4 для реальных условий эксплуатации (область определения) и для экспериментальных исследований (подобласть определения) представлена в таблице 1.

Оба фактора независимы, т.к. существует возможность установки каждого фактора на любой уровень вне зависимости от уровней других факторов и совместимы, т.е. их комбинации осуществимы и безопасны. Таким образом, выполняются основные требования к совокупности факторов при планировании эксперимента.

Таблица 1 - Области и подобласти определения факторов.

Фактор	Область определения		Подобласть определения	
	Нижний предел	Верхний предел	Нулевой уровень	Интервал варьирования
Средняя скорость движения (X_1)	70 км/ч	110 км/ч	90 км/ч	± 20 км/ч
Работа системы «климат-контроль» в автоматическом режиме (20°C) при температуре окружающей среды (X_4)	-15°C	15°C	0°C	± 15 °C

В ходе работы был спланирован и проведен натурный эксперимент. Задача эксперимента заключается в определении фактического расхода заряда батареи электромобиля, т.к. данные на бортовом компьютере не соответствуют действительности. В качестве объекта исследования был выбран переднеприводный электромобиль Nissan Leaf 1 поколения 2014 года выпуска с электродвигателем мощностью 110 кВт, крутящим моментом 280 Н·м и емкостью высоковольтной батареи 24 кВт·ч, т.к. является наиболее распространенным в России.

Перед проведением экспериментальных исследований необходимо было убедиться в соответствии получаемых данных фактическим при применении цифрового диагностического оборудования Nissan. Для этого было спроектировано и изготовлено оборудование для точного замера потребленной в процессе зарядки электроэнергии. Данное оборудование состоит из корпуса, трехфазного электрического счетчика, трехфазной вилки, зарядного разъема и многожильных соединительных кабелей.

Трехфазное оборудование выбрано с целью возможности быстрого заряда автомобиля с целью экономии времени, так как бытовая сеть 220 В однофазного тока позволит заряжать автомобиль только токами не более 16 А, то есть мощность зарядки составит не более 7 кВт. Использование сети 380 В позволяет заряжать автомобиль токами до 32 А, то есть пиковая мощность может достигать 22 кВт.

В качестве измерительного прибора используется счетчик электрической энергии трехфазный статический «Меркурий 231 АМ-01» производства ООО «НПК «Инкотекс» г. Москва. Серийный номер 47565742, дата выпуска 14.11.2022, свидетельство о поверке от 14.11.2022, приведено на рисунке 1. Изготовлен и принят в соответствии с требованиями ГОСТ 31818.21-2012, ГОСТ 31819.21-2012, технических условий АВЛГ.411152.027ТУ и признан годным к эксплуатации.

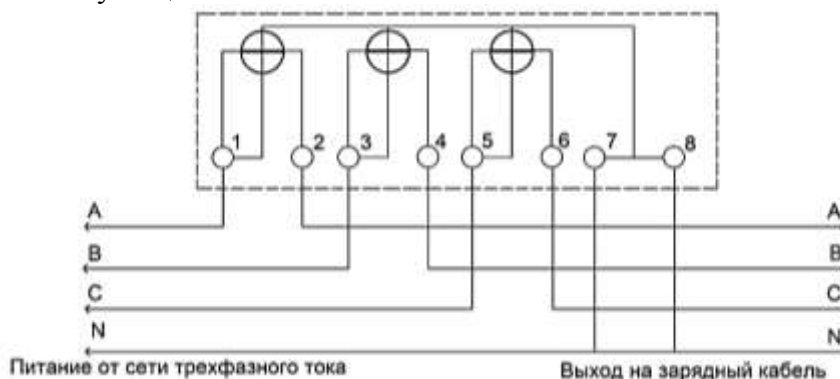


Рисунок 1 – Электрическая схема подключения системы измерения со встроенным электросчетчиком

Счетчик имеет встроенное электромеханическое отсчетное устройство для отображения измеренной электроэнергии, также оснащен светодиодным индикатором функционирования, являющимся одновременно индикатором импульсов учета электроэнергии. Счетчик смонтирован в корпус на DIN-рейку. Клеммная колодка крепит жилы кабелей подачи и отвода электроэнергии посредством винтовых соединений. Электрическая схема подключения приведена на рисунке 1. Принципиальная схема и общий вид системы измерения представ-

лен на рисунке 2. Предельная погрешность системы измерения не превышает 1,5 %, что является допустимым для проведения инженерных исследований.

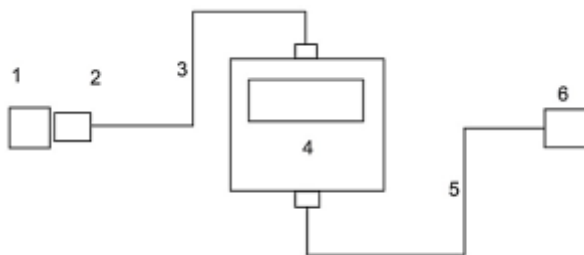


Рисунок 2 – Принципиальная схема и общий вид системы измерения:

1- розетка сети трехфазного тока 380 В, 2 – вилка измерительного устройства, 3 – питающий кабель, 4 – счетчик электрический, 5 – выходной кабель, 6 -розетка для подключения зарядного устройства

Натурный эксперимент выполнялся в несколько этапов по алгоритму, представленному на рисунке 3.

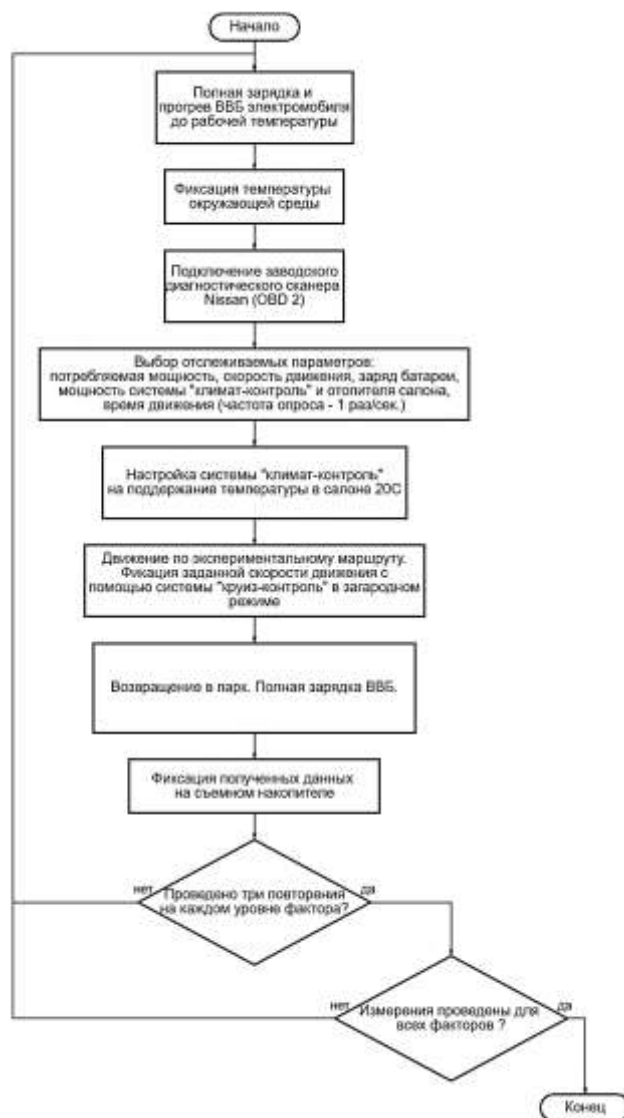


Рисунок 3 – Алгоритм проведения натурального эксперимента по определению фактического расхода электроэнергии при движении электромобиля

После проведения натурного эксперимента данные обрабатывались в программном комплексе Microsoft Excel и проводилось сравнение полученных результатов.

Результаты и обсуждения

Испытания проводились по маршруту в г. Перми, включающему улицы Академика Королева, Профессора Дедюкина, Дорогу Дружбы (рис. 4). Маршрут разделен на две части. Первая часть – движение в городском режиме (красный маркер); вторая часть – движение в загородном режиме (черный маркер). Расстояние первой части участка составляет 5,8 км. Расстояние второй – 7 км. Общая протяженность маршрута составила 12,8 км.



Рисунок 4 – Экспериментальный маршрут движения

При проведении эксперимента в салоне автомобиля находилось 3 взрослых человека. Пример полученных в результате измерений данных приведен на рисунке 5. Вертикальным красными линиями выделены участки загородного режима движения. Оставшиеся участки приравниваются к городскому режиму работы автомобиля.

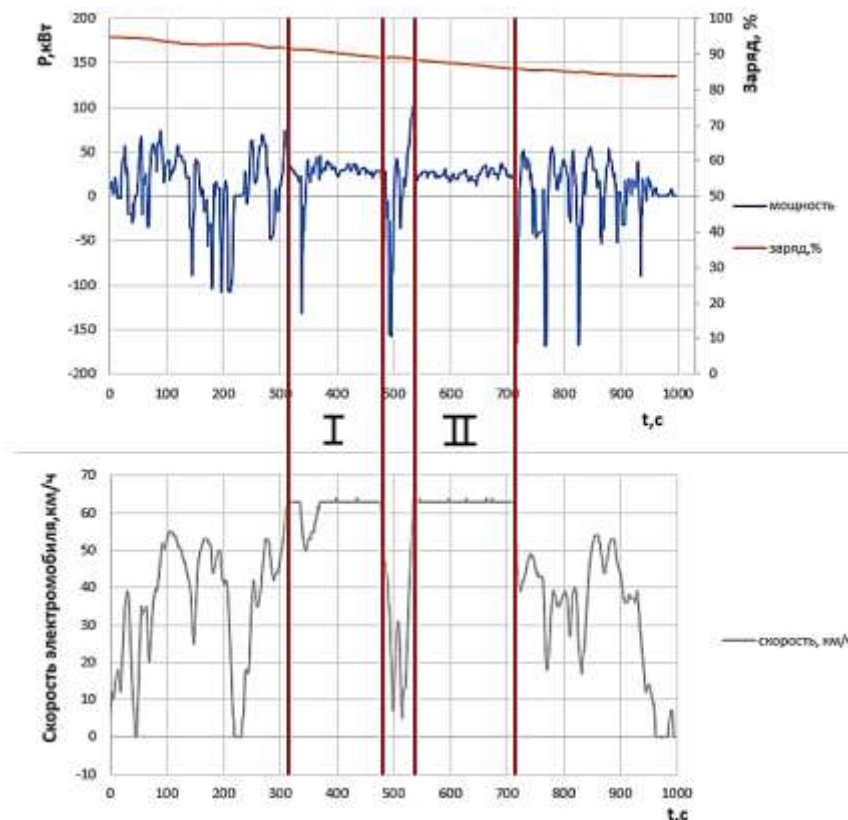


Рисунок 5 – Экспериментальные данные: I, II – загородный режим эксплуатации

При движении в загородном режиме эксплуатации наблюдается равномерное движение, в виду чего кривая мощности имеет линейный характер. Движение осуществлялось при включённом режиме контроля скорости (круиз-контроль), настроенном на 70 км/ч. На рисунке 5 видно, что скорость движения составляла 64 км/ч. Это связано с погрешностью автомобильного спидометра. Погрешность спидометра допускается по техническим условиям его работы. Так же при движении за городом отсутствует рекуперация, в виду движения с постоянной скоростью и отсутствия длительных торможений.

В результате ряда повторений эксперимента на одном уровне факторов и обработки данных было получено среднее значение общей потребляемой мощности электромобиля при движении в загородном режиме (рис. 6).

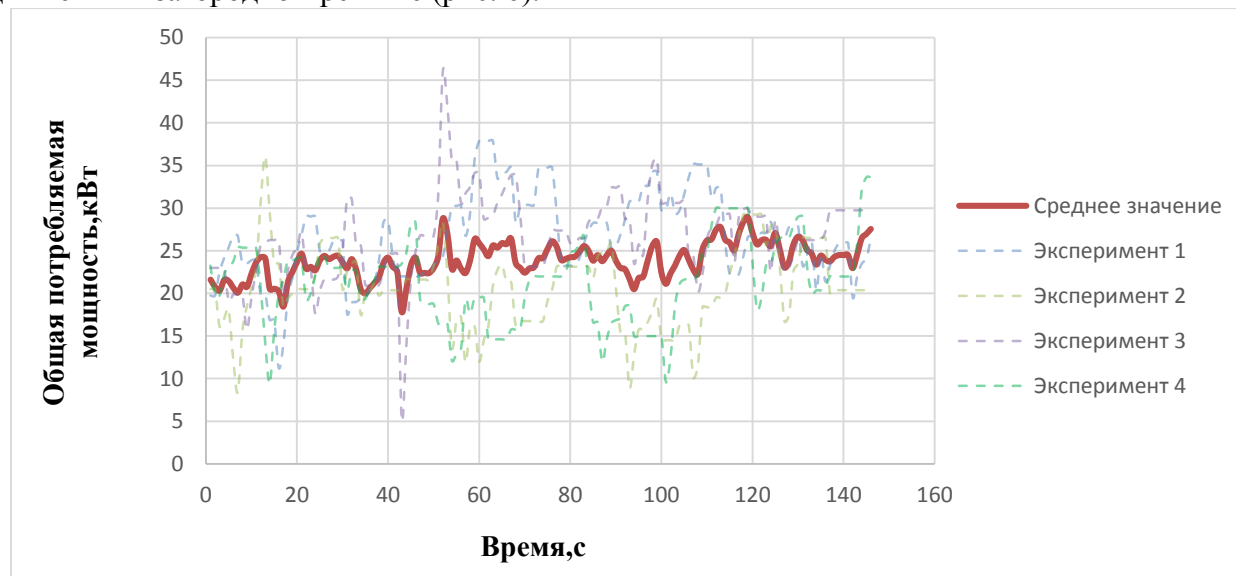


Рисунок 6 – Общая потребляемая мощность электромобилем при проведении натурного эксперимента (скорость движения – 70 км/ч)

После проведения натурного эксперимента было проведено сравнение средних значений потребляемой мощности электромобилем при эксплуатации в загородном режиме при различных скоростях движения (рис. 7). Установлено, что при увеличении скорости движения с 70 до 110 км/ч общая потребляемая мощность увеличивается практически в 4 раза.

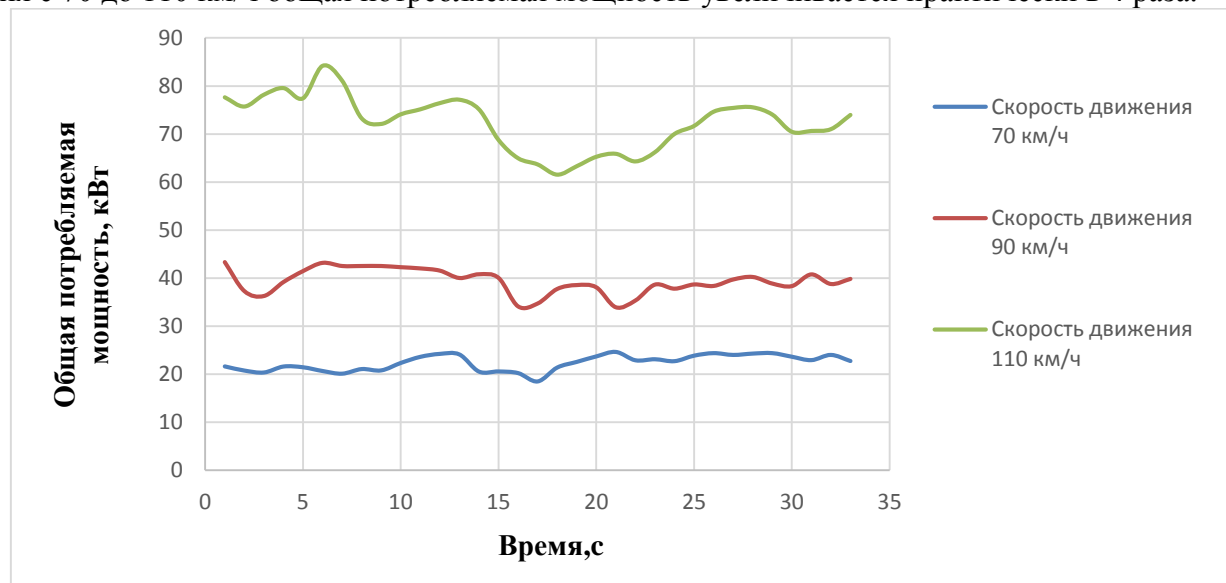


Рисунок 7 – Сравнение средних значений потребляемой мощности электромобилем при эксплуатации в загородном режиме

Аналогичный эксперимент был проведен при температуре окружающей среды 0°C и -15° С. Установлено, что при движении в загородном режиме среднее потребление электро-

энергии электромобилем при температуре окружающей среды 0° С составляет 24,56 кВт*ч; при температуре окружающей среды -15° С составляет 28,9 кВт*ч.

Выводы

Таким образом, по результатам проведенных натурных исследований можно сделать вывод о значительной зависимости энергопотребления электромобиля при эксплуатации в загородном режиме от внешних факторов (температуры окружающей среды, скорости движения). При снижении температуры окружающего воздуха на 15° С, расход электроэнергии при эксплуатации увеличивается на 17,6 %. При этом увеличение скорости движения с 70 до 110 км/ч приводит к 4х-кратному росту потребляемой мощности. Пропорционально расходу электроэнергии уменьшится предполагаемый запас хода на одном заряде высоковольтной батареи.

Направления дальнейших исследований необходимо связать с аппроксимацией полученных результатов натурального эксперимента и разработкой математической модели изменения расхода электроэнергии электромобиля при влиянии внешних факторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Захаров Д.А. Влияние зимних условий эксплуатации автомобилей на топливную экономичность двигателей: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10. Тюмень, 2000. 165 с.
2. Евтин П.В. Сбережение топлива при эксплуатации автомобилей в температурных условиях севера и Сибири: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10. Тюмень, 2000. 125 с.
3. Кузьмин Н.А. Проблема нормирования расходов автомобильных топлив и смазочных материалов в РФ // Автотранспортное предприятие. 2010. №8. С. 20-22.
4. Карнаухова И.В. Система корректирования зимних норм расхода топлива // Современные проблемы науки и образования. 2014. №5. С. 165-171.
5. Захаров Д.А., Козлов П.А., Резник Л.Г. Дифференцируемое нормирование расхода топлива автомобилем-рефрижератором при работе на развозочных маршрутах // Научно-технический вестник Поволжья. 2014. №3. С. 119-122.
6. Борисов Г.В., Лелиовский К.Я., Пачурин Г.В. К вопросу о нормировании расхода жидких топлив на автомобильном транспорте // Автотранспортное предприятие. 2015. №2. С. 51-55.
7. Беляев Д.С., Генсон Е.М. Определение расхода электроэнергии при эксплуатации электромобилей в загородном режиме // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. 2022. №1. С. 5-11.
8. Тарасик В.П. Теория движения автомобиля: учебник для вузов. Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2006. 478 с.
9. Вахрушев М.А., Генсон Е.М. Анализ особенностей эксплуатации электробусов и грузовых автомобилей с электрической силовой установкой // Технико-технологические проблемы сервиса. 2021. №4(58). С. 38-42.
10. Колпаков А.Ю., Галингер А.А. Экономическая эффективность распространения электромобилей и возобновляемых источников энергии в России // Вестник Российской академии наук. 2020. Т. 90. №2. С. 128-139.
11. Горбунова А.Д. Анализ факторов, влияющих на выбор городского регулярного маршрута для ввода электробуса // Вестник гражданских инженеров. 2021. №4(87). С. 127-134.
12. Зверькова М.Е., Распутина Д.А. Системы мониторинга на автомобильном транспорте // Modern Science. 2021. №6-2. С. 58-61.
13. Сдержиков Е.Ю. Система удаленного мониторинга и диагностики транспорта // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2016. С. 1743-1746.
14. Гоголина Е.С., Адуллина З.М., Вычужанина И.Г., Шустрова К.А. Внедрение GPS-мониторинга на грузовом автомобильном транспорте // Транспортное дело России. 2021. №3. С. 30-33.
15. Мартиросян А.А. Анализ систем мониторинга транспорта // Образование, наука, производство. Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2015. С. 1065-1071.
16. Бояркин А.В., Яблочкин И.В. Использование навигационных систем мониторинга транспорта для получения данных о режимах работы автомобиля / Отв. редактор Захаров Н.С. // Проблемы эксплуатации и обслуживания транспортно-технологических машин: Материалы Международной научно-технической конференции. 2009. С. 76-77.
17. Савельев М.А., Заяц Ю.А., Елистратов В.В. Использование терминалов мониторинга транспорта при проведении научных исследований // Научный резерв. 2020. №3(11). С. 2-17.
18. Генсон Е.М. Повышение эффективности перевозки твердых коммунальных отходов путем улучшения топливной экономичности специальных автомобилей в технологическом режиме эксплуатации: автореферат дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10. Орел, 2017. 20 с.
19. Конорев Д.В., Щербаков Е.Д., Васильев А.С. Расход энергии на вспомогательные системы в электромобиле

тромобиле / Под общей редакцией О.М. Костикова, А.В. Божко // Тенденции развития технических средств и технологий в АПК: Материалы международной научно-практической конференции. Воронеж. 2021. С. 38-42.

20. Васильев В.Ю., Сопов А.Г. Влияние скоростного режима движения на расход энергии батарей электромобиля // Наземные транспортно-технологические комплексы и средства: материалы Международной научно-технической конференции. Тюмень. 2020. С. 41-44.

Беляев Дмитрий Сергеевич

Пермский национальный исследовательский политехнический университет
Адрес: 614990, Россия, г. Пермь, Комсомольский проспект, 29
Старший преподаватель кафедры «Автомобили и технологические машины»
E-mail: dmitry.belyaev@audi-perm.ru

Генсон Евгений Михайлович

Пермский национальный исследовательский политехнический университет
Адрес: 614990, Россия, г. Пермь, Комсомольский проспект, 29
К.т.н., доцент, доцент кафедры «Автомобили и технологические машины»
E-mail: genson@pstu.ru

Лобов Николай Владимирович

Пермский национальный исследовательский политехнический университет
Адрес: 614990, Россия, г. Пермь, Комсомольский проспект, 29
Д.т.н., доцент, зав. кафедрой «Автомобили и технологические машины»
E-mail: lobov@pstu.ru

Вахрушев Матвей Александрович

Пермский национальный исследовательский политехнический университет
Адрес: 614990, Россия, г. Пермь, Комсомольский проспект, 29
Студент
E-mail: vaxrushev.m@list.ru

D.S. BELYAEV, E.M. GENSON, N.V. LOBOV, M.A. VAKHRUSHEV

THE RESULTS OF A FULL-SCALE EXPERIMENT TO ESTABLISH THE DEPENDENCE OF ELECTRIC VEHICLE POWER CONSUMPTION ON EXTERNAL FACTORS

***Abstract.** The article is devoted to the problems of operation of cars with an electric power plant in country mode. In the course of the work, a full-scale experiment was planned and conducted to establish the quantitative dependence of changes in the power consumption of an electric vehicle on external factors: speed of movement and ambient temperature. It is established that an increase in the speed from 70 to 110 km / h will lead to an increase in power consumption by more than 4 times. At the same time, the ambient air temperature has less influence and an increase in ambient air temperature by 15° C, the power consumption during operation increases by 17,6 %.*

***Keywords:** electric vehicle, power consumption, average speed, climate control*

BIBLIOGRAPHY

1. Zakharov D.A. Vliyaniye zimnikh usloviy ekspluatatsii avtomobiley na toplivnyuyu ekonomichnost` dvigateley: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.22.10. Tyumen`, 2000. 165 s.
2. Evtin P.V. Sberezheniye topliva pri ekspluatatsii avtomobiley v temperaturnykh usloviyakh severa i Sibiri: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.22.10. Tyumen`, 2000. 125 s.
3. Kuz`min N.A. Problema normirovaniya raskhodov avtomobil`nykh topliv i smazochnykh materialov v RF // Avtotransportnoye predpriyatie. 2010. №8. S. 20-22.
4. Karnaukhova I.V. Sistema korrektirovaniya zimnikh norm raskhoda topliva // Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya. 2014. №5. S. 165-171.
5. Zakharov D.A., Kozlov P.A., Reznik L.G. Differentsiruemoe normirovaniye raskhoda topliva avtomobilem-refrizheratorom pri rabote na razvozhnykh marshrutakh // Nauchno-tekhnicheskiiy vestnik Povolzh`ya. 2014. №3. S. 119-122.
6. Borisov G.V., Leliovskiy K.Ya., Pachurin G.V. K voprosu o normirovanii raskhoda zhidkikh topliv na avtomobil`nom transporte // Avtotransportnoye predpriyatie. 2015. №2. S. 51-55.

7. Belyaev D.S., Genson E.M. Opredelenie raskhoda elektroenergii pri ekspluatatsii elektromobiley v zagorodnom rezhime // Transport. Transportnye sooruzheniya. Ekologiya. 2022. №1. S. 5-11.
8. Tarasik V.P. Teoriya dvizheniya avtomobilya: uchebnik dlya vuzov. Sankt-Peterburg: BHV-Peterburg, 2006. 478 s.
9. Vakhrushev M.A., Genson E.M. Analiz osobennostey ekspluatatsii elektrobusev i gruzovykh avtomobiley s elektricheskoy silovoy ustanovkoy // Tekhniko-tehnologicheskie problemy servisa. 2021. №4(58). S. 38-42.
10. Kolpakov A.Yu., Galinger A.A. Ekonomicheskaya effektivnost` rasprostraneniya elektromobiley i vozobnovlyаемых istochnikov energii v Rossii // Vestnik Rossiyskoy akademii nauk. 2020. T. 90. №2. S. 128-139.
11. Gorbunova A.D. Analiz faktorov, vliyayushchikh na vybor gorodskogo regul'yarnogo marshruta dlya vvoda elektrobusev // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. 2021. №4(87). S. 127-134.
12. Zver`kova M.E., Rasputina D.A. Sistemy monitoringa na avtomobil`nom transporte // Modern Science. 2021. №6-2. S. 58-61.
13. Sderzhikov E.Yu. Sistema udalennogo monitoringa i diagnostiki transporta // Mezhdunarodnaya nauchno-tehnicheskaya konferentsiya molodykh uchenykh BGTU im. V.G. Shukhova. Belgorod: Belgorodskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskiy universitet im. V.G. Shukhova. 2016. S. 1743-1746.
14. Gogolina E.S., Adullina Z.M., Vychuzhanina I.G., Shustrova K.A. Vnedrenie GPS-monitoringa na gruzovom avtomobil`nom transporte // Transportnoe delo Rossii. 2021. №3. S. 30-33.
15. Martirosyan A.A. Analiz sistem monitoringa transporta // Obrazovanie, nauka, proizvodstvo. Belgorod: Belgorodskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskiy universitet im. V.G. Shukhova. 2015. S. 1065-1071.
16. Boyarkin A.V., Yablochkin I.V. Ispol`zovanie navigatsionnykh sistem monitoringa transporta dlya polucheniya dannyykh o rezhimakh raboty avtomobilya / Otv. redaktor Zakharov N.S. // Problemy ekspluatatsii i obsluzhivaniya transportno-tehnologicheskikh mashin: Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii. 2009. S. 76-77.
17. Savel`ev M.A., Zayats Yu.A., Elistratov V.V. Ispol`zovanie terminalov monitoringa transporta pri provedenii nauchnykh issledovaniy // Nauchnyy rezerv. 2020. №3(11). S. 2-17.
18. Genson E.M. Povysenie effektivnosti perevozki tverdykh kommunal`nykh otkhodov putem uluchsheniya toplivnoy ekonomichnosti spetsial`nykh avtomobiley v tekhnologicheskome rezhime ekspluatatsii: avtoreferat dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.22.10. Orel, 2017. 20 s.
19. Konorev D.V., Shcherbakov E.D., Vasil`ev A.S. Raskhod energii na vspomogatel`nye sistemy v elektromobile / Pod obshchey redaktsiey O.M. Kostikova, A.V. Bozhko // Tendentsii razvitiya tekhnicheskikh sredstv i tekhnologiy v APK: Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Voronezh. 2021. S. 38-42.
20. Vasil`ev V.Yu., Sopov A.G. Vliyanie skorostnogo rezhima dvizheniya na raskhod energii batarey elektromobilya // Nazemnyye transportno-tehnologicheskie komplekсы i sredstva: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii. Tyumen`. 2020. S. 41-44.

Belyaev Dmitry Sergeevich

Perm National Research Polytechnic University
Address: 614990, Russia, Perm, Komsomolsky Prospekt, 29
Senior lecturer
E-mail: dmitry.belyaev@audi-perm.ru

Genson Evgeny Mikhailovich

Perm National Research Polytechnic University
Address: 614990, Russia, Perm, Komsomolsky Prospekt, 29
Candidate of technical sciences
E-mail: genson@pstu.ru

Lobov Nikolay Vladimirovich

Perm National Research Polytechnic University
Address: 614990, Russia, Perm, Komsomolsky Prospekt, 29
Doctor of technical sciences
E-mail: lobov@pstu.ru

Vakhrushev Matvey Alexandrovich

Perm National Research Polytechnic University
Address: 614990, Russia, Perm, Komsomolsky Prospekt, 29
Student
E-mail: vaxrushev.m@list.ru

Научная статья

УДК.629.331

doi:10.33979/2073-7432-2024-1-3(84)-71-81

И.А. НОВИКОВ, Д.А. ЛАЗАРЕВ, Е.И. ЗИБОРОВА, А.Г. ЖИХАРЕВ

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ В СФЕРЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ МЕТОДОЛОГИИ КОМПЛЕКСНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТАВЛЯЮЩИХ МЕХАНИЗМА ДОРОЖНО- ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ

***Аннотация.** В данной работе проведен анализ проблемных вопросов, возникающих при производстве дорожно-транспортной экспертизы. Возникает необходимость комплексного подхода к исследованию механизма дорожно-транспортного происшествия (далее ДТП), поскольку формальный подход к рассмотрению отдельных задач в рамках общего исследования зачастую приводит к ошибочному суждению и неправильным выводам. Определены основные направления исследования, как часть комплексного подхода, предложены уравнения и системы уравнений, позволяющие дополнить возможности расчета на различных уровнях сложности.*

***Ключевые слова:** дорожно-транспортное происшествие, транспортное средство, дорожное движение, расследование, экспертиза, сложное движение, автотранспортная техника*

Введение

В настоящее время в современных автотехнических исследованиях, связанных с экспертизой дорожно-транспортных происшествий, основной проблемой является отсутствие целостности исследования от начальной стадии при возникновении опасной обстановки до окончания события дорожно-транспортного происшествия.

Зачастую следователи формально подходят к постановке вопросов на разрешение эксперта, не вдаваясь в предпосылки и условия возникновения опасной обстановки, а эксперты ограничиваются исследованием в рамках поставленной задачи, что приводит к неполному пониманию самой причинно-следственной связи между обстоятельствами, способствующими возникновению ДТП. Данную проблему позволяет решить комплексный подход к определению механизма ДТП.

Материал и методы

Механизм ДТП представляет собой комплекс связанных объективными закономерностями обстоятельств, определяющих процесс сближения транспортных средств перед столкновением, взаимодействия в процессе удара и последующее движение до остановки. Каждая стадия характеризуется своими условиями и приводит к анализу тех или иных обстоятельств и способов получения исходных данных [1].

Так, например, ориентируясь на систему ВАДС можно вычлениить из всего ее массива характеристик те, которые относятся в той или иной степени к исследованию определенной стадии механизма (рис. 1) [2].

Например, компонент «Среда» характеризует в основном стадию сближения объектов, отвечая за формирование режима движения. Наличие обстоятельств данного компонента позволяет следствию и эксперту выбрать способ получения исходных данных – проведение следственных экспериментов с целью установления параметров режима движения. Например, в условиях тумана, дождя, снега или ночного времени суток проводится следственный эксперимент по определению видимости объектов на дороге и общей видимости.

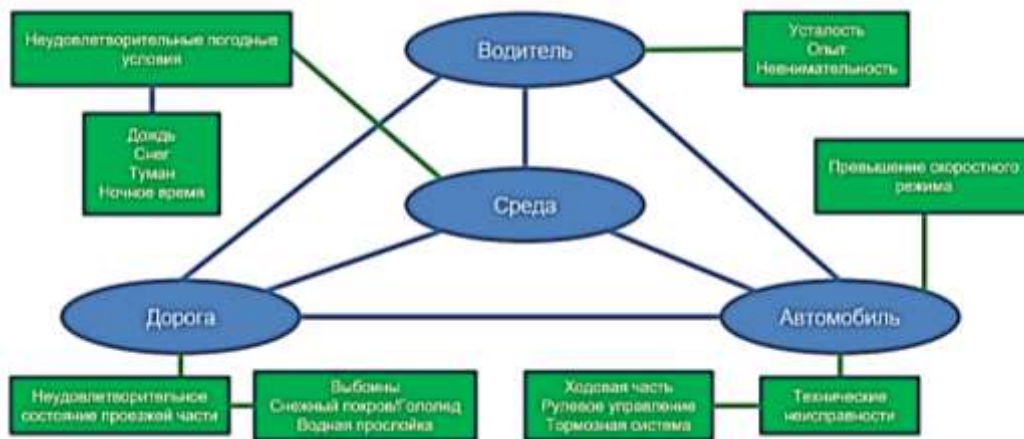


Рисунок 1 – Система ВАДС и ее компоненты, относящиеся к исследованию механизма ДТП

Теория

Компонент Водитель влечет за собой иной выбор способа получения исходных данных. Проведение инженерно-психологического исследования позволяет получить время реакции водителя для конкретной ситуации с учетом его опыта, возрастных и психофизиологических особенностей. Время реакции водителя – интервал времени между моментом появления сигнала об опасности и окончанием ответного действия. Различают простую и сложную реакцию [3]. Для определения каждого типа реакции используются тесты, анкетирование и симуляция обстоятельств. Также в практике инженерно-психологических экспертиз время реакции водителя как правило получают двумя способами [4]:

$$t_1 = m \cdot BP_1 \text{ или } t_1 = t_c + m \cdot BP_2, \quad (1)$$

где BP_1 – время реакции в пороговых условиях видения;

BP_2 – время реакции при ясном видении, устанавливается исходя из обстоятельств в пределах $0,8 \div 1,1$ сек;

m – коэффициент неожиданности;

t_c – время преодоления пороговой зоны видимости за счет приближения транспортного средства к объекту опасности.

$$BP_1 = \tau_1 + \tau_M, \quad (2)$$

где $\tau_1 = \tau_0 + \tau_B + \tau_P$ – при параллельном выполнении звукового сигнала и торможения;

$\tau_M = \tau_T = \tau_4 + \tau_5$ – при их последовательном выполнении;

$\tau_M = \tau_T + \tau_S$ – время на подачу звукового сигнала;

$\tau_S = 0,5 \cdot (\tau_1 + \tau_2 + \tau_3)$ – время действия по торможению;

τ_T – время «моторного» выполнения реакции;

τ_M – латентное время реакции.

Время неясного видения определяется исходя из параметров движения транспортного средства:

$$t_c = \frac{3,6 \cdot S_p}{V_a}, \quad (3)$$

где $S_p = S_{\max} - S_{\min}$ – нижняя граница видимости, установленной следствием;

V_a – скорость автомобиля.

Пороговые значения времени реакции, полученных в результате расчетов, принимают к расчетам остановочного пути транспортного средства.

Исходные параметры расчета параметров стадии сближения двух объектов (транспортных средств или пешехода) также можно получать с использованием средств видеотехнической экспертизы, которая в современных реалиях является самым точным и наглядным

способом. Использование видеозаписей при решении задач автотехнической экспертизы позволяют устанавливать скорости сближающихся объектов, время выполнения маневров и переходов, а также иные необходимые параметры. Однако, для получения результатов обязательным условием является наличие мерных объектов привязки на видеозаписи либо размерных ориентиров. Так на видеозаписи, представленной на рисунке 2 наблюдается перемещение мотоцикла и движение задним ходом автомобиля, с которым в итоге мотоцикл совершит столкновение [5-6].

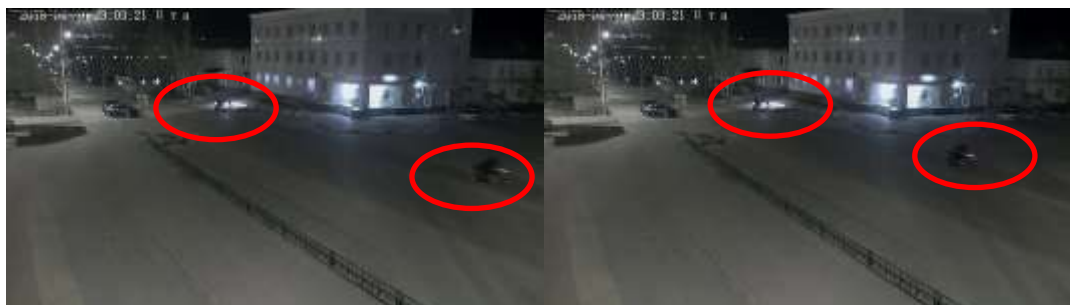


Рисунок 2 – Перемещение участников ДТП на стадии сближения исходя из видеозаписи

Однако, на данной видеозаписи нет мерных объектов или размерных ориентиров, в связи с чем следственным путем была получена видеозапись с того ракурса видеокамеры, но с предварительным размещением размерных ориентиров (конусов) на проезжей части по ходу следования мотоцикла (рис. 3)



Рисунок 3 – Фрагмент видеозаписи с мерными объектами

Далее проводится совмещение двух фотоснимков (видеозаписи момента ДТП и сделанной позднее с мерными ориентирами) для получения исходных параметров для расчета – расстояние, пройденное объектом (в данном случае мотоциклом) и время, за которое он это расстояние преодолевает (см. рисунок 4). При этом очень важно понимать, что мерные объекты должны быть в единой плоскости с измеряемым объектом.

После этого проводится простейший расчет, в результате которого возможно получить скорость перемещения объекта. По такому же принципу определяются и иные параметры движения объектов на видеозаписи.



Рисунок 4 – Совмещение контрольных кадров

Стадию взаимодействия транспортных средств характеризуют два исследования – определение места контакта объектов и определение угла взаимодействия объектов. Первый вопрос достаточно важен для исследования механизма в целом, поскольку является своеобразным рубиконом при переходе из одной стадии в другую. Зачастую качество собранного при первичном осмотре места происшествия не позволяет качественно определить место контакта объектов. В таком случае эксперту может помочь использования средств фото-

грамметрии. Так, при наличии следов на проезжей части и отображении их на фотоснимках, при отсутствии их на схеме места дорожно-транспортного происшествия, возможно их восстановление при наличии мерных ориентиров. На рисунке 5 показан пример разметки точек пересечения следовой информации (следов торможения) грузового автомобиля естественных границ бетонных плит полотна дороги. Каждая плита имеет свои размеры, что позволяет использовать их как сетку перспективы [7].



Рисунок 5 – Разметка следовой информации на снимке с места дорожно-транспортного происшествия

Далее указанные точки наносятся на чертеж и восстанавливаются следы (рисунок 6 – поэтапно показан процесс восстановления от позиции ба до позиции бв).

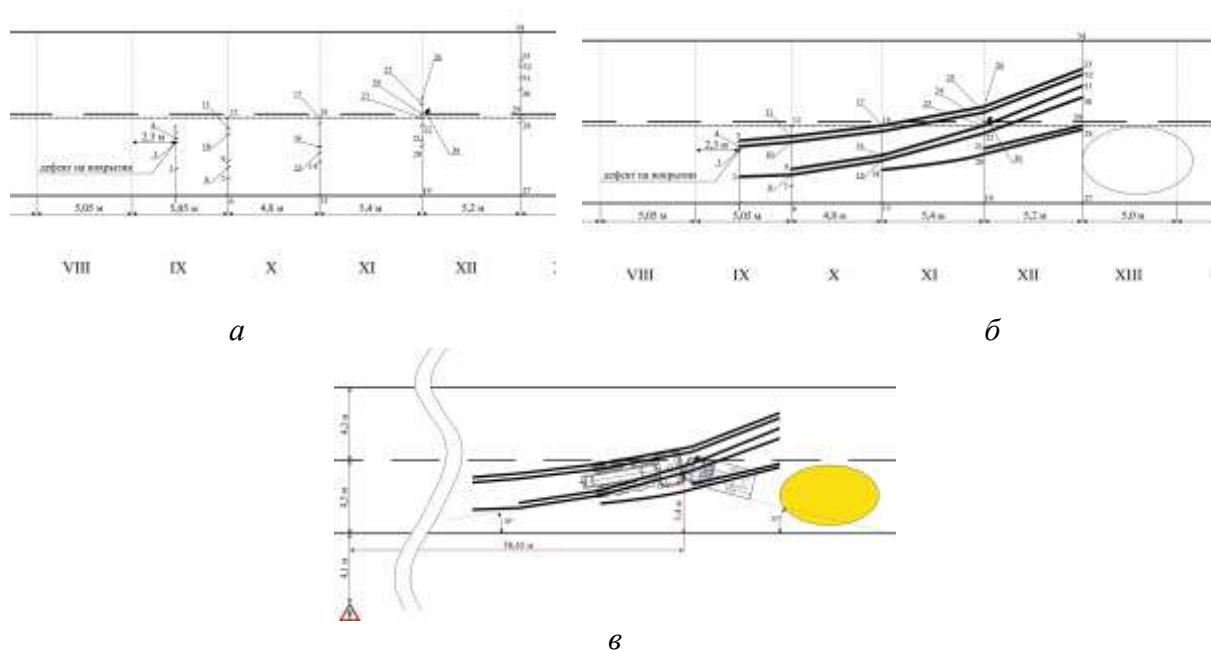


Рисунок 6 – Восстановление следовой информации в графическом редакторе

Определение угла взаимодействия объектов очень важно для дальнейшего получения скоростных параметров движения объектов и их траекторий. Здесь в настоящее время также возможно применение средств фотограмметрии и устройств типа Лидар. Также исследование объема повреждений транспортных средств позволяет определять затраты кинетической энергии на деформацию деталей с использованием материаловедческих инструментов и испытаний (рис. 7). Данные возможности позволяют определять скорость при взаимодействии объектов, что позволяет выявить соответствие ее величины нормативным значениям. Для этого необходимо установить объем повреждений и провести испытания образцов материала деталей на пределы прочности и текучести, интенсивности деформаций и показатели упрочнения.

После всех замеров устанавливается осредненная удельная работа деформаций [8, 9]:

$$\omega_j = \sigma_T \cdot \left[\frac{\varepsilon_{iT}}{2} + \frac{\left(\frac{\varepsilon_{iT} + \varepsilon_{iB}}{2} \right)^{m+1} - \varepsilon_{iT}^{m+1}}{\varepsilon_{iT}^m \cdot (m+1)} \right], \quad (4)$$

где σ_B – предел прочности деформированного материала;

σ_T – предел текучести деформированного материала;

ε_{iT} – интенсивность деформации, соответствующая пределу текучести деформированного материала;

ε_{iB} – интенсивность деформации, соответствующая пределу прочности деформированного материала;

m – показатель упрочнения деформированного материала.



Рисунок 7 – Измерение материаловедческих параметров поврежденных деталей ТС.

Работа деформаций каждой детали определяется:

$$w_{defj} = \omega_j \cdot V_{defj}, \quad (5)$$

где ω_j – удельная работа деформаций для каждой поврежденной детали;

V_{defj} – объем деформированных и разрушенных частей каждой поврежденной детали.

Работа деформаций каждого транспортного средства определяется:

$$W_{defi} = \sum_{j=1}^n w_{defj}, \quad (6)$$

где n – количество поврежденных деталей в каждом из транспортных средств.

После чего можно приступать к расчету скорости отброса каждого транспортного средства после контакта:

$$V_a = 3,6 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (W_{def} + W_k)}{m_a}}, \quad (7)$$

где m_a – масса деформируемого транспортного средства;

W_k – работа на перемещение деформируемого транспортного средства после контакта;

w_{def} – работа на деформирование транспортного средства в процессе контакта.

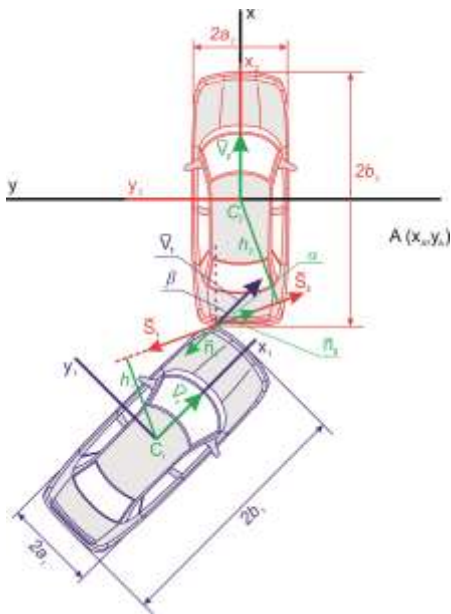


Рисунок 8 - Расчетная схема столкновения двух транспортных средств

Стадия отброса и частично стадия сближения характеризуются сложным перемещением транспортных средств. В системе ВАДС, например, элемент «Автомобиль» может иметь какие-либо технические неисправности, приводящие к потере как курсовой так и вертикальной устойчивости. На возникновение подобных ситуаций также может влиять и неудовлетворительное состояние проезжей части, например гололед. Были получены дифференцированные уравнения, которые позволяют определять кинематические характеристики перемещения транспортных средств в неуправляемом состоянии. Основные параметры перемещения транспортного средства по криволинейной траектории определяются исходя из баланса сил и моментов, отображенных на рисунке 8.

Исходя из данной схемы определяются системы уравнений, которые в целом позволяют определять ряд параметров перемещения ТС в состоянии инерционного перемещения без участия водителя. Системы уравнений отображены в таблице 1 [10-14].

Таблица 1 - Основные уравнения движения, предложенные авторами

№	Физический смысл	Расчетная формула	Обозначение
1	2	3	4
1.	Системы уравнений моментов инерций и плеч импульсов	$\begin{cases} h_1 = x_1 \cdot \sin \alpha - y_1 \cdot \cos \alpha \\ h_2 = -x_2 \cdot \sin(\alpha + \beta) - y_2 \cdot \cos(\alpha + \beta) \end{cases};$ $\begin{cases} J_1 = \frac{m_1}{3} \cdot (a_1^2 + b_1^2) \\ J_2 = \frac{m_2}{3} \cdot (a_2^2 + b_2^2) \end{cases}$	x_1, x_2 и y_1, y_2 – координаты точки удара относительно систем координат центров масс транспортных средств; a_1, b_1 и a_2, b_2 – соответствующие размеры транспортных средств.
2.	Ударный импульс, необходимый для определения угловых скоростей	$\bar{S} = -\frac{1 + \varepsilon}{G} \cdot (\bar{U}_1 \cdot \bar{n}_1 + \bar{U}_2 \cdot \bar{n}_2)$	ε – коэффициент восстановления; $\bar{U}_1 \cdot \bar{n}_1; \bar{U}_2 \cdot \bar{n}_2$ – проекции скоростей транспортных средств на соответствующие нормали; G – параметр точки массы.
3.	Параметр точки массы	$G = \frac{m_1 + m_2}{m_1 \cdot m_2} + \frac{h_1^2}{J_1} + \frac{h_2^2}{J_2};$ $G = \frac{m_1 + m_2}{m_1 \cdot m_2} + \frac{3 \cdot (x_1 \cdot \sin \alpha - y_1 \cdot \cos \alpha)^2}{m_1 \cdot (a_1^2 + b_1^2)} \dots$ $\dots + \frac{3 \cdot [-x_2 \cdot \sin(\alpha + \beta) - y_2 \cdot \cos(\alpha + \beta)]^2}{m_2 \cdot (a_2^2 + b_2^2)}$	m_1 и m_2 – массы транспортных средств; h_1 и h_2 – плечи импульсов; J_1 и J_2 – моменты инерции тел относительно центральных осей, перпендикулярных плоскости движения и проходящих через центры масс.
4.	Угловые скорости транспортных средств после удара	$\Omega_{1z} = \frac{S \cdot h_1}{J_1}; \quad \Omega_{2z} = \frac{S \cdot h_2}{J_2}$	S – ударный импульс; h_1 и h_2 – плечи импульсов; J_1 и J_2 – моменты инерции тел относительно центральных осей.

Окончание таблицы 1

1	2	3	4
5.	Дифференциальные уравнения движения, позволяющие описать поступательно-вращательное перемещение ТС в общем виде	$\begin{cases} m \cdot \frac{dx_{1c}}{dt^2} = \sum F_{kx}^e \\ m \cdot \frac{dy_{1c}}{dt^2} = \sum F_{ky}^e \\ J_c \cdot \frac{d\phi}{dt^2} = 2 M_c (\bar{F}_k^e) \end{cases}$	

Опрокидывание транспортного средства также является задачей, относящейся к сложному перемещению. Только в данном случае силовой баланс подразумевает использование вертикального ориентирования. Решение задачи по расчету параметров опрокидывания транспортного средства. Основные используемые параметры опрокидывания ТС отражены на рисунке 9 по стадиям опрокидывания [10-14].

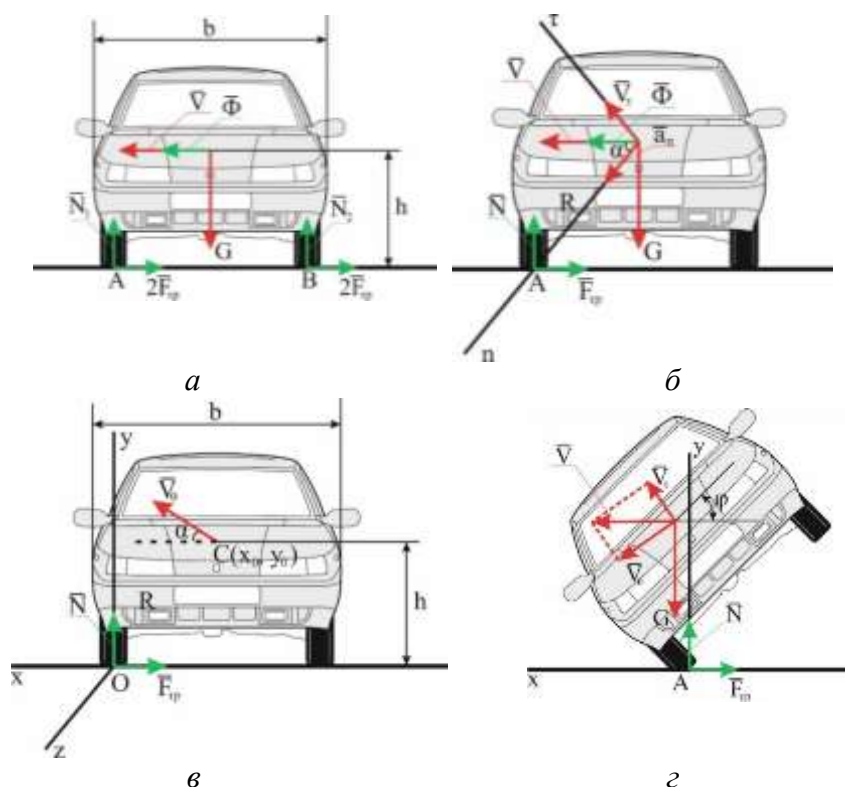


Рисунок 9 - Расчетная схема опрокидывания транспортного средства

Исходя из данных схем определяются системы уравнений, которые в целом позволяют определять ряд параметров перемещения ТС в состоянии инерционного опрокидывания без участия водителя. Системы уравнений отображены в таблице 2.

Таблица 2 - Основные уравнения опрокидывания, предложенные авторами.

№	Физический смысл	Расчетная формула	Обозначение
1	Условие опрокидывания	$\Phi \geq \frac{m \cdot g \cdot b}{2 \cdot h}$	m – масса транспортного средства; g – ускорение свободного падения; b – соответствующий размер транспортного средства; h – высота центра масс.

1	2	3	4
2.	Критическая скорость опрокидывания	$V_1 \geq \sqrt{\frac{g \cdot b \cdot R^3}{2 \cdot h^3}}$	h – высота центра масс.; R – радиус (плечо) опрокидывающей силы.
3.	Дифференциальные уравнения движения тела	$\left\{ \begin{aligned} m \cdot \frac{dV}{dt} &= \sum F_{k\tau} \\ m \cdot \frac{V^2}{\rho} &= \sum F_{kn} \\ J_z \cdot \frac{d^2\varphi}{dt^2} &= \sum M_z(\bar{F}_k) \end{aligned} \right.$	ρ – радиус кривизны траектории.
4.	Угловая скорость при одном перевороте объекта	$\omega_T = \sqrt{2 \cdot \frac{G}{J_z} \cdot \frac{1}{\sqrt{4 \cdot h^2 + b^2}} \cdot (2 \cdot h \cdot \omega \cdot b)}$	угловая скорость; J – момент инерции
5.	Скорость при перевороте объекта более одного раза	$V_{0\tau} = V \cdot k; \quad V = \omega \cdot R$	где k – коэффициент восстановления.

Для простоты расчетов различных параметров движения возможна автоматизация процесса в зависимости от целей исследования и выбранных компонентов системы ВАДС.

Результаты и обсуждение

Предложенный комплексный подход был протестирован на примере реального дорожно-транспортного происшествия с заранее известным результатом, установленным с помощью средств транспортной трасологии (рис. 10).

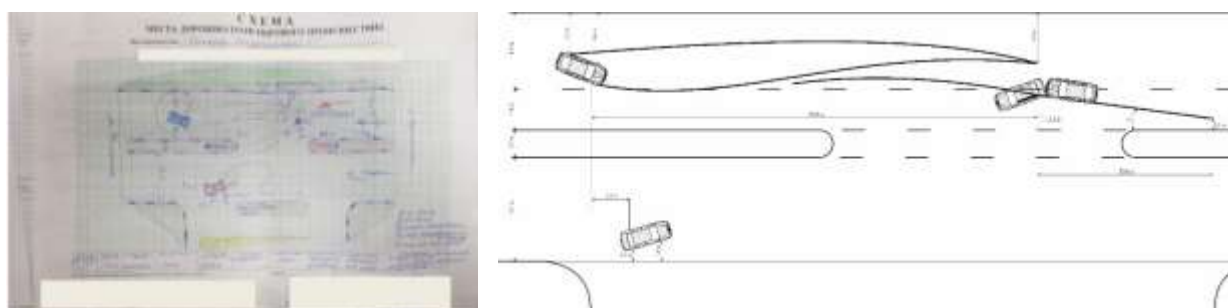


Рисунок 10 – Фотоснимки и схема места ДТП

Использование предложенного комплексного подхода показало свою состоятельность [15], поскольку позволило определить параметры перемещения транспортных средств после контакта (табл. 3), а также скорость движения автомобиля-виновника, которые коррелируют с фактическими параметрами перемещения транспортных средств, которые были установлены путем анализа видеозаписей.

Таблица 3 - Полученные значения расчета

$w_{def1-Skoda}$	$w_{def2-Skoda}$	$w_{def1-Toyota}$	$w_{def2-Toyota}$	$w_{def3-Toyota}$	$w_{def4-Toyota}$
269,9÷277,4 Дж	1194,4÷1229,5 Дж	51,1 Дж	174,1 Дж	11,7÷13,4 Дж	29377,1÷30216,5 Дж

$W_{defSkoda}$	$W_{defToyota}$	$W_{resSkoda}$	$W_{resToyota}$	W_{Skoda}	W_{Toyota}
1464,3÷1506,9 Дж	29614÷30455,1 Дж	356042,2 Дж	340225,5 Дж	357506,5÷357549,1 Дж	369839,5÷370680,6 Дж

Скорости отброса каждого из транспортных средств исходя из предложенного метода:

$$V_{a1}'' = 3,6 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (357506,5 \div 357549,1)}{1210}} = 87,5 \text{ км/ч};$$

$$V_{a2}'' = 3,6 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (369829,5 \div 370680,6)}{1380}} = 83,4 \text{ км/ч}.$$

Скорость в момент удара автомобиля Skoda Octavia определяется исходя из векторного уравнения согласно закону сохранения импульса по формуле [5,9]:

$$m_1 \cdot V'_1 + m_2 \cdot V'_2 = m_1 \cdot V''_1 + m_2 \cdot V''_2;$$

$$V' = V''_1 + \frac{m_2}{m_1} \cdot (V''_2 - V'_2) \cdot \cos \alpha;$$

$$V' = 87,5 + \frac{1380}{1210} \cdot (83,4 - 60) \cdot \cos 30^\circ = 110,6 \text{ км/ч};$$

$$V' = 87,5 + \frac{1380}{1210} \cdot (83,4 - 70) \cdot \cos 30^\circ = 100,7 \text{ км/ч};$$

$$V_a = 1,8 \cdot 0,35 \cdot 6,8 + \sqrt{26 \cdot 14,1 \cdot 6,8 + (100,7 \div 110,6)^2} = 116,7 \div 125,6 \text{ км/ч}.$$

Выводы

Таким образом использование комплексного подхода к анализу массива данных и исследованию каждой из стадий механизма ДТП позволит получать на выходе более полные результаты и исключить судебные ошибки, которые негативно влияют на экономическую составляющую, связанную с ДТП.

В результате исследования получены материалы, обладающие научной новизной: выявлены закономерности использования типовых алгоритмов расчета с учетом особенностей развития механизма дорожно-транспортной ситуации, систематизированы и обобщены для автоматизации выбора их использования; разработаны методики отдельных видов исследований составных частей механизма дорожно-транспортного происшествия с учетом всех возможных факторов, которые не учитывались ранее. Систематизированы и дополнены типовые графо-аналитические и расчетные методы исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Евтюков С.А., Васильев Я.В. Расследование и экспертиза дорожно-транспортных происшествий. СПб.: ООО «Издательство ДНК». 2-е издание, 2005. 288 с.
2. Ротенберг Р.В. Основы надежности системы водитель – автомобиль – дорога – среда. М.: Транспорт, 1986. 215 с.
3. Стёпина П.А., Тюлькин Е.В. Инженерно-психологическая (ситуационная) экспертиза: методические указания. СПбГАСУ. СПб. 2014. 68 с.
4. Суходольский Г.В. Инженерно-психологическая экспертиза дорожно-транспортных происшествий. Х.: Гуманитарный центр, 2006. 156 с.
5. Гунько И.В., Новиков И.А. Метод определения скорости движения ТС по видеозаписи с использованием графического моделирования / Под общей редакцией А.Н. Новикова // Информационные технологии и инновации на транспорте: материалы 2-ой Международной научно-практической конференции. Орел: Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, 2016. С. 393.

6. Петров С.М. Исследование материалов видеозаписи с целью установления обстоятельств дорожно-транспортного происшествия // Теория и практика судебной экспертизы. №4 (32). М.: РФ ЦСЭ при МЮ РФ. М., 2013. С. 62-82.
7. Лобанов А.Н. Фотограмметрия: Учебник для ВУЗов. 2-е изд., перераб. и доп. М., Недра. 1984. 552 с.
8. Способ определения скоростей движения транспортных средств при столкновении: пат. РФ №2275612 / В.П. Байков, В.Б. Киселев, К.А. Любарский; Заявл. 01.03.01; опубл. 27.04.06, Бюл. № 12. 3 с.
9. Огородников В.А., Киселев В.Б., Сивак И.О. Энергия. Деформации. Разрушение (задачи автотехнической экспертизы): Монография. Винница: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. 204 с.
10. Novikov I.A., Degtyar A.N., Lazarev D.A., Makhonin V.L. Analysis of vehicles complex displacement in the process of investigation of vehicle crash [Электронный ресурс] // MATEC Web of Conferences341, 00070. 2021. URL: [https:// DOI:10.1051/mateconf/202134100070](https://doi.org/10.1051/mateconf/202134100070).
11. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики: Учеб. для вузов. 5-е изд.,стер. М.: Высш.шк. 2007. - 415 с.
12. Паус Э. Динамика системы твердых тел. Пер. с англ. В 2-х томах. Т. 1 / Под ред. Ю.А. Архангельского и В.Г. Демина. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1983. 467 с.
13. Eichenwald A.A. Theoretical Physics: General Mechanics, PH Librokom. Moscow. 2016. P. 328.
14. Eichenwald A.A. Theoretical Physics: Solid State Mechanics, PH Librokom. Moscow. 2011. P. 224.
15. Novikov I.A., Lazarev D.A. Experimental Installation for Calculation of Road Adhesion Coefficient of Locked Car Wheel // Transportation Research Procedia. V. 20. 2017. P. 463-467.
16. Евтюков С.С., Ворожейкин И.В. К вопросу определения расстояния до объекта по фотографическим снимкам при реконструкции ДТП // Мир транспорта и технологических машин. 2020. №2. 63-68.
17. Домке Э.Р. Расследование и экспертиза дорожно-транспортных происшествий. М.: Академия, 2009. 288 с.
18. Якимов О.Ю. Дорожно-транспортное происшествие. Выпуск 5. М.: Юрайт-Издат, 2008. 175 с.
19. Установка для измерения коэффициента сцепления при сложном движении заблокированного автомобильного колеса с дорожным покрытием: Пат. 210446 Рос. Федерация № 2021139420 / Махонин В.Л., Новиков А.Н., Новиков И.А., Загородний Н.А., Лазарев Д.А., Шевцова А.Г., Кущенко Л.Е.; заявл. 28.12.21; опубл. 15.04.22, Бюл. №11.
20. Установка для измерения коэффициента сцепления при сложном движении заблокированного автомобильного колеса с дорожным покрытием: Пат. 217339 Рос. Федерация № 2022134921 / Махонин В.Л., Дорохин С.В., Загородний Н.А., Лазарев Д.А., Корнеев А.С., Семькина А.С.; заявл. 28.12.22; опубл. 28.03.23, Бюл. № 10.

Новиков Иван Алексеевич

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Адрес: 308012, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова, 46
Д.т.н., профессор, директор транспортно-технологического института, профессор кафедры эксплуатации и организации движения автотранспорта
E-mail: ooows@mail.ru

Лазарев Дмитрий Александрович

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Адрес: 308012, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова, 46
К.т.н., доцент кафедры эксплуатации и организации движения автотранспорта
E-mail: avtotech31@mail.ru

Зиборова Елена Игоревна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет
Адрес: 308015, Россия, г. Белгород, ул. Победы, 85
К.с.н., доцент, доцент кафедры возрастной и социальной психологии
E-mail: ziborova_elena62@mail.ru

Жихарев Александр Геннадьевич

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Адрес: 308012, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова, 46
Д.т.н., доцент, доцент кафедры программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем
E-mail: zhikharev@bsu.edu.ru

I.A. NOVIKOV, D.A. LAZAREV, E.I. ZIBOROVA, A.G. ZHIKHAREV

IMPROVEMENT OF ROAD TRANSPORT EXPERTISE IN THE FIELD OF ROAD SAFETY THROUGH THE INTRODUCTION OF A METHODOLOGY FOR THE COMPREHENSIVE DETERMINATION OF THE COMPONENTS OF THE MECHANISM OF ROAD ACCIDENTS

Abstract. In this work, an analysis of problematic issues arising during the production of road transport expertise was carried out. There is a need for an integrated approach to the study of the

mechanism of a road accident (hereinafter referred to as an accident), since a formal approach to the consideration of individual tasks in the framework of a general study often leads to erroneous judgment and incorrect conclusions. The main directions of the study have been identified as part of a complex approach, equations and systems of equations have been proposed that make it possible to supplement the possibilities of calculation at various levels of complexity.

Keywords: road traffic accident, vehicle, road traffic, investigation, expertise, complex movement, motor vehicles

BIBLIOGRAPHY

1. Evtuykov S.A., Vasil'ev Ya.V. Rassledovanie i ekspertiza dorozhno-transportnykh proisshestviy. SPb.: OOO «Izdatel'stvo DNK». 2-e izdanie, 2005. 288 s.
2. Rotenberg R.V. Osnovy nadezhnosti sistemy voditel' - avtomobil' - doroga - sreda. M.: Transport, 1986. 215 s.
3. Stiopina P.A., Tyul'kin E.V. Inzhenerno-psikhologicheskaya (situatsionnaya) ekspertiza: metodicheskie ukazaniya. SPbGASU. SPb. 2014. 68 s.
4. Sukhodol'skiy G.V. Inzhenerno-psikhologicheskaya ekspertiza dorozhno-transportnykh proisshestviy. H.: Gumanitarnyy tseñtr, 2006. 156 s.
5. Gun'ko I.V., Novikov I.A. Metod opredeleniya skorosti dvizheniya TS po videozapisi s ispol'zovaniem graficheskogo modelirovaniya / Pod obshchey redaktsiyey A.N. Novikova // Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte: materialy 2-oy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Orel: Orlovskiy gosudarstvennyy universitet im. I.S. Turgeneva, 2016. S. 393.
6. Petrov S.M. Issledovanie materialov videozapisi s tsel'yu ustanovleniya obstayatel'stv dorozhno-transportnogo proisshestviya // Teoriya i praktika sudebnoy ekspertizy. №4 (32). M.: RF TSSE pri MYU RF. M., 2013. S. 62-82.
7. Lobanov A.N. Fotogrammetriya: Uchebnik dlya VUZov. 2-e izd., pererab. i dop. M., Nedra. 1984. 552 s.
8. Sposob opredeleniya skorostey dvizheniya transportnykh sredstv pri stolknovenii: pat. RF №2275612 / V.P. Baykov, V.B. Kiselev, K.A. Lyubarskiy; Zayavl. 01.03.01; opubl. 27.04.06, Byul. № 12. 3 s.
9. Ogorodnikov V.A., Kiselev V.B., Sivak I.O. Energiya. Deformatsii. Razrusheniye (zadachi avtotekhnicheskoy ekspertizy): Monografiya. Vinnitsa: UNIVERSUM-Vinnitsya, 2005. 204 s.
10. Novikov I.A., Degtyar A.N., Lazarev D.A., Makhonin V.L. Analysis of vehicles complex displacement in the process of investigation of vehicle crash [Elektronnyy resurs] // MATEC Web of Conferences341, 00070. 2021. URL: [https:// DOI:10.1051/mateconf/202134100070](https://doi.org/10.1051/mateconf/202134100070).
11. Targ S.M. Kratkiy kurs teoreticheskoy mekhaniki: Ucheb. dlya vtuzov. 5-e izd., ster. M.: Vyssh.shk. 2007. - 415 s.
12. Raus E. Dinamika sistemy tverdykh tel. Per. s angl. V 2-kh tomakh. T. 1 / Pod red. Yu.A. Arkhangel'skogo i V.G. Demina. M.: Nauka. Glavnaya redaktsiya fiziko-matematicheskoy literatury, 1983. 467 s.
13. Eichenwald A.A. Theoretical Physics: General Mechanics, PH Librokom. Moscow. 2016. P. 328.
14. Eichenwald A.A. Theoretical Physics: Solid State Mechanics, PH Librokom. Moscow. 2011. R. 224.
15. Novikov I.A., Lazarev D.A. Experimental Installation for Calculation of Road Adhesion Coefficient of Locked Car Wheel // Transportation Research Procedia. V. 20. 2017. R. 463-467.
16. Evtuykov S.S., Vorozheykin I.V. K voprosu opredeleniya rasstoyaniya do ob'ekta po fotograficheskim snimkam pri rekonstruktsii DTP // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2020. №2. 63-68.
17. Domke E.R. Rassledovanie i ekspertiza dorozhno-transportnykh proisshestviy. M.: Akademiya, 2009. 288 s.
18. Yakimov O.Yu. Dorozhno-transportnoye proisshestvie. Vypusk 5. M.: Yurayt-Izdat, 2008. 175 s.
19. Ustanovka dlya izmereniya koeffitsienta stsepleniya pri slozhnom dvizhenii zablokirovannogo avtomobil'nogo koleasa s dorozhnym pokrytiem: Pat. 210446 Ros. Federatsiya № 2021139420 / Makhonin V.L., Novikov A.N., Novikov I.A., Zagorodniy N.A., Lazarev D.A., Shevtsova A.G., Kushchenko L.E.; zayavl. 28.12.21; opubl. 15.04.22, Byul. №11.
20. Ustanovka dlya izmereniya koeffitsienta stsepleniya pri slozhnom dvizhenii zablokirovannogo avtomobil'nogo koleasa s dorozhnym pokrytiem: Pat. 217339 Ros. Federatsiya № 2022134921 / Makhonin V.L., Dorokhin S.V., Zagorodniy N.A., Lazarev D.A., Korneev A.S., Semykina A.S.; zayavl. 28.12.22; opubl. 28.03.23, Byul. № 10.

Novikov Ivan Alekseevich

Belgorod state technological university
Address: 308012, Russia, Belgorod, Kostyukova str., 46
Doctor of technical sciences
E-mail: ooows@mail.ru

Lazarev Dmitry Alexandrovich

Belgorod state technological university
Address: 308012, Russia, Belgorod, Kostyukova str., 46
Candidate of technical sciences
E-mail: avtotech31@mail.ru

Ziborova Elena Igorevna

Belgorod State University
Address: 308012, Russia, Belgorod, Kostyukova str., 46
Candidate of sociological sciences
E-mail: ziborova_elena62@mail.ru

Zhikharev Alexander Gennadievich

Belgorod state technological university
Address: 308012, Russia, Belgorod, Kostyukova str., 46
Doctor of technical sciences
E-mail: zhikharev@bsu.edu.ru

Научная статья

УДК 656.1

doi:10.33979/2073-7432-2024-1-3(84)-82-93

Е.В. СОРОКИНА, Е.В. ГОЛОВ, С.С. ЕВТЮКОВ

СПЕЦИФИКА ОБРАЗОВАНИЯ ФАКТОРОВ РИСКА ДТП В ПОДСИСТЕМЕ «АВТОМОБИЛЬНАЯ ДОРОГА»

Аннотация. Обеспечение безопасности всех участников дорожного движения по-прежнему остается «повесткой дня» для многих стран мира. В этой связи важнейшее значение приобретают количественные исследования как основа принятия решений в условиях сформированных гипотез относительно безопасности дорожного движения. На основании полученных результатов исследования можно заключить, что скорость движения потока транспортных средств существенным образом влияет на процесс колеобразования как фактора, повышающего вероятность наступления дорожно-транспортного происшествия, а также наличие одновременно таких критических элементов, как «колея», «ровность» и «высокая скорость» в контексте риска возникновения ДТП, создают синергию, эффект от которой гораздо более мощный, чем сумма эффектов, вызванных этими же факторами по отдельности.

Ключевые слова: автомобильная дорога, безопасность дорожного движения, дорожно-транспортное происшествие, микропрофиль, колея

Введение

Обеспечение безопасности дорожного движения (БДД) и создание комфортных условий для всех участников дорожного движения – комплексная проблема международного масштаба. Для проведения количественного анализа и оценки состояния БДД применяются различные показатели и методики, среди которых основным понятием неизменно остается понятие аварийности (формируется подсчетом общего количества дорожно-транспортных происшествий, убитых, раненых, тяжестью последствий и т.д.) [1-7].

Материал и методы

В современных условиях немаловажное значение приобретают корректно проведенные количественные исследования как основа принятия решений в условиях сформированных гипотез относительно безопасности дорожного движения. Исследование факторов риска возникновения дорожно-транспортных происшествий (ДТП) в подсистеме «автомобильная дорога» было проведено для дорог регионального, федерального и местного значений на примере Ленинградской области. Количество ДТП, показатель тяжести происшествий за последние три года представлены в табл. 1 [8-19].

Таблица 1 – Показатели состояния безопасности дорожного движения на дорогах Ленинградской области

Значение дороги	2020 г.		2021 г.		2022 г.	
	Число ДТП	Тяжесть ДТП	Число ДТП	Тяжесть ДТП	Число ДТП	Тяжесть ДТП
Местная	841	4,4	665	5,3	580	6,0
Региональная	1078	11,1	965	10,3	785	11,6
Федеральная	863	12,7	768	16,3	635	14,4

Оценку изменения коэффициента тяжести последствий дорожно-транспортных происшествий (отношение числа погибших людей к числу раненых) для дорог Ленинградской области позволяет произвести диаграмма, представленная на рисунке 1.

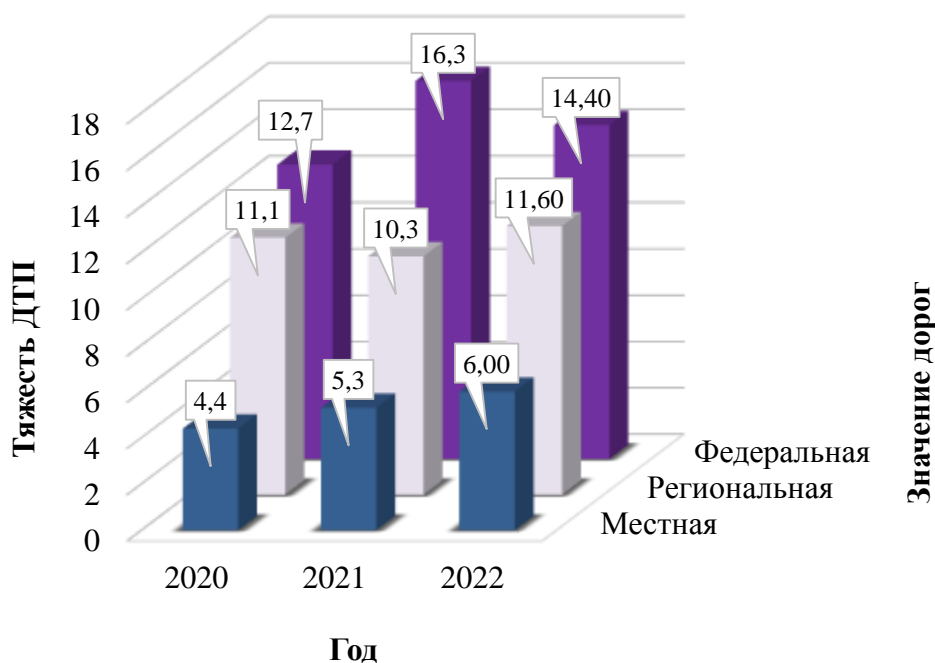


Рисунок 1 – Изменение величины тяжести ДТП в Ленинградской области

На основе полученных статистических данных (табл. 1) можно заключить, что на территории Ленинградской области в течение последних трёх лет наибольшее количество ДТП было зафиксировано на региональных автомобильных дорогах (в сравнении с дорогами федерального и местного значений). Несмотря на это наиболее «тяжелые» ДТП чаще происходят на дорогах федерального значения (о чем свидетельствует величина показателя тяжести ДТП в табл.1).

Расчет

Основным параметром, характеризующим число транспортных средств (ТС) в движении на единицу длины участка проезжей части, является плотность потока ТС (табл. 2).

Таблица 2 – Статистические показатели ДТП на дорогах регионального и федерального значений

Число ДТП по районам региональных дорог и плотность потока								
Район	региональные				федеральные			
	2020	2021	2022	Плотность потока	2020	2021	2022	Плотность потока
Бокситогорский	12	9	13	39,1	23	26	11	28,5
Волосовский	34	39	27	64,2	21	20	16	14,5
Волховский	30	26	21	58,1	51	45	57	123,1
Всеволожский	288	241	172	796,6	165	136	102	3,6
Выборгский	105	108	73	102,2	103	74	75	39,4
Гатчинский	127	103	117	422,5	72	74	67	9,1
Кингисеппский	28	27	31	82,9	37	36	27	-
Киришский	59	40	25	118,4	0	0	0	43,8
Кировский	58	33	37	217,0	61	56	46	6,4
Лодейнопольский	8	10	3	52,4	23	31	13	10,5
Ломоносовский	158	146	115	313,0	67	38	46	12,6
Лужский	39	39	26	61,7	55	52	52	-
Подпорожский	6	4	2	35,9	5	10	4	7,6
Приозерский	35	49	40	63,5	48	55	37	-
Сланцевский	19	11	11	39,0	0	0	0	-
Сосновый бор	12	9	11	-	0	0	0	-
Тихвинский	23	21	20	37,7	20	14	14	25,8
Тосненский	37	50	42	277,5	112	101	68	28,5

Изменение количества аварий в зависимости от различной степени плотности транспортного потока в Ленинградской области можно представить в виде зависимости (рис. 2, 3).

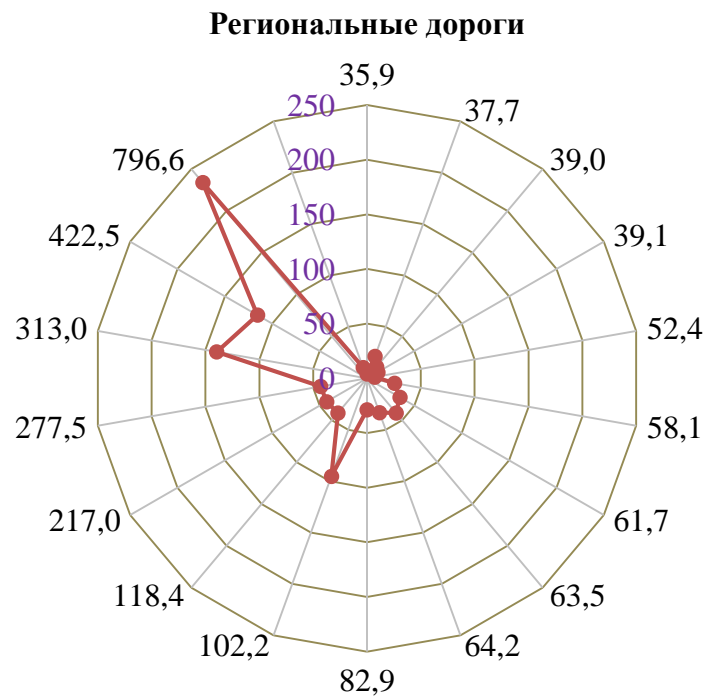


Рисунок 2 – Изменение количества дорожно-транспортных происшествий в зависимости от величины плотности потока (на автомобильных дорогах регионального значения)

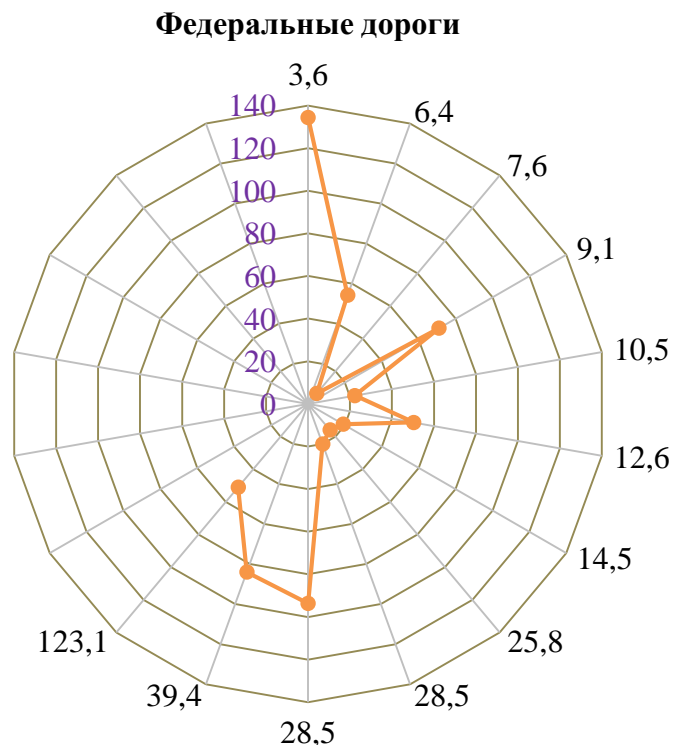


Рисунок 3 – Изменение количества дорожно-транспортных происшествий в зависимости от величины плотности потока (на автомобильных дорогах федерального значения)

Таким образом, сведения из таблицы 1, рисунков 2 и 3 позволяют сделать вывод о том, что стесненные дорожные условия представляют собой особый критический фактор, способствующий созданию аварийных ситуаций, что выражено его большей величиной на региональных автомобильных дорогах по сравнению с дорогами федерального значения.

Обоснованно выделяют следующие основные факторы, влияющие на безопасность до-

рожного движения: связанные с человеком (подсистема «УДД»), с транспортным средством (подсистема «Транспортное средство»), с дорогой (подсистема «Автомобильная дорога») и внешней средой (подсистема «Среда»). Таким образом, на дорогах существует сложная динамическая система, включающая в себя совокупность элементов: человек, автомобиль, дорога, функционирующих в определенной среде (УДД-ТС-АД-С) [20-21]. Эти элементы единой дорожно-транспортной системы находятся в определенных отношениях и связях друг с другом и образуют целостность. Они формируют факторы риска, которые могут привести к ДТП.

Особое место в обеспечении безопасности движения принадлежит дорожным условиям, т.е. транспортно-эксплуатационным характеристикам автомобильных дорог. Увеличение количества личного автотранспорта населения, большое количество грузоперевозок, приходящееся на автомобильный транспорт, неизбежно ведёт к росту такого показателя, как интенсивность дорожного движения на дорогах страны. На этом фоне в крупных городах, мегаполисах, а также на подъездах к ним обозначилась проблема, ранее не имевшая нынешнего критического для российских дорог характера – колеяность асфальтобетонного покрытия. Колея представляет собой плавное искажение поперечного профиля дорожного покрытия на полосах наката.

Образование колеи происходит из-за воздействия комплекса факторов. Наиболее распространенными причинами возникновения колеи на дорожном полотне принято считать высокую интенсивность движения транспортных средств, увеличение числа тяжеловесного транспорта (на фоне увеличения веса обычных легковых автомобилей за счет постоянно совершенствующейся конструкции механизмов и агрегатов) [22-27], что в свою очередь повышает давление на дорожное покрытие, а также применение шипованной резины в зимнее время года.

Однако немаловажную роль в процессе колееобразования играет скорость движения транспортных средств по полосе. Данное обстоятельство не так очевидно на небольших дорогах (дорогах местного, регионального значения) в силу невысоких скоростей движения основного потока, но отнюдь не редкость на дорогах скоростного движения (автомагистралях), где разрешенная скорость движения составляет 110 км/ч (рис. 4).



Рисунок 4 – Колея в левой полосе движения на КАД (г. Санкт-Петербург)

Для исследования вопроса колееобразования на автомобильных дорогах с асфальтобетонным покрытием были исследованы участки кольцевой автомобильной дороги (КАД) А-

118 - автомобильной дороги общего пользования федерального значения, располагающейся на территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области (рис. 5).



Рисунок 5 – Участок обследования КАД

Исследования проводились с помощью передвижной дорожной лаборатории по четырём полосам для движения КАД на внешнем и внутреннем кольцах (рис. 6).

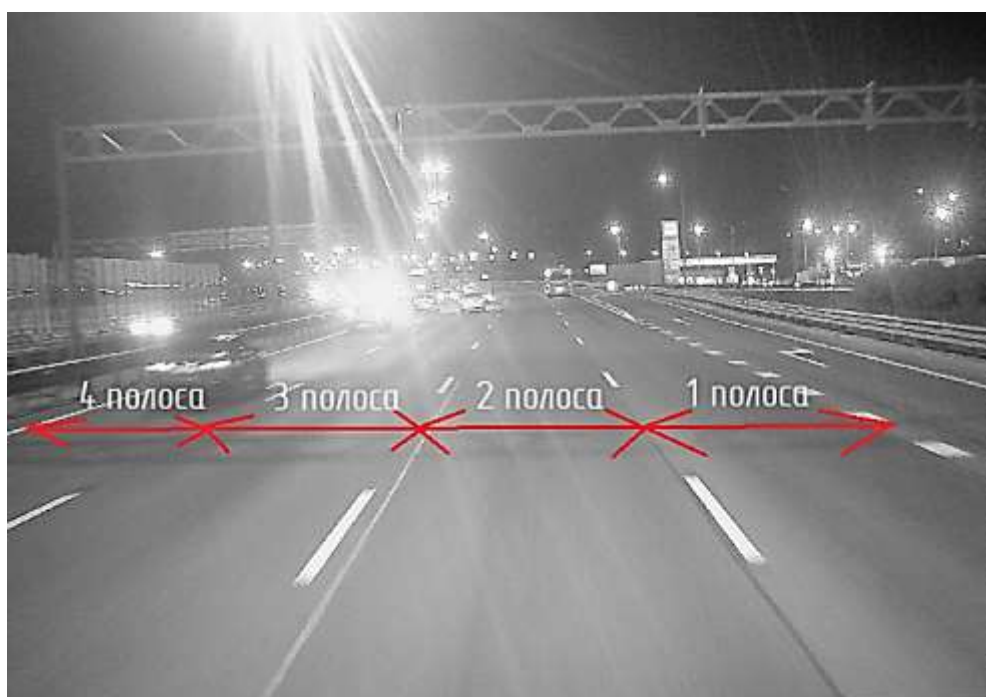


Рисунок 6 – Исследуемые полосы движения

Результаты проведенной оценки динамики интенсивности и скоростей движения на КАД за последние 10 лет приведены на рис. 7,8. В качестве характерной выбрана точка на км+м 57+108, расположенная на внешнем кольце КАД.

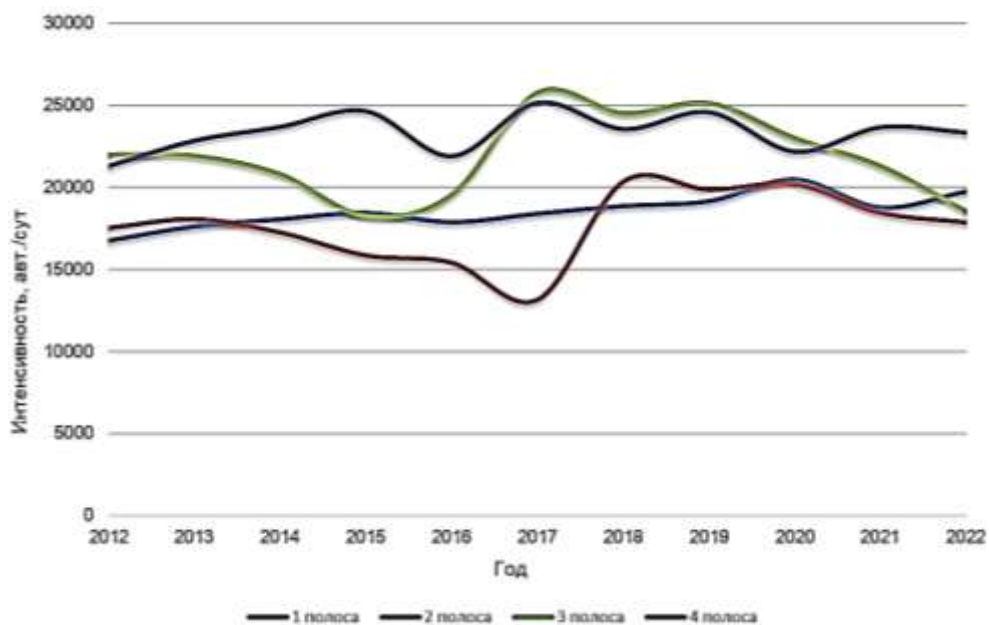


Рисунок 7 – Динамика интенсивности движения на КАД (г. Санкт-Петербург) за последние 10 лет по полосам движения

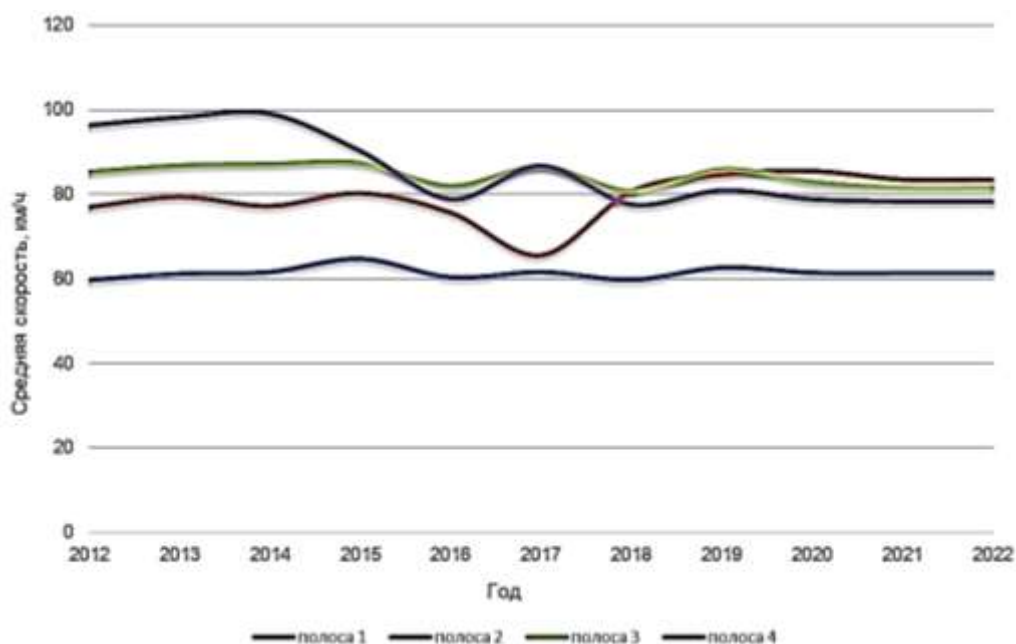


Рисунок 8 – Динамика средней скорости движения на КАД (г. Санкт-Петербург) за последние 10 лет по полосам движения

Анализируя данные на рисунках 7 и 8 можно сделать вывод о том, что последние десять лет на исследуемой автомагистрали наибольшая интенсивность движения практически в каждом году фиксируется в левой полосе при сохранении достаточно высокого значения средней скорости движения, что в свою очередь ведет к аугментации агрессивного динамического воздействия колёс транспортных средств на асфальтобетонное покрытие дороги при высоких скоростях движения и как следствие – к ее интенсивному истиранию и разрушению.

Довольно часто колея образуется на крайней левой полосе скоростных дорог с высокой интенсивностью движения транспортных средств. Примечательно, что по данной полосе двигаются в основном легковые автомобили. Таким образом можно предположить, что причиной колееобразования является более интенсивный процесс износа верхнего слоя покрытия при движении высокоскоростных легковых автомобилей.

Для верификации гипотезы о возможных причинах возникновения колеи в левых полосах движения на автомобильных дорогах были произведены измерения величины левой и правой колеи по полосам наката при движении по четырем полосам. Обработка данных производилась в специализированном программном комплексе, который представляет собой совокупность систем и программных модулей в составе комплекса измерительного аэродромно-дорожной лаборатории, предназначенных для решения широкого круга задач связанных с проведением работ по диагностике и лабораторного контроля автомобильных дорог и аэродромов. Результаты измерений поперечного профиля представлены в виде проезжей части с уложенными на нее виртуальными рейками с отображением самых «глубоких» точек.

Результаты и обсуждение

В результате проведенного исследования были построены графики, отражающие изменение величины колеи по левой и правой полосам наката на разных полосах для движения транспортных средств кольцевой автомобильной дороги. Характер данной зависимости одного из исследуемых участков представлен на рисунке 9.

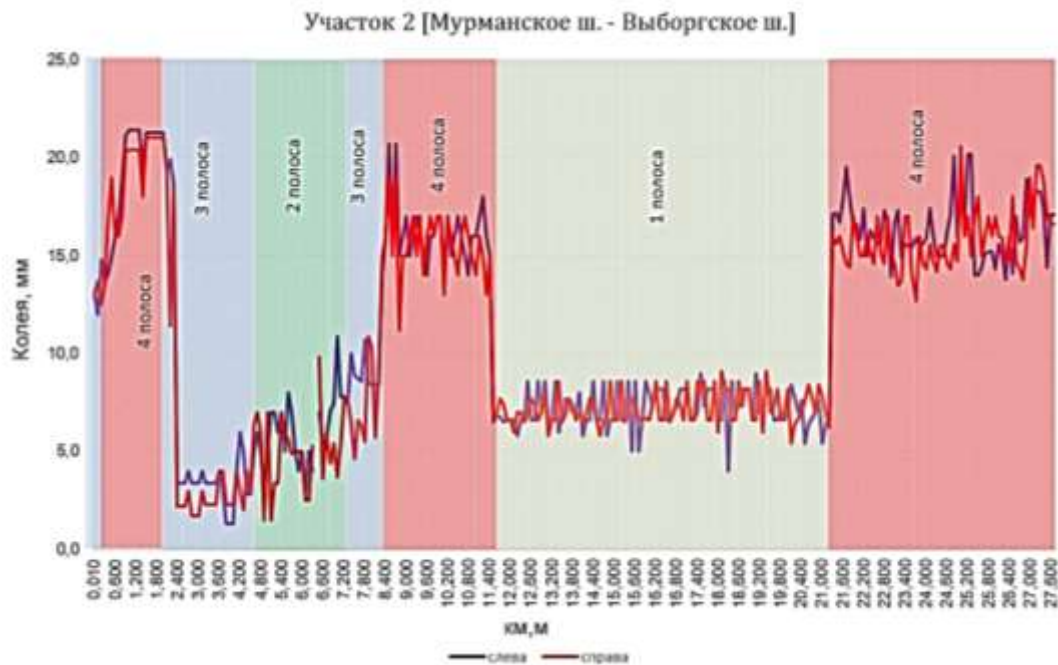


Рисунок 9 – Изменение величины колеи на участке от Мурманского шоссе до Выборгского шоссе

Полученные графики позволяют убедиться в том, что процесс колееобразования вызван истиранием покрытия от динамического воздействия транспортных средств на дорожное полотно. То есть причиной возникновения колеи являются многократно повторяющиеся при высоких значениях скорости автомобиля так называемые «удары» колеса, в результате которых частицы асфальта выбиваются из покрытия. Соответственно, чем больше скорость транспортного средства, тем больше величина энергии и силы удара. Для экспериментального подтверждения сформулированных вводов в процессе исследования был произведен анализ данных об интенсивности движения на КАД, средних скоростях движения ТС по полосам, а также величины коли, измеренной с помощью дорожного измерительного комплекса (рис.10-11).

Таким образом, на основании полученных результатов исследования можно сделать вывод о том, что скорость движения потока транспортных средств существенным образом влияет на процесс колееобразования как фактора, повышающего вероятность наступления дорожно-транспортного происшествия (ДТП). Влияние скорости в исследованиях специфики искажения поперечного профиля автомобильной дороги по полосам наката до сих пор остается недостаточно изученным.



Рисунок 10 – Динамика изменения величины колеи на участках с различной интенсивностью движения (левая колея)



Рисунок 11 – Динамика изменения величины колеи на участках с различной интенсивностью движения (правая колея)

Другим ключевым параметром, по которому производится оценка комфортности и удобства движения по автомобильной дороге, является продольная ровность дорожного полотна. От значений данного показателя в том числе зависит выбор водителями ТС скорости движения. В современной мировой практике контроля ровности автомобильных дорог наиболее широкое распространение получил международный показатель (индекс) ровности IRI (International Roughness Index). Неудовлетворительное состояние покрытия автомобильных дорог является предпосылкой для возникновения ряда негативных факторов, которые отрицательно влияют на условия движения транспортных средств в потоке.

С целью изучения влияния показателя ровности проезжей части на уровень безопасности дорожного движения и вероятности возникновения ДТП был произведен анализ данных ровности автомобильных дорог федерального значения Российской Федерации, изучены сведения об интенсивности движения транспортных средств, а также данные о зафиксированных дорожно-транспортных происшествиях. Перечень исследуемых участков общей протяженностью более 2 тыс.км представлен в таблице 3.

Анализ зависимостей показателя риска ДТП от ровности дорожного покрытия, скорости движения ТС от ровности дорожного покрытия, позволил построить объемную модель, которая отображает характер изменения двух функций в трёхмерном пространстве (рис.12).

Таблица 3 – Исследуемые участки федеральных автомобильных дорог

№ п/п	Наименование дороги	Категория а/д	Участок, км+м – км+м
1	А-122 «А-114 - Устюжна - Крестцы - Яжелбицы - Великие Луки – Невель»	II, III, IV	44+460 – 284+231 321+000 – 553+815
2	Р-132 «Золотое кольцо» Ярославль - Кострома - Иваново - Владимир - Гусь-Хрустальный - Рязань - Михайлов - Тула - Калуга - Вязьма - Ржев - Тверь - Углич - Ярославль	II, III, IV	1086+425 – 1438+580 608+471 – 698+300 719+320 – 760+740
3	М-9 «Балтия» Москва - Волоколамск - граница с Латвийской Республикой	III	158+862 – 419+700
4	М-10 «Россия» Москва - Тверь - Великий Новгород - Санкт-Петербург	Iв, II	180+201 – 362+020
5	Р-56 Великий Новгород - Сольцы - Порхов - Псков	II, III	4+397 – 105+550
6	М-2 «Крым» Москва-Тула-Орел-Курск-Белгород – граница с Украиной – Прохоровка-Губкин- Р-298 Курск-Воронеж – автомобильная дорога Р-22 «Каспий»	II	32+000 – 138+360 138+360 – 156+143
7	Белгород-М-4 «Дон» Москва-Воронеж-Ростов-на-Дону-Краснодар-Новороссийск	II	8+000 – 216+100 216+100 – 319+275
8	М-2 «Крым» Москва - Тула - Орел - Курск - Белгород - граница с Украиной	I	0+000 – 10+141 21+800 – 108+000
9	А-103 «Щелковское шоссе» Москва - Щелково - автомобильная дорога А-107 "Московское малое кольцо", Подъезд к г. Щелково, Подъезд к Звездному городку	II	5+983 – 54+540 0+000 – 1+260 0+000 – 4+700
10	А-104 Москва - Дмитров - Дубна	I, II, III	23+750 – 123+382

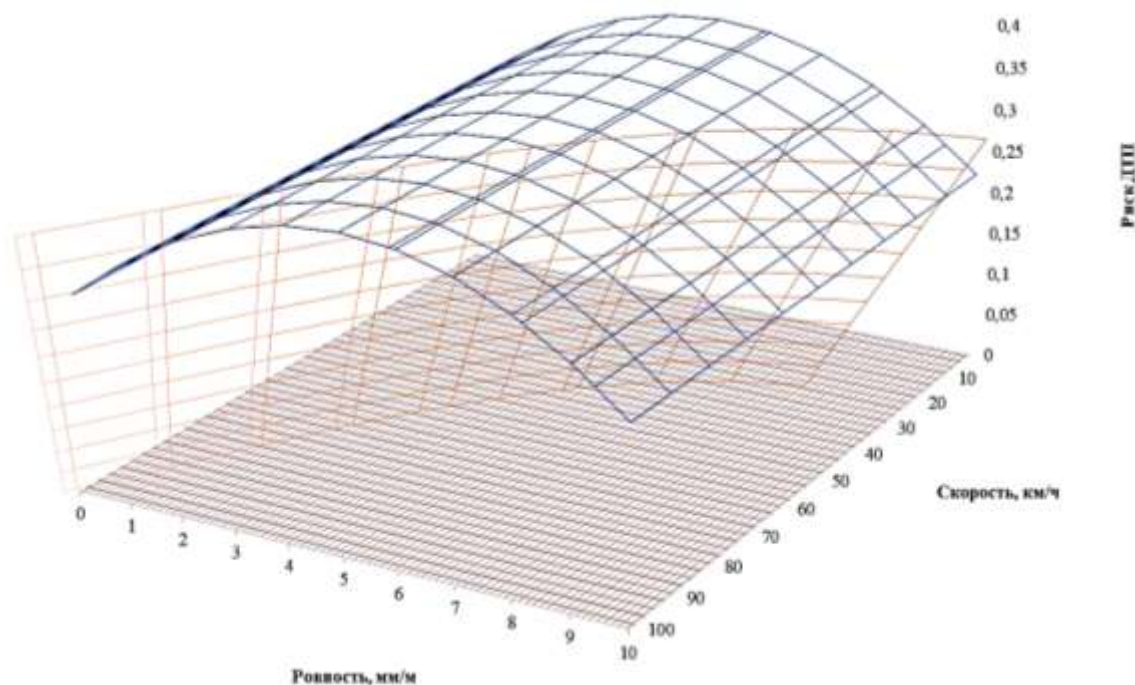


Рисунок 12 – Пространственная модель, характеризующая зависимость риска ДТП и скорости движения автомобиля от ровности дорожного покрытия

Выводы

На основании полученных данных представляется возможным определить значение продольной ровности дорожного покрытия, при достижении которого на соответствующем участке автомобильной дороги до момента проведения ремонтных работ целесообразно введение ограничения скорости движения транспортных средств путём установки дорожных знаков 3.24 по его границам.

Перспективы исследования рассмотренных проблем представляются в более подробном и детальном изучении факторов, оказывающих влияние на транспортно-

эксплуатационные характеристики автомобильных дорог и общий уровень безопасности дорожного движения, в частности наличие одновременно таких критических элементов, как «колея», «ровность» и «высокая скорость» в контексте риска возникновения ДТП, создают синергию, эффект от которой гораздо более мощный, чем сумма эффектов, вызванных этими же факторами по отдельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Golov E. // Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering: E3S Web of Conferences. Moscow: EDP Sciences, 2020. P. 03022. DOI 10.1051/e3sconf/202016403022. EDN NFQKRN.
2. Golov E., Novikov A., Evtuykov S., Alexeevsky M., Sorokina E. Evaluating Road Performance and Condition as Part of Arctic Road and Transport Studies // 2022 International Conference on Engineering Management of Communication and Technology (EMCTECH). 2022. P. 1-4. DOI: 10.1109/EMCTECH55220.2022.9934041.
3. Evtukov S., Golov E., Sazonova T. Prospects of scientific research in the field of active and passive safety of vehicles // MATEC Web of Conferences. Novosibirsk: EDP Sciences. 2018. P. 04018. DOI 10.1051/matecconf/201823904018.
4. Evtukov S.S., Golov E.V., Ivanov N.A. Innovative safety systems for modern vehicles // T-Comm. 2019. Vol. 13. №6. P. 71-76. DOI 10.24411/2072-8735-2018-10283.
5. Evtuykov S., Golov E., Rajczyk Ja. Improving the accuracy of stiffness coefficient calculation when estimating the kinetic energy spent on vehicle deformation // Architecture and Engineering. 2020. Vol. 5. №1. P. 45-50. DOI 10.23968/2500-0055-2020-5-1-45-50.
6. Kvitchuk A., Kvitchuk M., Evtuykov S., Golov E. Indicators of Road Safety as a Phenomenon of National Security of the State // Lecture Notes in Networks and Systems. 2022. Vol. 247. P. 159-168. DOI 10.1007/978-3-030-80946-1_16.
7. Golov E., Evtuykov S., Protsuto M., Evtuykov S., Sorokina E. Influence of the road surface roughness (according to the International Roughness Index) on road safety // Transp. Res. Proc. 2022. 63. 999-1006.
8. Евтюков С.С., Голов Е.В. Аудит безопасности дорожного движения на автомобильных дорогах регионального значения в Ленинградской области // Транспорт Урала. 2017. №2(53). С. 85-89. DOI 10.20291/1815-9400-2017-2-85-89.
9. Евтюков С.С., Голов Е.В., Коломеец А.А. Роль человеческого фактора при возникновении дорожно-транспортного происшествия // Транспортное дело России. 2019. №2. С. 196-199.
10. Kurakina E., Evtuykov S. Improvement of the system for accounting of parameters during construction of motor roads // Architecture and Engineering. 2017. Vol. 2. №3. P. 34-42.
11. Диагностика состояния подсистемы «Дорога» в системе ВАДС / Ю.Э. Васильев, Я.В. Васильев, С.А. Евтюков [и др.]. Санкт-Петербург: ООО Издательский дом «Петрополис», 2019. 298 с. EDN QTYNNZ.
12. Голов Е.В. Фактор скорости в системе безопасности дорожного движения // Вестник гражданских инженеров. 2021. №3(86). С. 139-148. DOI 10.23968/1999-5571-2021-18-3-139-148.
13. Добромиров В.Н., Евтюков С.С., Голов Е.В. Организация безопасного дорожного движения на пешеходных переходах // Вестник гражданских инженеров. 2017. №6(65). С. 265-270. DOI 10.23968/1999-5571-2017-14-6-265-270.
14. Добромиров В.Н., Евтюков С.С., Куракина Е.В. Совершенствование методов оценки безопасности дорожного движения на скоростных автомобильных дорогах // Мир транспорта и технологических машин. 2017. №1(56). С. 94-100.
15. Голов Е.В., Евтюков С.А., Андреев А.П., Сорокина Е.В. Формирование трехмерной пространственно-следовой базы исходных данных с использованием сканирующих беспилотных летательных аппаратов и ее интеграция в модельно-ориентированную реконструкцию дорожно-транспортных происшествий // Транспорт Урала. 2022. №1(72). С. 74-79. DOI 10.20291/1815-9400-2022-1-74-79. EDN WFPJYU.
16. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/>.
17. Сорокина Е.В., Шпет В.В., Гончарова Я.Д., Голов Е.В. Многомерный анализ распределения дорожно-транспортных происшествий на дорожной сети Ленинградской области // Транспортное дело России. 2023. № 1. С. 294-297. DOI 10.52375/20728689_2023_1_297. EDN QBZORD.
18. Куракина Е.В., Лутов Д.А., Мейке У.Н. Оценка уровня содержания и факторов риска автомобильных дорог // Вестник гражданских инженеров. 2019. №1(72). С. 177-183. DOI 10.23968/1999-5571-2019-16-1-177-183.
19. Куракина Е.В., Складорова А.А. Повышение уровня безопасности дорожного движения в системе «Участник дорожного движения - Транспортное средство - Дорога - Внешняя среда» // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. 2020. Т. 17. №4(74). С. 488-499. DOI 10.26518/2071-7296-2020-17-4-488-499.
20. Позднышов А.Н., Смирнова Е.С. Анализ основных факторов, влияющих на безопасность дорожного движения // ЮП. 2012. №2 (51).
21. Серова О.В., Герасимов В.С. Анализ применимости современных технологий ремонта и борьбы с колееобразованием на дорогах // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. №10-1. С. 102-106. EDN WWHSCD.
22. Поздняков М.К. Исследование сопротивляемости асфальтобетона колееобразованию // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. №3. С. 16-20. EDN KWCYNX.
23. Ковалев Д.И., Шайхутдинова Р.А. Проблемы колееобразования на автомобильных дорогах // Транспортные сооружения. 2022. Т. 9. №1. DOI 10.15862/10SAT5122. EDN TETAZJ.

24. Голов Е.В., Сорокина Е.В., Евтюков С.С. Проблемные вопросы использования спутниковой навигации при оценке состояния факторов «дорога» и «среда» в системе ВАДС // Вестник гражданских инженеров. 2022. №4(93). С. 141-150. DOI 10.23968/1999-5571-2022-19-4-141-150. EDN ZROUNR.

25. Система поддержки принятия решений для управления деятельностью по обеспечению БДД на основе анализа транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог: Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022661632 Российская Федерация № 2022660739 / Е.В. Голов, С.С. Евтюков, Е.В. Сорокина: заявл. 03.06.22: опубл. 23.06.22. EDN MWUKIS.

26. Новиков А.Н., Мирошников Е.В., Кулев А.В., Кулев М.В. Повышение безопасности дорожного движения на основе интеллектуальных транспортных систем // Мир транспорта и технологических машин. 2022. №4-1(79). С. 86-93. DOI 10.33979/2073-7432-2022-1(79)-4-86-93. EDN FGGLHV.

27. Юнг А.А., Шевцова А.Г., Васильева В.В. Оценка влияния СИМ на показатели транспортного потока при совместном движении // Мир транспорта и технологических машин. 2023. №1-2(80). С. 43-49. DOI 10.33979/2073-7432-2023-2(80)-1-43-49. EDN FFAIJD.

Сорокина Елена Валерьевна

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес: 190005, Россия, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4
Аспирант, старший преподаватель кафедры транспортных систем СПбГАСУ
E-mail: eva.sorok@mail.ru

Голов Егор Викторович

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес: 190005, Россия, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4
К.т.н., старший преподаватель кафедры транспортных систем СПбГАСУ
E-mail: egorgoloff@yandex.ru

Евтюков Станислав Сергеевич

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес: 190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4
Д.т.н., доцент, заведующий кафедрой транспортных систем СПбГАСУ
E-mail: ese-89@yandex.ru

E.V. SOROKINA, E.V. GOLOV, S.S. EVTYUKOV

THE SPECIFICS OF THE FORMATION OF ACCIDENT RISK FACTORS IN THE «HIGHWAY» SUBSYSTEM

***Abstract.** Ensuring the safety of all road users remains the «agenda» for many countries around the world. In this regard, quantitative research is of crucial importance as a basis for decision-making in the context of formed hypotheses regarding road safety. Based on the results of the study, it can be concluded that the speed of the flow of vehicles significantly affects the process of track formation as a factor that increases the likelihood of a traffic accident, as well as the presence of critical elements such as «track», «evenness» and «high speed» in the context of the risk of an accident, create synergy, the effect of which is much more powerful than the sum of the effects caused by the same factors separately.*

***Keywords:** highway, road safety, traffic accident, micro profile of the roadway*

BIBLIOGRAPHY

1. Golov E. // Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering: E3S Web of Conferences. Moscow: EDP Sciences, 2020. P. 03022. DOI 10.1051/e3sconf/202016403022. EDN NFQKRN.
2. Golov E., Novikov A., Evtuykov S., Alexeevsky M., Sorokina E. Evaluating Road Performance and Condition as Part of Arctic Road and Transport Studies // 2022 International Conference on Engineering Management and Communication and Technology (EMCTECH). 2022. R. 1-4. DOI: 10.1109/EMCTECH55220.2022.9934041.
3. Evtuykov S., Golov E., Sazonova T. Prospects of scientific research in the field of active and passive safety of vehicles // MATEC Web of Conferences. Novosibirsk: EDP Sciences. 2018. P. 04018. DOI 10.1051/matecconf/201823904018.
4. Evtuykov S.S., Golov E.V., Ivanov N.A. Innovative safety systems for modern vehicles // T-Comm. 2019. Vol. 13. №6. P. 71-76. DOI 10.24411/2072-8735-2018-10283.
5. Evtuykov S., Golov E., Rajczyk Ja. Improving the accuracy of stiffness coefficient calculation when estimating the kinetic energy spent on vehicle deformation // Architecture and Engineering. 2020. Vol. 5. №1. P. 45-50. DOI 10.23968/2500-0055-2020-5-1-45-50.
6. Kvitchuk A., Kvitchuk M., Evtuykov S., Golov E. Indicators of Road Safety as a Phenomenon of National Security of the State // Lecture Notes in Networks and Systems. 2022. Vol. 247. P. 159-168. DOI 10.1007/978-3-030-80946-1_16.
7. Golov E., Evtuykov S., Protsuto M., Evtuykov S., Sorokina E. Influence of the road surface roughness (according to the International Roughness Index) on road safety // Transp. Res. Proc. 2022. 63. 999-1006.
8. Evtuykov S.S., Golov E.V. Audit bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya na avtomobil`nykh dorogakh re-

- gional'nogo znacheniya v Leningradskoy oblasti // Transport Urala. 2017. №2(53). S. 85-89. DOI 10.20291/1815-94002017-2-85-89.
9. Evtyukov S.S., Golov E.V., Kolomeets A.A. Rol' chelovecheskogo faktora pri vozniknovenii dorozhno-transportnogo proisshestviya // Transportnoe delo Rossii. 2019. №2. S. 196-199.
10. Kurakina E., Evtyukov S. Improvement of the system for accounting of parameters during construction of motor roads // Architecture and Engineering. 2017. Vol. 2. №3. P. 34-42.
11. Diagnostika sostoyaniya podsystemy "Doroga" v sisteme VADS / YU.E. Vasil'ev, YA.V. Vasil'ev, S.A. Evtyukov [i dr.]. Sankt-Peterburg: OOO Izdatel'skiy dom "Petropolis", 2019. 298 s. EDN QTYNNZ.
12. Golov E.V. Faktor skorosti v sisteme bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. 2021. №3(86). S. 139-148. DOI 10.23968/1999-5571-2021-18-3-139-148.
13. Dobromirov V.N., Evtyukov S.S., Golov E.V. Organizatsiya bezopasnogo dorozhnogo dvizheniya na peshekhodnykh perekhodakh // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. 2017. №6(65). S. 265-270. DOI 10.23968/1999-5571-2017-14-6-265-270.
14. Dobromirov V.N., Evtyukov S.S., Kurakina E.V. Sovershenstvovanie metodov otsenki bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya na skorostnykh avtomobil'nykh dorogakh // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2017. №1(56). S. 94-100.
15. Golov E.V., Evtyukov S.A., Andreev A.P., Sorokina E.V. Formirovanie trekhmernoy prostranstvenno-sledovoy bazy iskhodnykh dannykh s ispol'zovaniem skaniruyushchikh bespilotnykh letatel'nykh apparatov i ee integratsiya v model'no-orientirovannuyu rekonstruktsiyu dorozhno-transportnykh proisshestviy // Transport Urala. 2022. №1(72). S. 74-79. DOI 10.20291/1815-9400-2022-1-74-79. EDN WFPJIY.
16. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki [Elektronnyy resurs]. URL: <https://rosstat.gov.ru/>.
17. Sorokina E.V., SHpet V.V., Goncharova Ya.D., Golov E.V. Mnogomernyy analiz raspredeleniya dorozhno-transportnykh proisshestviy na dorozhnoy seti Leningradskoy oblasti // Transportnoe delo Rossii. 2023. № 1. S. 294-297. DOI 10.52375/20728689_2023_1_297. EDN QBZORD.
18. Kurakina E.V., Lutov D.A., Meyke U.N. Otsenka urovnya soderzhaniya i faktorov riska avtomobil'nykh dorog // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. 2019. №1(72). S. 177-183. DOI 10.23968/1999-5571-2019-16-1-177-183.
19. Kurakina E.V., Sklyarova A.A. Povyshenie urovnya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v sisteme «Uchastnik dorozhnogo dvizheniya - Transportnoe sredstvo - Doroga - Vneshnyaya sreda» // Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo avtomobil'no-dorozhnogo universiteta. 2020. T. 17. №4(74). S. 488-499. DOI 10.26518/2071-72962020-17-4-488-499.
20. Pozdnyshov A.N., Smirnova E.S. Analiz osnovnykh faktorov, vliyayushchikh na bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya // YUP. 2012. №2 (51).
21. Serova O.V., Gerasimov V.S. Analiz primenimosti sovremennykh tekhnologiy remonta i bor'by s koleeobrazovaniem na dorogakh // Aktual'nye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk. 2016. №10-1. S. 102-106. EDN WWHSCD.
22. Pozdnyakov M.K. Issledovanie soprotivlyaemosti asfal'tobetona koleeobrazovaniyu // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova. 2009. №3. S. 16-20. EDN KWCYNX.
23. Kovalev D.I., Shaykhutdinova R.A. Problemy koleeobrazovaniya na avtomobil'nykh dorogakh // Transportnye sooruzheniya. 2022. T. 9. №1. DOI 10.15862/10SATS122. EDN TETAZJ.
24. Golov E.V., Sorokina E.V., Evtyukov S.S. Problemnye voprosy ispol'zovaniya sputnikovoy navigatsii pri otsenke sostoyaniya faktorov «doroga» i «sreda» v sisteme VADS // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. 2022. №4(93). S. 141-150. DOI 10.23968/1999-5571-2022-19-4-141-150. EDN ZROUNR.
25. Sistema podderzhki prinyatiya resheniy dlya upravleniya deyatelnost'yu po obespecheniyu BDD na osnove analiza transportno-ekspluatatsionnogo sostoyaniya avtomobil'nykh dorog: Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM №2022661632 Rossiyskaya Federatsiya №2022660739 / E.V. Golov, S.S. Evtyukov, E.V. Sorokina: zayavl. 03.06.22: opubl. 23.06.22. EDN MWUKIS.
26. Novikov A.N., Miroshnikov E.V., Kulev A.V., Kulev M.V. Povyshenie bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya na osnove intellektual'nykh transportnykh sistem // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2022. №4-1(79). S. 86-93. DOI 10.33979/2073-7432-2022-1(79)-4-86-93. EDN FGGLHV.
27. Yung A.A., Shevtsova A.G., Vasil'eva V.V. Otsenka vliyaniya SIM na pokazateli transportnogo potoka pri sovmestnom dvizhenii // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2023. №1-2(80). S. 43-49. DOI 10.33979/2073-7432-2023-2(80)-1-43-49. EDN FFAIJD.

Sorokina Elena Valer'evna

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
Address: 190005, Russia, Saint Petersburg
Postgraduate student
E-mail: eva.sorok@mail.ru

Evtyukov Stanislav Sergeevich

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
Address: 190005, Russia, Saint Petersburg
Doctor of technical sciences
E-mail: ese-89@yandex.ru

Golov Egor Viktorovich

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
Address: 190005, Russia, Saint Petersburg
Candidate of technical sciences
E-mail: egorgoloff@yandex.ru

Научная статья

УДК 656.025.4

doi:10.33979/2073-7432-2024-1-3(84)-94-102

А.А. БУРЫГИН, Д.Б. ЕФИМЕНКО, И.А. ЛЕОНОВ, С.И. ГРУНИН

ВОПРОСЫ РЕАЛИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО» АВТОМОБИЛЬНОГО ПУНКТА ПРОПУСКА ЧЕРЕЗ ТАМОЖЕННУЮ ГРАНИЦУ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ТРАНЗИТНЫХ ПЕРЕВОЗОК

***Аннотация.** В настоящей статье авторами исследуются основные перспективные возможности и проблемы развития трансграничных автомобильных перевозок товаров посредством совершенствования электронного документооборота, а также повышения эффективности использования электронных документов при помещении товаров и транспортных средств под таможенную процедуру таможенного транзита в Российской Федерации. На основе анализа таможенных операций и таможенного контроля, информационного взаимодействия государственных органов и субъектов цепи поставки, осуществляемых в том числе с помощью автоматизированных средств и систем при прибытии автотранспортного средства в международный автомобильный пункт пропуска и пересечении им таможенной границы Евразийского экономического союза для целей последующего помещения под таможенную процедуру таможенного транзита авторами сформулированы выводы о целесообразности создания системы совокупного электронного досье (СЭД), как перспективного источника расширенной, наиболее полной и объективной информации, используемой для таможенных целей, обеспечивающего повышенный уровень оптимизации деятельности «интеллектуального» пункта пропуска и интенсивное развитие транзитного потенциала Российской Федерации.*

***Ключевые слова:** международный автомобильный пункт пропуска, товары, автотранспортные средства, транспортная логистика, организация транспортно-логистических процессов, таможенный контроль, таможенная процедура таможенного транзита, таможенные органы, совокупное электронное досье*

Введение

Российская Федерация обладает значительным транзитным потенциалом, его развитие является приоритетной стратегической задачей государства (Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года, утв. распоряжением Правительства РФ от 13.02.2019 № 207-р, Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года, утв. распоряжением Правительства РФ от 27 ноября 2021 г. № 3363-р). Одним из ключевых и перспективных направлений в реализации указанной задачи помимо соответствующего транспортно-инфраструктурного развития является совершенствование электронного документооборота, обеспечивающего документальное сопровождение перевозок и в отсутствие которого невозможны полномасштабные цифровизация и автоматизация пунктов пропуска, интенсивного увеличения их пропускной способности при сохранении повышенного уровня обеспечения безопасности и гарантии соблюдения применимого законодательства, развитие инструментов бесшовной грузовой логистики. В настоящее время подавляющее большинство товаросопроводительных и иных документов в рамках трансграничной перевозки продолжает оформляться на бумажных носителях [1]. На международном уровне унификация и цифровизация документов, сопровождающих перевозку, весьма затруднено в силу разных, в особенности правовых причин [2].

В связи с этим наиболее целесообразным решением в данной области на современном этапе представляется разработка и внедрение механизмов, совершенствующих электронный документооборот, на национальном уровне с возможностью последующего распространения положительной практики и опыта в рамках Евразийского экономического союза (ЕАЭС), «эффективное использование транзитного потенциала» которого также закреплено в качестве задачи скоординированной (согласованной) транспортной политики государств-членов, а также иных заинтересованных сторон (Договор Об учреждении Евразийского экономического союза, подписан в г. Астана 29 мая 2014 г.).

Особая роль в обеспечении эффективного развития транзитного потенциала Российской Федерации посредством внедрения новых подходов в области администрирования пунктов пропуска принадлежит таможенным органам Российской Федерации. В Стратегии развития таможенной службы Российской Федерации до 2030 года модель «интеллектуального» пункта пропуска закреплена в качестве ориентира, подлежащего использованию при проведении реконструкции, модернизации и строительстве пунктов пропуска, а также прилегающей к ним инфраструктуры. Указанная модель интенсивного развития пропускного потенциала и повышения качества администрирования пунктов пропуска базируется на «единой информационной системе электронного документооборота» [3]. В этой связи целевым ориентиром № 1 развития таможенной службы Российской Федерации закреплено «использование при совершении таможенных операций транспортных, коммерческих и иных документов, созданных и используемых в деловом обороте в виде электронных документов». Кроме того, активное содействие в установлении обязательности применения электронного документооборота не только всеми государственными контрольными органами, но и участниками перемещения товаров в пунктах пропуска закреплено в Стратегии в качестве основной задачи таможенных органов, решение которой позволит достичь максимально возможный уровень автоматизации совершаемых операций с использованием информационных технологий с применением элементов искусственного интеллекта, оптимизации деятельности контрольных органов [4].

Материал и методы

Совершенствование электронного документооборота имеет под собой экономическую основу. По экспертным оценкам, от 10 до 15 % транспортных расходов приходится на подготовку бумажных документов и на задержку в сроках доставки, связанных с оформлением таких документов. При этом и расходы, и сроки доставки могут быть сокращены при применении юридически значимого электронного документооборота на 20-40 % [5].

Между тем в Российской Федерации самая большая доля грузооборота приходится на автомобильный транспорт и ежегодно составляет около 70 % от общероссийского по весовой составляющей, при этом порядка 80 % импортных грузов следуют транзитом во внутренние регионы Российской Федерации, в том числе 55 % – Москву и Московскую область (по данным Федеральной службы государственной статистики). Указанные и иные факты и обстоятельства обуславливают актуальность проблемы совершенствования международных автомобильных пунктов пропуска, обеспечивающих трансграничное движение по территории Российской Федерации и ЕАЭС под таможенной процедурой таможенного транзита [6].

В настоящее время стандартную технологию (процесс) прохождения автомобильным транспортным средством международной перевозки пункта пропуска (МАПП) можно условно представить последовательностью совершаемых автоматически или лицами таможенных и иных операций, в том числе контрольных действий в отношении такого транспортного средства и перевозимых им товаров, объединенных в следующие группы (этапы) [7]:

1. Обязательное предварительное информирование до фактического прибытия на МАПП;
2. Фактическое прибытие в МАПП;
3. Прохождение государственного контроля в МАПП;
4. Оформление документов для убытия из МАПП и дальнейшего перемещения по таможенной территории ЕАЭС;

5. Убытие (в соответствии с таможенной процедурой таможенного транзита) до места доставки товаров.

Таким образом, пункты 3, 4, степень автоматизации объединяемых ими операций, обуславливают и напрямую влияют на пропускную способность МАПП и, в свою очередь, зависят от полноты и эффективности использования государственными, в том числе таможенными органами информации, полученной в рамках предварительного информирования в отсутствие физического нахождения в МАПП транспортного средства и перевозимых им товаров. В целях обеспечения непрерывности, «бесшовности» и многократного использования предварительной информации представляется целесообразным разработать и внедрить соответствующего механизма в систему функционирования «интеллектуального» АПП, базирующегося на расширенных функциональных способностях стандартных контрольных технических средств, а также более глубокой интеграции внутри- и межведомственных информационных систем [8]. Работа данного механизма будет начинаться непосредственно при совершении следующих («первичных») операций:

- первый условный информационный контакт таможенных органов и участника ВЭД по конкретной, планируемой к трансграничному перемещению товарной партии (посредством предварительного информирования);

- первый фактический контакт таможенных органов и участника ВЭД при непосредственном начале перемещения товарной партии через таможенную границу, фиксации прибытия в МАПП транспортного средства международной перевозки – фактов, дающих основание для совершения государственных контрольных действий.

Стоит отметить, что должностные лица МАПП (пост фактического контроля) до момента фактического прибытия автомобильного транспортного средства не обладают предварительной информацией о планируемой поставке – она подается декларантом через личный кабинет участника ВЭД напрямую в Единую автоматизированную информационную среду таможенных органов (ЕАИС ТО), при этом должностное лицо МАПП получает предварительную информацию только по выполнению соответствующего специального запроса в ЕАЭС ТО с указанием реквизитов такой предварительной информации, представленных перевозчиком по поручению декларанта при фактическом прибытии в МАПП [9]. Ускорить и автоматизировать данные процессы и операции в значительной степени поможет следующий механизм.

При прибытии автотранспортного средства в МАПП система считывания и распознавания номерных знаков автотранспортных средств обеспечит выполнение:

- целевых функций (распознавание и считывание номерных знаков транспортного средства, фиксация даты и времени прибытия, а также формирование соответствующей электронной карты учета);

- дополнительных функций (нахождение по считанному номерному знаку автотранспортного средства в базе данных ЕАИС ТО ранее поданной в отношении товаров, перевозимых таким транспортным средством, предварительной информации и формирование на основании данных, содержащихся в указанной предварительной информации, «совокупного электронного досье» на подконтрольную товарную партию в целях обеспечения последующего автоматического сопоставления данных, содержащихся в таком досье, с фактически полученными данными в отношении подконтрольной партии товаров в рамках государственного контроля [10]. Причем сопоставление данных «совокупного электронного досье» (далее – СЭД) будет осуществляться также и в отношении данных, полученных из всех других доступных для таможенных органов информационных систем, содержащих собранные другими уполномоченными органами сведения о транспортном средстве, товаре, водителе, компании-перевозчике, получателе товара и др. (рис. 1).



Рисунок 1 – Механизм формирования СЭД на подконтрольную товарную партию на основании номерных знаков автотранспортного средства при его прибытии в МАПП:

1 - система распознавания и считывания номерных знаков автотранспортного средства обеспечивает распознавание и считывание номерных знаков прибывшего в МАПП автотранспортного средства; 2 - система распознавания и считывания номерных знаков автотранспортного средства на основании передает информацию о номерных знаках прибывшего в МАПП автотранспортного средства, на основании которой в автоматизированном режиме обеспечивается: получение данных в рамках межведомственного информационного взаимодействия из АИС государственных органов, нахождение предварительной информации в ЕАИС ТО в отношении товарной партии, перевозимой указанным автотранспортным средством; 3.1. В автоматизированном режиме осуществляется фиксация даты и времени прибытия автотранспортного средства, формирование электронной карты учета в отношении прибывшего автотранспортного средства; 3.2. В автоматизированном режиме осуществляется формирование СЭД

Таким образом, СЭД будет формироваться на основании номерного знака автотранспортного средства при его прибытии в МАПП, включать все иные данные о подконтрольной товарной партии, полученные из ЕАИС ТО, а также в рамках межведомственного (в том числе международного) информационного взаимодействия из других информационных систем компетентных органов. При этом формирование СЭД позволит в значительной степени повысить уровень автоматизации (а также прозрачности и эффективности) государственного контроля в МАПП [11].

Теория / Расчет

По окончании прохождения всех видов государственного контроля в МАПП, на основании данных, содержащихся в СЭД с учетом результатов, полученных на каждом этапе автоматизированного государственного контроля, будет автоматически формироваться транзитная декларация, на основании которой автотранспортное средство с товарами будет следовать до места доставки таких товаров (таможенного органа назначения).

Технология таможенного контроля в МАПП с автоматическим формированием и использованием СЭД представлена на рисунке 2.

СЭД будет автоматически формироваться на каждое автотранспортное средство, прибывающее в МАПП, при каждом пересечении таможенной границы ЕАЭС с автоматическим присвоением такому СЭД уникального идентификационного номера (УИН), соотносимого с номерными знаками (государственным номером) исключительно указанного транспортного средства.

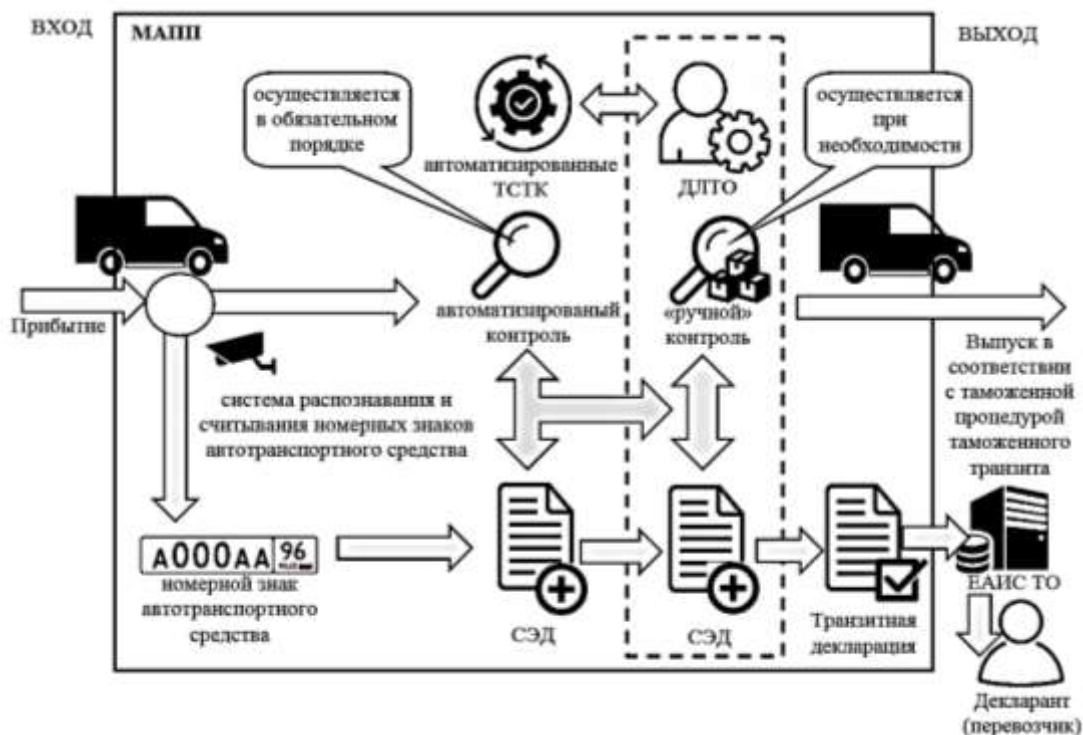


Рисунок 2 – Технология осуществления таможенного контроля в МАПП с формированием и использованием СЭД

Такие СЭД, состоящие преимущественно из данных, содержащихся в предварительной информации, наряду со сведениями о результатах проведения с использованием таких СЭД государственного контроля в МАПП будут накапливаться в специализированной информационной базе таможенных органов в рамках ЕАИС ТО по конкретному автотранспортному средству с нарастающим итогом. При этом должным лицам таможенных органов будет обеспечена возможность отслеживания организаций и иных лиц, осуществлявших ввоз товаров на таможенную территорию ЕАЭС с использованием данного автотранспортного средства [12].

Таким образом, у каждого автотранспортного средства независимо от его страны регистрации будет появляться «электронный след» в базе данных таможенных органов. При этом выявление и оценка рисков, а также принятие решения о применении интрузивных и иных мер по минимизации таких рисков в отношении конкретного автотранспортного средства, посредством которого осуществляется ввоз товаров на таможенную территорию ЕАЭС, будут осуществляться автоматически с момента прибытия такого транспортного средства на таможенную границу ЕАЭС (в МАПП) и фиксации его номерных знаков системой распознавания и считывания номерных знаков автотранспортного средства (рис. 3).

Возможности внедрения данного решения в области администрирования МАПП также способствует создание Минтрансом России в сентябре 2022 г. федеральной государственной информационной системы электронных перевозочных документов (ГИС ЭПД), посредством которой реализуется внутренний (в рамках Российской Федерации) оборот электронных перевозочных документов [13]. Правовой предпосылкой к разработке и внедрению ГИС ЭПД стало юридическое закрепление возможности использования электронных перевозочных документов наравне с их бумажными аналогами, а также признание юридического равенства таких документов (Федеральный закон № 259-ФЗ «Устав автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта»). В настоящее время ГИС ЭПД обеспечивает «получение электронных перевозочных документов и сведений, содержащихся в них, от операторов информационных систем электронных перевозочных документов (ИС ЭПД), обработку, хранение таких документов и сведений, содержащихся в них, представление таких документов и сведений, содержащихся в них, органам государственной власти Российской

Федерации». Оператором ГИС ЭПД является Минтранс России (рис. 4).

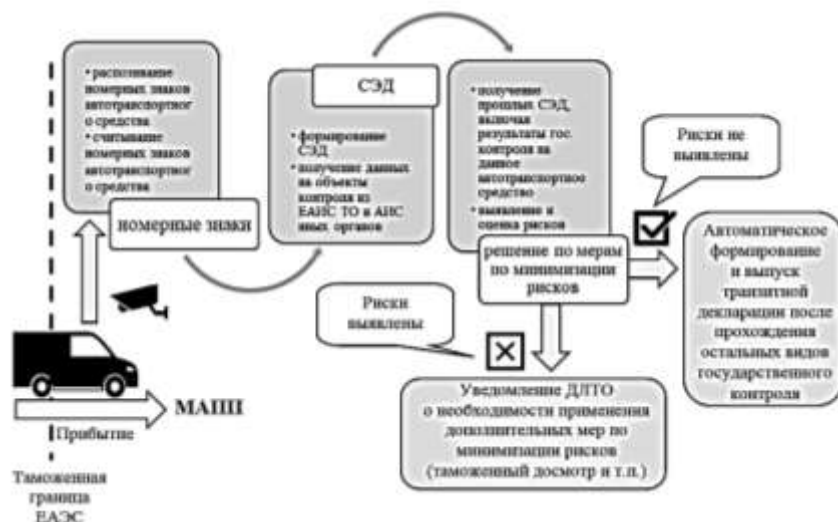


Рисунок 3 – Процесс принятия решения о целесообразности применения мер по минимизации рисков на основании СЭД

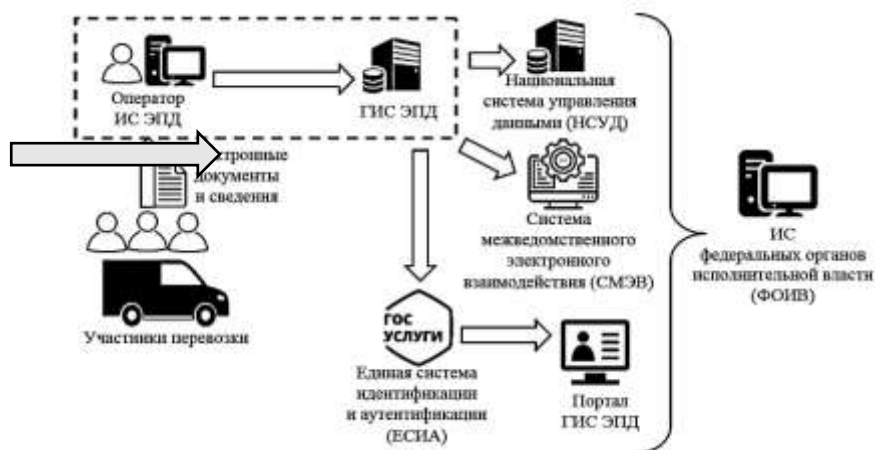


Рисунок 4 – Порядок информационного взаимодействия с использованием ГИС ЭПД

Результаты и обсуждение

Таким образом, участники перевозок направляют сведения в ГИС ЭПД через аккредитованных и включенных в соответствующий реестр Минтрансом России операторов информационных систем электронных перевозочных документов (ИС ЭПД) [14]. Представители органов исполнительной власти в целях осуществления своих полномочий получают верифицированные ГИС ЭПД юридически значимые электронные перевозочные документы и сведения из них следующими способами:

- через личный кабинет пользователя портала ГИС ЭПД;
- посредством обращения к витринам подсистемы информационно-аналитического обеспечения федеральной государственной информационной системы «Единая информационная платформа национальной системы управления данными» (НСУД);
- посредством подключения к сервисам единой системы межведомственного электронного взаимодействия (СМЭВ).

По аналогии с ГИС ЭПД, доступ к которому имеет в том числе ФНС России, возможно создать аналогичную ГИС СЭД в таможенных органах с обеспечением к ней доступа всех иных заинтересованных государственных органов, в том числе ФСБ России, МВД России, Минтранса России и др. При этом данные, содержащиеся в ГИС СЭД, обеспечат должностным лицам не только возможность автоматически производить выборку таких данных по различным признакам: номерному знаку автотранспортного средства, лицам - участникам

ВЭД, отправителю, получателю, перевозчику, товарам и т.д.), но и значительно повысят эффективность применения системы управления рисков (далее – СУР) на этапе прибытия автотранспортного средства в МАПП.

Выводы

Транспортная логистика является основой для развития внешнеэкономических отношений и интеграции России в глобальную экономическую систему. Благодаря своему удачному географическому положению, Россия получает значительные доходы от экспорта транспортных услуг, включая транзитные перевозки. Транспорт играет важную роль в социально-экономическом развитии страны, создавая условия для экономического роста, улучшения конкурентоспособности и качества жизни населения. Он также способствует развитию конкурентных преимуществ страны через реализацию транзитного потенциала. Надежные и качественные транспортные услуги являются важным фактором эффективного развития производства, бизнеса и социальной сферы [15].

Таким образом, внедрение системы СЭД поможет не только создать полноценный «электронный след» о перемещении товаров и транспортных средств через таможенную границу для целей дальнейшего накопления и использования данной информации для осуществления контрольных функций, но и существенно увеличить пропускную способность автомобильных пунктов пропуска путем оптимизации государственного контроля на основе перераспределения ресурсов таможенных органов и иных ведомств исключительно в пользу поставок с высоким риском нарушения законодательства. Безрисковые поставки, в свою очередь, будут проходить государственный контроль и таможенное оформление в максимально быстрые сроки в автоматическом режиме, основные контрольные мероприятия будут смещены на этап после выпуска товаров под таможенную процедуру таможенного транзита - в места доставки товаров, то есть в зоны ответственности внутренних таможенных органов, что позволит дополнительно снять нагрузку с границы.

Развитие электронного документооборота путем внедрения системы СЭД помимо прочего обеспечит комплексное развитие и совершенствование иных областей таможенного администрирования пунктом пропуска, в том числе управленческой деятельности, функционирования системы управления рисками, противодействия коррупции, минимизации и исключения коррупционного риска и других [16].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аргатов М.А., Десятниченко О.Ю. Новые возможности и новые вызовы для участников ВЭД, возникающие в процессе цифровизации системы электронного документооборота ФТС России // Управленческое консультирование. №11. 2023. С. 69-81.
2. Голубчик А.М. Электронный документооборот на транспорте на современном этапе (отечественный и зарубежный опыт) // Проблемы международной транспортной политики: Материалы международной конференции. Москва: Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ). 2022. С. 13-19.
3. Польша А.Л. Возможность применения электронных транспортных документов с целью цифровизации государственного контроля // Ученые записки Санкт-Петербургского имени В.Б. Бобкова филиала Российской таможенной академии. №3(75). 2020. С. 32-35.
4. Казак В.П., Красикова С.Б. Система электронного документооборота таможенных органов, как основа ускорения совершения таможенных операций // Энигма. 2020. №18-1. С. 252-260.
5. Лёвин Б.А., Ефимова О.В. Цифровая логистика и электронный обмен данными в грузовых перевозках // Мир транспорта. 2017. Т. 15. №2. С. 142-149.
6. Городнова Н.В. Построение цифровой «умной» таможни как эффективный инструмент противодействия коррупции // Экономические отношения. 2023. Т. 13. №4. С. 873-891.
7. Филатов С.А., Зудина Ю.Н. Использование транспортно-технологических схем при эксплуатации подвижного состава в международном сообщении // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2023. №1(72). С. 55-60. EDN SQCKMX.
8. Ефименко Д.Б., Барабанова Е.С., Ткачев А.И. Применение цифровых технологий в развитии транспортного обеспечения внешнеэкономической деятельности // Вестник транспорта. 2019. №10. С. 14-17. EDN TKNLJD.
9. Бурьгин А.А., Ефименко Д.Б., Леонов И.А., Грунин С.И. Актуальные проблемы развития инфра-

структуры транспортной системы Российской Федерации, обеспечивающей международные транзитные перевозки, на примере «интеллектуального» автомобильного пункта пропуска через таможенную границу // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2023. №4(75). С. 75-85. EDN RCAGSH.

10. Пильгун Т.В. Цифровая интеграция в мультимодальных грузовых перевозках // Цифровая трансформация транспорта: проблемы и перспективы: Материалы международной научно-практической конференции. Москва: ФГАО ВО «Российский университет транспорта» РУТ (МИИТ). 2022. С. 187.

11. Полковникова Т.В. Электронный документооборот в таможенных органах как эффективный инструмент снижения коррупционных проявлений // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2021. №2-2. С. 216-218.

12. Тюменцева В.В. Проблемы применения концепции системы управления рисками в таможенных органах // Науки об управлении государством, экономикой и обществом. 2021. С. 338-342.

13. Феоктистова М.В., Ляховец Е.Э. Развитие системы электронного документооборота при грузовых перевозках // Инженерное и экономическое обеспечение деятельности транспорта и машиностроения: Сборник материалов VI Международной научной конференции молодых ученых. Гродно: ГрГУ им. Янки Купалы. 2022. С. 585-592

14. Ефименко Д.Б., Демин В.А., Комкова Д.А., Герами В.Д. Мелкопартионная доставка товаров при использовании мультиагентного подхода // Мир транспорта и технологических машин. 2023. №1-1(80). С. 125-131. DOI 10.33979/2073-7432-2023-1(80)-1-125-131. EDN VCQMRK.

15. Голубчик А. Актуальные реалии логистики международного товародвижения // Логистика. 2022. №10(191). С. 32-34. EDN GIOKTC.

16. Ягубов Ш.Р. Совершенствование системы организации делопроизводства в таможенных органах РФ // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. 2020. №3(82). С. 128-131.

Бурьгин Алексей Анатольевич

ООО Научно-производственная организация «ГИДРОПРИВОДСПЕЦМАШ»

Адрес: 129327, Россия, г. Москва, ул. Коминтерна, д. 20/2

Заместитель генерального директора по развитию

E-mail: burygin.madi@yandex.ru

Дмитрий Борисович Ефименко

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

Адрес: 125319, Россия, г. Москва, Ленинградский пр., 64

Д.т.н., профессор, заведующий кафедрой правовое и таможенное регулирование на транспорте

E-mail: ed2002@mail.ru

Леонов Иван Александрович

ООО «ЗАВОД МЕТАЛЛИСТ»

Адрес: 129344, Россия, г. Москва, ул. Искры, д. 31 к.1

Генеральный директор

E-mail: leonov.madi@yandex.ru

Грунин Сергей Ильич

ООО Научно-производственная организация «ГИДРОПРИВОДСПЕЦМАШ»

Адрес: 129327, Россия, г. Москва, ул. Коминтерна, д. 20/2

Финансовый директор

E-mail: grunin.madi@yandex.ru

A.A. BURYGIN, D.B. EFIMENKO, I.A. LEONOV, S.I. GRUNIN

ISSUES OF IMPLEMENTATION OF THE INFORMATION MODEL OF THE «INTELLIGENT» VEHICLE CHECKPOINT THROUGH THE CUSTOMS BORDER IN ENSURING TRANSIT TRANSPORTATION

***Abstract.** In this article, the authors explore the main promising opportunities and problems of the development of cross-border auto transport of goods by improving electronic document management, as well as increasing the efficiency of using electronic documents when placing goods and vehicles under the customs procedure of customs transit in the Russian Federation. Based on the analysis of customs operations and customs control, information interaction between government authorities and subjects of the supply chain, carried out, inter alia, with the help of automated means and systems upon arrival of a vehicle at an international automobile checkpoint and crossing the customs border of the Eurasian Economic Union for the purposes of subsequent placement under the customs procedure of customs transit, the authors draw conclusions about the expediency of creating systems of cumulative electronic dossier (CED) as a promising source of extended, most complete and objective information used for customs purposes, providing an increased level of optimization of the «intellectual» checkpoint and intensive development of the transit potential of the Russian Federation.*

Keywords: *international automobile checkpoint, goods, vehicles, transport logistics, organization of transport and logistics processes, customs control, customs procedure of customs transit, customs authorities, cumulative electronic dossier (CED)*

BIBLIOGRAPHY

1. Argatov M.A., Desyatnichenko O.Yu. Novye vozmozhnosti i novye vyzovy dlya uchastnikov VED, vznikayushchie v protsesse tsifrovizatsii sistemy elektronnoho dokumentooborota FTS Rossii // Upravlencheskoe konsul'tirovanie. №11. 2023. S. 69-81.
2. Golubchik A.M. Elektronnyy dokumentooborot na transporte na sovremennom etape (otechestvennyy i zarubezhnyy opyt) // Problemy mezhdunarodnoy transportnoy politiki: Materialy mezhdunarodnoy konferentsii. Moskva: Moskovskiy avtomobil'no-dorozhnyy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet (MADI). 2022. S. 13-19.
3. Pol'Mari A.L. Vozmozhnost' primeneniya elektronnykh transportnykh dokumentov s tsel'yu tsifrovizatsii gosudarstvennogo kontrolya // Uchenye zapiski Sankt-Peterburgskogo imeni V.B. Bobkova filiala Rossiyskoy tamozhennoy akademii. №3(75). 2020. S. 32-35.
4. Kazak V.P., Krasikova S.B. Sistema elektronnoho dokumentooborota tamozhennykh organov, kak osnova uskoreniya soversheniya tamozhennykh operatsiy // Enigma. 2020. №18-1. S. 252-260.
5. Liovin B.A., Efimova O.V. Tsifrovaya logistika i elektronnyy obmen dannymi v gruzovykh perevozkakh // Mir transporta. 2017. T. 15. №2. S. 142-149.
6. Gorodnova N.V. Postroenie tsifrovoy «umnoy» tamozhni kak effektivnyy instrument protivodeystviya korruptsii // Ekonomicheskie otnosheniya. 2023. T. 13. №4. S. 873-891.
7. Filatov S.A., Zudina YU.N. Ispol'zovanie transportno-tekhnologicheskikh skhem pri ekspluatatsii podvizhnogo sostava v mezhdunarodnom soobshchenii // Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI). 2023. №1(72). S. 55-60. EDN SQCKMX.
8. Efimenko D.B., Barabanova E.S., Tkachev A.I. Primenenie tsifrovyykh tekhnologiy v razvitii transportnogo obespecheniya vneshneekonomicheskoy deyatel'nosti // Vestnik transporta. 2019. №10. S. 14-17. EDN TKNLJD.
9. Burygin A.A., Efimenko D.B., Leonov I.A., Grunin S.I. Aktual'nye problemy razvitiya infrastruktury transportnoy sistemy Rossiyskoy Federatsii, obespechivayushchey mezhdunarodnye tranzitnye перевозки, na primere "intellektual'nogo" avtomobil'nogo punkta propuska cherez tamozhennuyu granitsu // Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI). 2023. №4(75). S. 75-85. EDN RCAGSH.
10. Pil'gun T.V. Tsifrovaya integratsiya v mul'timodal'nykh gruzovykh perevozkakh // Tsifrovaya transformatsiya transporta: problemy i perspektivy: Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Moskva: FGAO VO "Rossiyskiy universitet transporta" RUT (MIIT). 2022. S. 187.
11. Polkovnikova T.V. Elektronnyy dokumentooborot v tamozhennykh organakh kak effektivnyy instrument snizheniya korruptsionnykh proyavleniy // Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk. 2021. №2-2. S. 216-218.
12. Tyumentseva V.V. Problemy primeneniya kontseptsii sistemy upravleniya riskami v tamozhennykh organakh // Nauki ob upravlenii gosudarstvom, ekonomikoy i obshchestvom. 2021. S. 338-342.
13. Feoktistova M.V., Lyakhovets E.E. Razvitie sistemy elektronnoho dokumentooborota pri gruzovykh perevozkakh // Inzhenernoe i ekonomicheskoe obespechenie deyatel'nosti transporta i mashinostroeniya: Sbornik materialov VI Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii molodykh uchenykh. Grodno: GrGU im. Yanki Kupaly. 2022. S. 585-592.
14. Efimenko D.B., Demin V.A., Komkova D.A., Gerami V.D. Melkopartionnaya dostavka tovarov pri ispol'zovanii mul'tiagentnogo podkhoda // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2023. №1-1(80). S. 125-131. DOI 10.33979/2073-7432-2023-1(80)-1-125-131. EDN VCQMRK.
15. Golubchik A. Aktual'nye realii logistiki mezhdunarodnogo tovarodvizheniya // Logistika. 2022. №10(191). S. 32-34. EDN GIOKTC.
16. Yagubov Sh.R. Sovershenstvovanie sistemy organizatsii deloproizvodstva v tamozhennykh organakh RF // Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo sotsial'no-ekonomicheskogo universiteta. 2020. №3(82). S. 128-131.

Burygin Alexey Anatolyevich

LLC Scientific and production organization
«GIDROPRIVODSPETSMASH»
Address: 129327, Russia, Moscow, Kominterna str., 20/2
Deputy Director General for Development
E-mail: burygin.madi@yandex.ru

Dmitry Borisovich Efimenko

Moscow Automobile and Road Engineering State Technical University (MADI)
Address: Russia, Moscow, Leningradsky Ave., 125319
Doctor of technical sciences
E-mail: ed2002@mail.ru

Leonov Ivan Alexandrovich

LLC «METALLIST PLANT»
Address: 129344, Russia Moscow, Iskry str., 31 building 1
General manager
E-mail: leonov.madi@yandex.ru

Grunin Sergey Ilyich

LLC Scientific and production organization
«GIDROPRIVODSPETSMASH»
Address: 129327, Russia, Moscow, Kominterna str., 20/2
Financial Director
E-mail: grunin.madi@yandex.ru

Научная статья

УДК 004.89

doi:10.33979/2073-7432-2024-1-3(84)-103-110

ВАН ЖУНЬЧЖОУ

ОСОБЕННОСТИ МЕТОДОВ РАЗРАБОТКИ АРХИТЕКТУРЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ В КИТАЙСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКЕ

***Аннотация.** В данной статье рассмотрены этапы разработки и приоритеты архитектуры интеллектуальных транспортных систем (ИТС) в Китайской Народной Республике (КНР) с учетом развития различных этапов и интеграции логической архитектуры, таким образом, формируя диаграмму потоков данных логической архитектуры. Физическая архитектура формируется на основе логической архитектуры и обеспечивает основу для предлагаемых систем с китайской спецификой.*

***Ключевые слова:** архитектура ИТС, методы разработки, логическая архитектура, физическая архитектура, система приложений*

Введение

По состоянию на 31 декабря 2022 года, общая численность населения КНР достигла 1.41175 млрд. человек, а проблема городских заторов в КНР становится все более серьезной. На сегодняшний день, самым перспективным из способов решения транспортных проблем является внедрение интеллектуальных транспортных систем [1, 5]. С развитием технологий, интеллектуальные транспортные системы становятся все более популярны, поэтому развитие интеллектуального транспорта будет перспективным направлением интеграции транспорта в городах второй и третьей категории (население в таких городах составляет 5-10 миллионов человек) [2]. Процесс внедрения интеллектуальных транспортных систем чрезвычайно сложен, для чего необходимо выстроить полную архитектуру с учетом потребностей пользователей и среды реализации, удовлетворяя при этом существующие требования и обладая определенной экстенсивностью [3]. В плане «14-й пятилетки», интеллектуальные транспортные системы являются ключевой движущей силой КНР для увеличения инвестиций в строительство новой инфраструктуры и ускорения модернизации, а также развития цифровой экономики до уровня «умной экономики», и ожидается, что транспортная сфера станет ведущей областью умной экономики. В «Программе планирования национальной комплексной трехмерной транспортной сети» предлагается, что к 2035 году должна быть завершена интеграция национальной интеллектуальной комплексной трехмерной транспортной сети, а транспортная инфраструктура, при этом, станет одной из лучших в мире [4]. Помимо этого, в рамках программы необходимо продвигать умные автомобили, автономное вождение и кооперативные ИТС, содействовать скоординированному развитию интеллектуальных сетевых автомобилей и умных городов, создавать интегрированную систему восприятия для городских дорог, зданий и общественных объектов, а также создавать платформы, основанные на городских информационных моделях, которые объединяют городские динамические и статические данные.

Материалы и методы

В Китайской Народной Республике вместо функциональной архитектуры используется логическая архитектура, которая включает в себя как потоки данных, так и функциональную архитектуру. Чтобы лучше интегрировать архитектуру ИТС с практическими приложениями, предлагается новый элемент архитектуры ИТС - системы приложений ИТС, которые также являются особенностью архитектуры интеллектуальных транспортных систем КНР.

Интеллектуальные транспортные системы (ИТС) представляют собой большую и сложную систему, органически состоящую из множества подсистем, связанных между собой и не имеющих единого диспетчера [6, 7].

В качестве программного и руководящего технического документа, архитектура ИТС играет важную роль в стандартизации, координации и устойчивом развитии ИТС [8-11]. Для существующих методов разработки архитектуры ИТС (процессно-ориентированный и объектно-ориентированный), выделяются следующие проблемы, которые еще предстоит решить [12]:

1) преобразования между тремя основными компонентами архитектуры ИТС — пользовательскими службами, логической архитектурой и физической архитектурой, то есть после определения пользовательских служб, необходимо сопоставить их с логической архитектурой, а затем связать их с помощью логических функций. Однако по-прежнему недостаточно существующих стандартизированных методов и операционных процедур для перехода от пользовательских сервисов к логической архитектуре и от логической архитектуры к физической архитектуре, что усложняет функционирование системы;

2) отдельные конкретные проявления функционирования пользовательских сервисов, логической архитектуры и физической архитектуры недостаточно стандартизированы;

3) практичность архитектуры ИТС недостаточна эффективна. Поскольку подсистемы, определенные в физической архитектуре, в основном являются теоретически правильными и «идеальными», то встает вопрос о том, как их преобразовать в более тесно интегрированные с рынком и реальными приложениями ИТС;

4) при использовании текущего подхода, обеспечение непротиворечивости и целостности данных является сложной задачей, так как нет эффективного и надежного способа обеспечить согласованность сложных данных архитектуры ИТС. В процессе разработки архитектуры, отсутствие координации между несколькими рабочими группами и многократное обновление данных часто приводит к их несогласованию.

Таким образом, с преобразованиями системы для улучшения работы, в архитектуре ИТС можно выделить 4 части, а именно: пользовательские сервисы, логическая архитектура, физическая архитектура и система приложений.

Теория

Разработка архитектуры ИТС может следовать порядку пользовательских сервисов, логической архитектуры и физической архитектуры, но с точки зрения каждой отдельной связи, она должна поддерживаться углубленной и подробной теорией разработки. В то же время, для ключевых звеньев развития архитектуры, таких как определение терминатора, переход от пользовательских сервисов к логической архитектуре, переход от логической архитектуры к физической архитектуре, необходимо сформулировать определенные принципы и спецификации, а не полагаться исключительно на субъективное мнение разработчиков [13,14].

Основное внимание здесь уделяется этапам разработки каждой отдельной части системы и ключевым моментам, в соответствии с общей последовательностью разработки, от пользовательских сервисов к логической архитектуре, от логической архитектуры к физической архитектуре.

1. Определение терминатора

Являясь границей системы ИТС, терминатор соединяет систему ИТС с внешней средой и является конечной точкой потока данных и потока архитектуры ИТС [15,16,17]. Терминатор четко определен, то есть определены его функции в рамках системы ИТС, что позволяет избежать повторного создания потоков данных и потоков архитектуры ИТС, вызванного перекрытием функций терминатора и подсистемы.

В данной работе под терминатором понимается:

1) терминатор не распределяет функции в архитектуре, то есть терминатор должен представлять собой объект, не включающий в себя функции системы ИТС. Он определяет функции, которые архитектура должна получить от внешней среды, и информацию, которую можно предоставить внешней среде. Терминатор может быть представлен организацией, системой, физическим объектом, который может предоставлять информацию, например, дорогами, и т.д.;

2) при определении начальной и конечной точки потока данных, когда логические

функциональные элементы внутри системы ИТС не могут удовлетворить потребности, конечная точка этого потока данных должна быть определена как терминатор.

Терминаторы могут быть пользователями (менеджеры данных, водители грузовиков, водители и т. д.), окружающей средой (природная среда, дорожная среда, зона пересадки, транспортная среда, характеристики транспортных средств и т. д.), другими системами (системы ИТС в других областях и т. д.).

2. Пользовательский сервис

Пользовательский сервис ИТС, с точки зрения системы, описывает содержание сервиса, которую система ИТС может предоставить пользователям и определяет объем сервисов, которые может предоставить ИТС, что является основой для построения архитектуры [18, 19].

С точки зрения этапов разработки, сначала необходимо определить пользователей системы; затем проанализировать транспортные потребности каждого субъекта пользователя и уточнить сервисное содержание, которое ИТС может предоставить для различных потребностей пользователей, при этом брать во внимание опыт сервисов пользователей ИТС в развитых странах [20]. Основными задачами выступают: включение новых потребностей и нового содержания, появившегося в ходе развития ИТС Китая в последние годы; применение методов разделения сервисов, которые ближе к различным пользователям, а также анализ и обобщение пользовательских сервисов ИТС.

3. Логическая архитектура

Логическая архитектура описывает логические функции, которые должна иметь система для реализации пользовательских сервисов ИТС, а также взаимодействие данных между функциями. При построении логической архитектуры, независимо от конкретных институциональных и технических факторов, она определяет только функции системы, необходимые для удовлетворения требований сервисов пользователей и поток данных между функциями, независимо от того, какой конкретный отдел реализует функцию, чтобы избежать пагубного воздействия на архитектуру из-за быстрого развития технологий. В развитии архитектуры ИТС, логическая архитектура играет переходную роль, реализуя разумный переход от пользовательских сервисов к физической архитектуре.

В этой работе предполагается, что этапы разработки логической архитектуры в основном включают:

1) преобразование пользовательских сервисов в логические элементы для каждого пользовательского сервиса. С точки зрения того, какие функции требуются для предоставления доступа к этому сервису, он постепенно декомпозируется сверху вниз для получения различных логических элементов и информации, передаваемой между ними, до тех пор, пока логические элементы больше не могут быть декомпонованы. Установленная многоуровневая логическая модель обычно выражается в виде диаграммы потока данных;

2) интеграция логических элементов для формирования их иерархической диаграммы. Различные логические элементы, полученные на первом этапе, могут иметь различные уровни отношений, с точки зрения иерархии, такие, как: включение, пересечение, повторение содержания, а разные сервисы могут иметь одинаковые требования к логическим элементам. Поэтому необходимо повторно интегрировать логические элементы. Так называемая интеграция заключается в классификации различных логических элементов и объединении подобных элементов, без привлечения каких-либо конкретных физических факторов. Кроме того, логические элементы, полученные в результате преобразования услуг, могут быть интегрированы в соответствии с требованиями классификации, чтобы получить иерархическую диаграмму логических элементов с кратким и разумным содержанием;

3) При выполнении шагов 1) и 2), можно получить потоки данных логических элементов. При анализе логических элементов, было определено информационное взаимодействие между логическими элементами, то есть потоками данных логических элементов. Поэтому процесс интегрирования логических элементов на этапе 2 также является процессом объединения потока данных логических элементов этапа 1, тем самым получая окончательные диаграммы потоков данных логических элементов (Data Flow Diagram, DFD).

Следует отметить, что в архитектуре ИТС, потоки данных логических элементов следуют принципам целостности и непротиворечивости данных между верхним и нижним уровнями, а также между одним и тем же уровнем. То есть, поток данных верхнего уровня может найти свой прототип в потоке данных нижнего уровня, а поток данных нижнего уровня может быть включен в поток данных верхнего уровня или в функции верхнего уровня; потоки данных в различных диаграммах потоков данных обеспечивают одинаковые начальные и конечные точки, как показано на рисунке 1 [13];

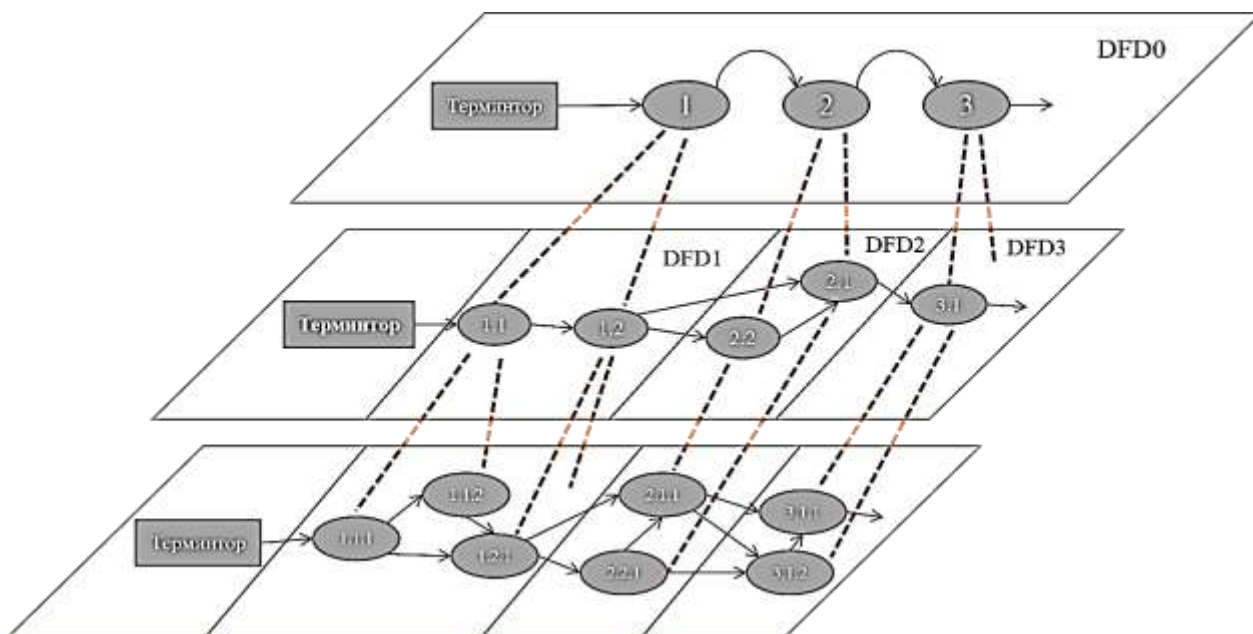


Рисунок 1 - Диаграмма уровней взаимосвязи потоков данных логической архитектуры ИТС

4) на основе потоков данных логических элементов, полученных на этапе 3, создается диаграмма потоков данных логических элементов соответствующего уровня.

Кроме того, при выполнении анализа шагов 1) и 2) определяются логические элементы, которые, при необходимости, помещаются в хранилище данных.

4. Физическая архитектура

Физическая архитектура - это физическое описание функций, необходимых для проведения пользовательских сервисов. Она в основном описывает физические объекты, составляющие ИТС, и отношения между объектами, включая системы, подсистемы, системные модули, приложения и потоки архитектуры.

Физическая архитектура основана на диаграмме иерархии логических функций, и, в то же время, учитывает взаимосвязь между потоками данных логических элементов, с точки зрения того, как реализовать каждую функцию, всесторонне учитывая место проведения функции и ее удобность, чтобы объединить логические функциональные элементы. Различные комбинации логических функциональных элементов могут привести к различным физическим элементам системы, поэтому между логическими функциональными элементами и физическими элементами системы существует связь «многие ко многим». Подобные отношения показаны на рисунке 2 [13].

С точки зрения этапов разработки, можно выделить пять этапов: разделение системы - разделение подсистемы - разделение системного модуля - создание потоков архитектуры физических элементов - развертывание потоков архитектуры физических элементов.

При разделении системы, учитываются такие факторы, как китайские системы управления дорожным движением, и в основном используются функциональные отделы в качестве разделения, чтобы обеспечить максимальную согласованность с китайскими системами управления дорожным движением в ИТС, охватывая все пользовательские сервисы ИТС.

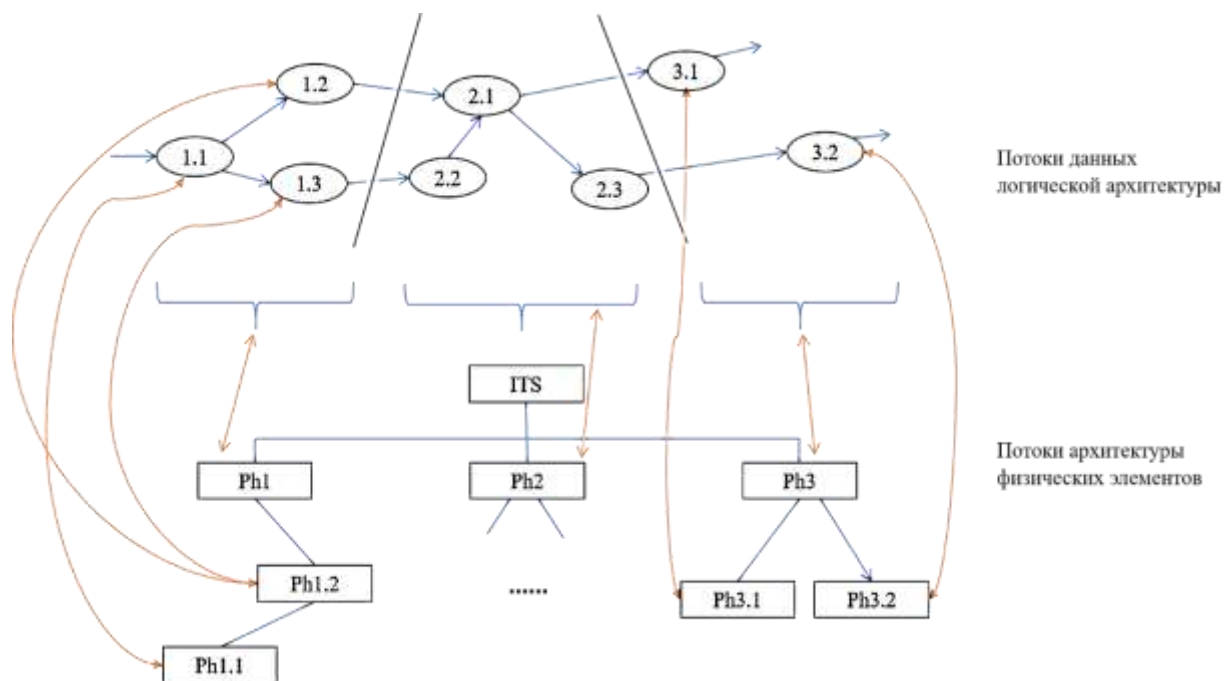


Рисунок 2 - Преобразование логических функциональных элементов ИТС в физические элементы систем

Подсистемы являются частью системы. Принимая четыре категории людей, транспортных средств, дорог и окружающей среды в традиционной организации дорожного движения в качестве руководящей идеологии, при этом сочетая с реальной ситуацией и ссылаясь на метод разделения зарубежных физических подсистем, дается основа для разделения физических подсистем китайской ИТС, то есть, для логического процесса, содержащегося в каждой системе. Тем самым, ИТС в Китае делится на подсистемы, основанные на людях, транспортных средствах, периферийных полях и центрах, в сочетании с фактическими данными и процессами, так что каждая подсистема соответствует реальным событиям, при этом существующая инфраструктура используется эффективно.

Системные модули являются основой для составления подсистем. Подсистема обычно имеет несколько функций, а системный модуль представляет собой декомпозицию функций подсистемы, которая является основой всей физической архитектуры и частью, тесно связанной с логической архитектурой и физической архитектурой.

В процессе проектирования модулей физической системы ИТС необходимо учитывать следующие факторы: соответствующее количество модулей, функциональное единство внутри модулей, независимость между модулями, возможность их сопоставления, технологическая осуществимость и зрелость проекта. Особо подчеркивается, что независимые модули могут снизить требования к интерфейсу между различными устройствами, что полезно для проведения системы приложений ИТС.

Потоки архитектуры физических элементов описывают связь между физическими элементами системы и создают взаимосвязь между различными физическими объектами, что является важной частью физической архитектуры ИТС. Потоки архитектуры физических элементов формируются на основе потоков данных логических элементов, которые представляют собой комбинацию потоков данных логических элементов. Через поток архитектуры, элементы физической системы интегрируются для получения системы ИТС с высокой или низкой корреляцией.

5. Система приложений

Физическая архитектура, полученная традиционными методами разработки, имеет ряд ограничений. При планировании, оценке и развертывании региональной ИТС на основе этой физической архитектуры, возникает большое различие между теорией и реальной системой, что приводит к невозможности качественного проведения ИТС. Таким образом, предлагается концепция систем приложений.

Система приложений соответствует подсистеме по уровням. Как системы приложений, так и подсистемы базируются на системных модулях. Подсистема — это виртуальный элемент в физической архитектуре, пример разделения физической архитектуры, не соответствующий реальной ситуации. Например, существуют подсистема центра информационного обслуживания дорожного движения, подсистема центра управления общественным транспортом и др. Нет необходимости строить физические здания для каждого центра отдельно, а выполнять комбинированное строительство в соответствии с фактическими системами строительства и фактическими потребностями. При этом, модули системы, содержащиеся в каждой подсистеме, не повторяются.

Система приложений основана на потребностях пользователей и достигает цели предоставления пользовательских сервисов за счет различных комбинаций системных модулей. Модули систем, включенные в различные системы приложений, могут частично повторяться, что обеспечивает гибкую систему с различными функциями и техническими требованиями, что помогает вести фактическое строительство, такие как региональные адаптивные системы управления сигналами, системы приоритета специальных транспортных средств и т.д.

С точки зрения этапов разработки, построение системы приложений обычно включает следующие этапы:

- 1) ориентация на спрос - объединение системных модулей для формирования физических систем ИТС, которые можно увидеть на рынке и на практике;
- 2) обозначение схемы состава систем приложений. На основе системных модулей, составляющих систему приложений, и потоков архитектуры их физических элементов, строится общая схема состава систем приложений;
- 3) определить системы приложений, соответствующие пользовательскому сервису. На этом шаге, с одной стороны, можно проверить, предоставляются ли пользовательские сервисы, а с другой стороны, можно установить соответствующую связь между пользовательскими сервисами и системой приложений, что удобно для популяризации и применения архитектура.

Результаты и обсуждение

В процессе разработки архитектуры ИТС, разные страны используют различные методы, например, США, Европейский союз и Китай используют процессно-ориентированный метод, а Япония использует объектно-ориентированный метод. Поэтому нет четкой основы для выбора метода построения архитектуры ИТС. Первая версия национальной архитектуры ИТС Китая в основном фокусируется на функциональной архитектуре на логическом уровне, а исследования коммуникационной архитектуры недостаточно глубоки, и в будущем, основное внимание будет уделяться развитию коммуникационной архитектуры. Разница между физической архитектурой и существующими условиями в архитектуре интеллектуальных транспортных систем является важным фактором, влияющим на реализацию интеллектуальных транспортных систем. Эффективная реализация физической архитектуры ИТС является очень важным направлением исследований.

Выводы

1. Чтобы провести системный анализ, необходимо начинать с анализа внешней среды системы и определить границы системы, то есть внешний интерфейс системы и основные функции, которые система должна выполнять. Следовательно, для большой системы ИТС, включающей дороги, людей, окружающую среду, транспортные средства и другие факторы, первым шагом в установлении ее системной архитектуры является определение объема ИТС, то есть определение терминаторов ИТС.
2. Иерархическая диаграмма логических элементов перечисляет систему ИТС, состоящую из функциональных доменов, функций и подфункций, и наглядно показывает иерархические отношения между логическими элементами.
3. Диаграмма потоков архитектуры физических элементов ИТС изображает соединения потоков архитектуры между системами ИТС, подсистемами, системными модулями, элементами и терминаторами в многоуровневой форме. Она должна включить упрощенную

диаграмму физической архитектуры ИТС, диаграмму физической архитектуры ИТС верхнего уровня, диаграммы потоков архитектуры уровня подсистемы и диаграммы потоков архитектуры уровня системного модуля.

4. С развитием технологий и углублением конструкции ИТС, список систем приложений будет динамически обновляться, дополняться и совершенствоваться.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жанказиев С.В. Разработка проектов интеллектуальных транспортных систем: учеб. пособие. М.: МАДИ, 2016. 13 с.
2. Ван Ж., Зырянов В.В. Интеллектуальные системы управления дорожным движением // Информационные технологии и инновации на транспорте: Материалы VII Международной научно-практической конференции. В 2-х томах. Том 1. Орел: Орловский государственный университет. 2021. С. 157-169.
3. Криволапова О.Ю. Оценка эффективности организации дорожного движения при перераспределении транспортных потоков: диссертация кандидата техн. наук. М., 2016. 16 с.
4. The Central Committee of the Communist Party of China, The State Council of China: Программа планирования национальной комплексной трехмерной транспортной сети КНР. 2021(2). 2 с.
5. Лапшин В.С., Елькин Д.М., Елькин С.А., Кучеров Ю.И. // Рогозов Обзор методов проектирования архитектур интеллектуальных транспортных систем // Инженерный вестник Дона. 2018. №4(51). С. 165.
6. Зырянов В.В., Семчугова Е.Ю., Скрынник А.М. Применение информационных технологий при повышении мобильности и обеспечении транспортной безопасности // Инженерный вестник Дона. 2012. №4-1(22). С. 118.
7. National ITS Architecture Team (U.S.). Regional ITS Architecture Guidance: Developing, Using and Maintaining on ITS Architecture for Your Region. 2001. 10. P. 12-13.
8. Draganescu C., Popa C., Tundrea A.C. Context-Aware Adaptive System for Intelligent Transport Management // Control Systems and Computer Science (CSCS): 21st International Conference on. 2017. P. 379-384.
9. Wang X. The development history of China's intelligent transportation - the first experience of ITS. China Highway. 2022, №609 (5). P. 56-61. DOI:10.3969/j.issn.1006-3897.2022.05.019.
10. Zhang J., Li B., Wang X. et al. Smart Expressway Architecture and Development Path Design. Highway Transportation Technology. 2018. №35 (1). 7. P. 88-94. DOI: CNKI: SUN: GLJK.0.2018-01-012.
11. Wang X. Technical characteristics and development suggestions of a new generation of intelligent transportation system // Engineering Research: Engineering in Interdisciplinary Perspective. 2014. №6 (01). 6. P. 37-42. DOI:10.3724/SP.J.1224.2014.00037.
12. Sun L., Li Y., Gao J. Architecture and Application Research of Cooperative Intelligent Transport Systems // Procedia Engineering. 2016. №137. P. 747-753.
13. Zhang K., Liu H., Liu D., Wang C., Li Z. Construction method and application of intelligent transportation system architecture // Beijing: People's Transportation Publishing House. 2013(8). P. 33-39.
14. China Intelligent Transportation System Architecture: Special Group. China Intelligent Transportation System Architecture. Beijing: People's Transportation Publishing House, 2003(1). P. 8.
15. Fernandez S., Ito T., Hadfi R. Architecture for intelligent transportation system based in a general traffic ontology // Transportation Engineering. 2016(10). P. 43-55. DOI: 10.1007/978-3-319-23467-0_4.
16. Зырянов В.В., Фефилова А.А., Чуклинов Н.Н. Динамическая маршрутизация транспортных потоков как метод снижения транспортной нагрузки на элементы УДС // Мир транспорта и технологических машин. 2018. №1 (60). С. 74-80.
17. Володькин П.П. Методология формирования и управления муниципальной автотранспортной системой: монография. Владивосток: Дальнаука, 2011. 442 с.
18. An official website of the frame architecture [Электронный ресурс]. URL: frame-online.eu
19. Chen X., Yu L., Geng Y. et al. Methodology and case study of regional ITS framework development. China Journal of Highway. 2006. 19(1). DOI:10.3321/j.issn: 1001-7372.2006.01.018.
20. Полтавская Ю.О. Методология проектирования архитектуры интеллектуальной транспортной системы // Современные технологии и научно-технический прогресс. 2022. №9. С. 199-200.

Ван Жуньчжоу

Донской государственный технический университет
Адрес: 344000, Россия, г. Ростов-на-Дону, ул. Площадь Гагарина, 1
Аспирант
E-mail: 1021553988@qq.com

FEATURES OF METHODS FOR DEVELOPING THE ARCHITECTURE OF INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS IN THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA

Abstract. *This paper considers the development steps and key points of China's intelligent transportation system architecture, and, at the same time, explains the transformation between the stages and the integration of the logical architecture, thus forming a data flow diagram of the logical architecture. The physical architecture is formed on the basis of the logical architecture, and provides the basis for the proposed application system with Chinese characteristics.*

Keywords: *ITS architectures, development methods, logical architecture, physical architecture, application system*

BIBLIOGRAPHY

1. Zhankaziev S.V. Razrabotka proektov intellektual`nykh transportnykh sistem: ucheb. posobie. M.: MADI, 2016. 13 s.
2. Van Zh., Zyryanov V.V. Intellektual`nye sistemy upravleniya dorozhnym dvizheniem // Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte: Materialy VII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. V 2-kh tomakh. Tom 1. Orel: Orlovskiy gosudarstvennyy universitet. 2021. S. 157-169.
3. Krivolapova O.Yu. Otsenka effektivnosti organizatsii dorozhnogo dvizheniya pri pereraspredelenii transportnykh potokov: dissertatsiya kandidata tekhn. nauk. M., 2016. 16 s.
4. The Central Committee of the Communist Party of China, The State Council of China: Programma planirovaniya natsional`noy kompleksnoy trekhmernoy transportnoy seti KNR. 2021(2). 2 s.
5. Lapshin V.S., El`kin D.M., El`kin S.A., Kucherov Yu.I. // Rogozov Obzor metodov proektirovaniya arkhitektur intellektual`nykh transportnykh sistem // Inzhenernyy vestnik Dona. 2018. №4(51). S. 165.
6. Zyryanov V.V., Semchugova E.Yu., Skrynnik A.M. Primenenie informatsionnykh tekhnologiy pri povyshe-nii mobil`nosti i obespechenii transportnoy bezopasnosti // Inzhenernyy vestnik Dona. 2012. №4-1(22). S. 118.
7. National ITS Architecture Team (U.S.). Regional ITS Architecture Guidance: Developing, Using and Main-taining on ITS Architecture for Your Region. 2001. 10. P. 12-13.
8. Draganescu C., Popa C., Tundrea A.C. Context-Aware Adaptive System for Intelligent Transport Manage-ment // Control Systems and Computer Science (CSCS): 21st International Conference on. 2017. P. 379-384.
9. Wang X. The development history of China's intelligent transportation - the first experience of ITS. China Highway. 2022, №609 (5). P. 56-61. DOI:10.3969/j.issn.1006-3897.2022.05.019.
10. Zhang J., Li B., Wang X. et al. Smart Expressway Architecture and Development Path Design. Highway Transportation Technology. 2018. №35 (1). 7. P. 88-94. DOI: CNKI: SUN: GLJK.0.2018-01-012.
11. Wang X. Technical characteristics and development suggestions of a new generation of intelligent trans- portation system // Engineering Research: Engineering in Interdisciplinary Perspective. 2014. №6 (01). 6. P. 37-42. DOI:10.3724/SP.J.1224.2014.00037.
12. Sun L., Li Y., Gao J. Architecture and Application Research of Cooperative Intelligent Transport Systems // Procedia Engineering. 2016. №137. P. 747-753.
13. Zhang K., Liu H., Liu D., Wang C., Li Z. Construction method and application of intelligent transportation system architecture // Beijing: People's Transportation Publishing House. 2013(8). P. 33-39.
14. China Intelligent Transportation System Architecture: Special Group. China Intelligent Transportation Sys- tem Architecture. Beijing: People's Transportation Publishing House, 2003(1). P. 8.
15. Fernandez S., Ito T., Hadfi R. Architecture for intelligent transportation system based in a general traffic ontology // Transportation Engineering. 2016(10). P. 43-55. DOI: 10.1007/978-3-319-23467-0_4.
16. Zyryanov V.V., Feofilova A.A., Chuklinov N.N. Dinamicheskaya marshrutizatsiya transportnykh potokov kak metod snizheniya transportnoy nagruzki na elementy UDS // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2018. №1 (60). S. 74-80.
17. Volod`kin P.P. Metodologiya formirovaniya i upravleniya munitsipal`noy avtotransportnoy sistemoy: monografiya. Vladivostok: Dal`nauka, 2011. 442 s.
18. An official website of the frame architecture [Elektronnyy resurs]. URL: frame-online.eu
19. Chen X., Yu L., Geng Y. et al. Methodology and case study of regional ITS framework development. Chi- na Journal of Highway. 2006. 19(1). DOI:10.3321/j.issn: 1001-7372.2006.01.018.
20. Poltavskaya Yu.O. Metodologiya proektirovaniya arkhitektury intellektual`noy transportnoy sistemy // Sovremennyye tekhnologii i nauchno-tekhnicheskyy progress. 2022. №9. S. 199-200.

Wang Runzhou

Don State Technical University

Address: 344000, Russia, Rostov-on-Don, st. Gagarin Square, 1

Postgraduate student

E-mail: 1021553988@qq.com

Научная статья

УДК 629.051

doi:10.33979/2073-7432-2024-1-3(84)-111-118

А.Н. НОВИКОВ, Е.В. МИРОШНИКОВ

ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИНЦИПОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ В ГОРОДЕ БЕЛГОРОДЕ

***Аннотация.** В рамках представленного исследования рассмотрены вопросы основополагающих принципов реализации интеллектуального управления транспортными потоками. Представлены инновационные механизмы мониторинга скоростей движения и интенсивности движения транспортных средств, отслеживания маршрутов автомобилей реализованные в рамках интеллектуальной транспортной системы Белгородской городской агломерации. Рассчитан положительный эффект внедрения данных программно-аппаратных комплексов на ключевых участках улично-дорожной сети.*

***Ключевые слова:** транспортный поток, интеллектуальная транспортная система, интенсивность, пропускная способность, скорость*

Введение

До недавнего времени основной причиной неблагоприятной транспортной ситуации в г. Белгород являлось несоответствие пропускной способности улично-дорожной сети (УДС) растущему спросу на передвижение личным транспортом. Влияние этой причины в перспективе будет усиливаться, так как уровень автомобилизации в г. Белгороде в настоящее время продолжает расти.

Улично-дорожная сеть Белгорода имеет типичные проблемы с объективными транспортными потребностями города по всем основным параметрам – пропускной способности, плотности и связности. Улично-дорожную сеть характеризует недостаточное количество транспортных развязок, путепроводов, тоннелей. Отсутствие развязок в узлах пересечения магистралей опорной сети или несоответствие их параметров интенсивности движения на основных направлениях движения транспортных потоков (ТП) приводит к формированию протяженных участков заторов.

Таким образом, для г. Белгорода наиболее предпочтительным методом повышения пропускной способности улично-дорожной сети является использование методов интеллектуального управления транспортными потоками в рамках региональной интеллектуальной транспортной системы (ИТС).

Материал и методы

Решение транспортных проблем методами ИТС является актуальной в настоящее время задачей, решение которой занимались многие отечественные и зарубежные ученые: С. Н. Глаголев, И. А. Новиков, Л. Е. Куценко, Л. А. Королева [1], С.В. Жанказиев [2], М. Н. Вражнова, М. Г. Плетнев, А. А. Пахомова [3], В.В. Сильянов, В.Т. Капитанов, О.Ю. Моница, А.Б. Чубуков [4], И. Н. Пугачев [5], Д. В. Капский [5, 6], С. Ли, В. В. Зырянов [7], С. И. Корягин, А. В. Бабкин, И. В. Либерман, П. М. Клачек [8], В. Н. Басков, Е. И. Исаева [9], В. М. Власов, В. Н. Богумил, А. Б. Смирнов [10], В. Г. Кочерга [11], Ю. В. Федюкин, Е. И. Минаков, И. Е. Агуреев [12], С. А. Евтюков, Б. В. Лукашов [13], Ю. В. Трофименко, Т. Ю. Григорьева, Е. В. Шашина [14], А. В. Клачкова, Л. Е. Куценко, Д. В. Медведев [15], А. Г. Шевцова [16], С. В. Еремин [17], Р. Н. Сафиуллин, Т. Хаотьянь, Р. Р. Сафиуллин [18], А. П. Жигадло, Е. В. Парсаев, И. А. Тетерина [19] и др.

Теория / Расчет

В настоящее время региональная интеллектуальная транспортная система Белгородской городской агломерации генерирует более 100 000 000 фактов фиксации транспортных средств в месяц.

Это значительные объемы информации, позволяющие при правильной обработке повысить эффективность работы транспортной системы.

Качественная обработка такого объема информации с использованием только человеческого ресурса невозможна. Для решения подобных задач используются современные технологии в области цифрового зрения, обработки больших данных и искусственного интеллекта становится неизбежным.

Данные, получаемые с камер, являются основой для оцифровки транспортной инфраструктуры, формирования новых подходов к эффективному управлению транспортными потоками, обеспечения новых уровней комфорта и безопасности передвижения (рис. 1). Интеллектуальный контроль маршрутов и скорости перемещения грузового транспорта в регионе обеспечивает сохранение высокого качества дорог и экономии бюджета при их обслуживании и ремонте.

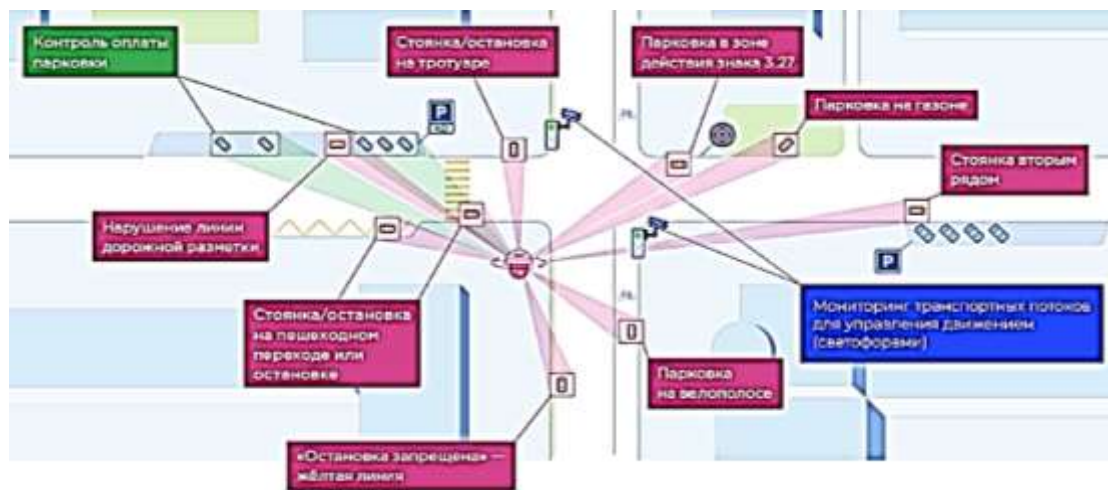


Рисунок 1 – Схема организации интеллектуального мониторинга транспортных потоков в Белгороде

Камеры фотовидеофиксации являются ключевым поставщиком данных о транспортных потоках в рамках региональной ИТС. Использование оборудования разных типов позволяет осуществлять комплексный контроль скоростного режима. Камеры осуществляют фотовидеофиксацию на основных въездах и выездах города Белгорода, что позволяет в оперативном режиме управлять дорожным трафиком и снижать вероятность образования транспортных заторов (рис. 2).

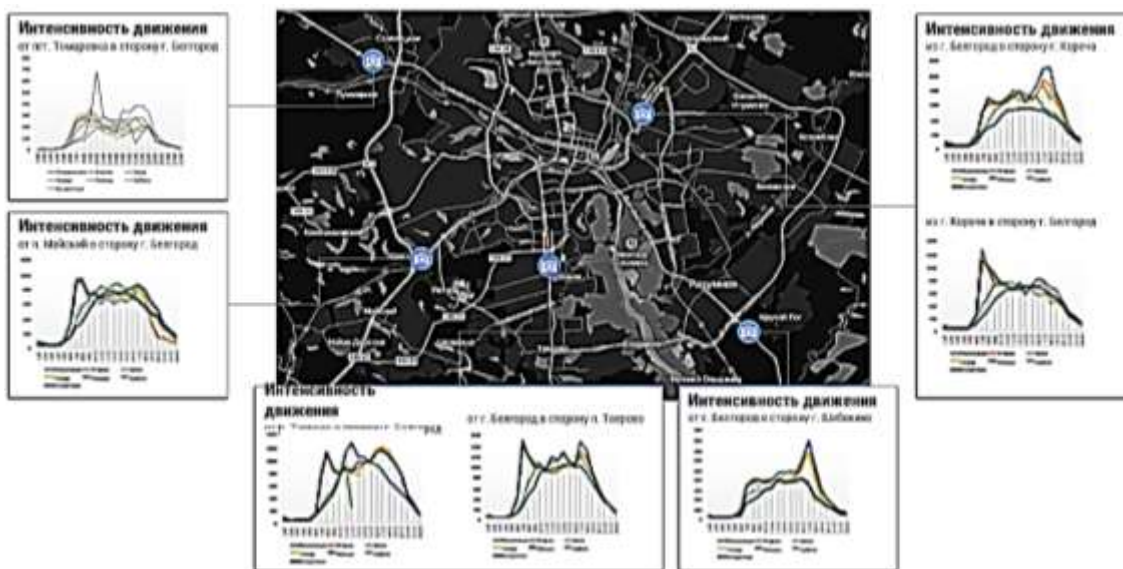


Рисунок 2 – Контроль интенсивности дорожного движения на въездах и выездах из города Белгорода

Эффективное управление региональной системой фотовидеофиксации способствует сокращению количества ДТП и смертности на дорогах за счет автоматической фиксации нарушений.

Высокий уровень покрытия дорог региона камерами фотовидеофиксации позволяет построить тепловую карту средней скорости транспортных потоков на основных магистралях (рис. 3). Интеллектуальные сервисы, анализируя полученные данные, прогнозируют повышение риска ДТП, рекомендуют оптимальный график и маршрут передвижения, оценивают общую загруженность транспортной инфраструктуры и прогнозируют износ дорожного полотна.

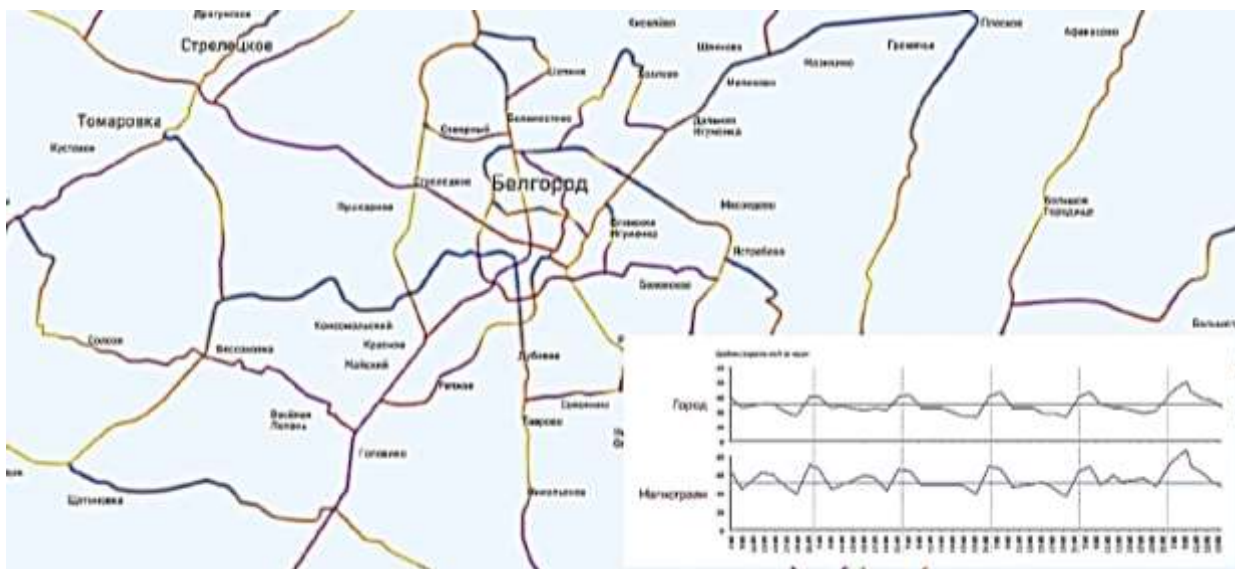


Рисунок 3 – Тепловая карта средней скорости транспортных потоков Белгородской области

Комплекс оборудования системы фотовидеофиксации является надежным источником информации о ситуации на перекрестке. Установка камер во всех направлениях движения позволяет не только фиксировать нарушения ПДД, но и анализировать транспортные потоки, фиксировать среднюю скорость, информировать о нештатных ситуациях (рис. 4).

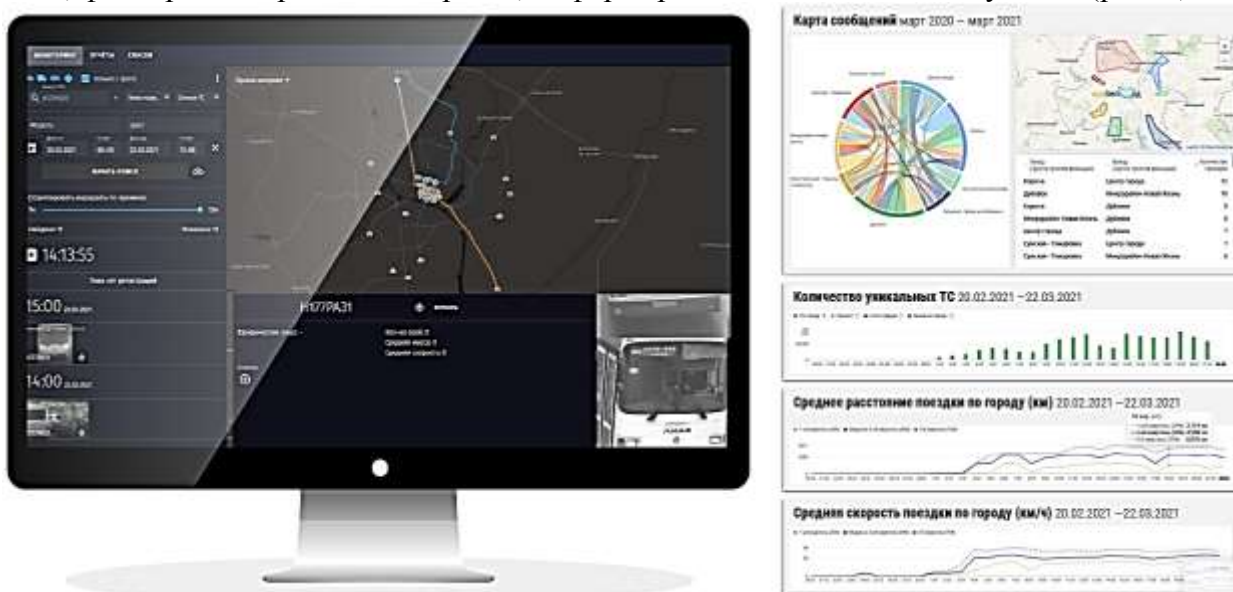


Рисунок 4 – Мониторинг перемещения транспортных средств в городе Белгороде

Данная система позволяет по распознаванию государственного регистрационного номера фиксировать точки, через которые двигалось транспортное средство, тем самым полу-

чая данные о его маршруте движения. Данный подход дает возможность в автоматизированном режиме строить карты сообщений города Белгорода и прогнозировать места образования транспортных заторов.

Каждый светофор является частью большой сети, позволяя потоку двигаться как можно эффективнее. Видеокамеры и система аналитики, построенная на базе искусственного интеллекта, оптимизируют работу светофоров в реальном времени и пропускают поток транспортных средств с минимальной задержкой (рис. 5).



Рисунок 5 – Система адаптивного управления светофорами города Белгорода

Таким образом в городе Белгороде на основе ИТС создан целый комплекс программно-аппаратных средств для интеллектуального мониторинга транспортных потоков и снижения негативных воздействий автомобильного транспорта.

Результаты и обсуждение

Применяемые технические и технологические решения в рамках реализации ИТС Белгородской городской агломерации позволили повысить показатели эффективности организации дорожного движения на ключевых участках улично-дорожной сети.

На пересечении улиц Буденного и Губкина (рис. 6) получено увеличение пропускной способности на 500 авт/ч. в следствие чего средняя скорость на данном участке выросла на 6 км/ч. При этом время прохождения улиц Буденного уменьшилось в 2 раза.

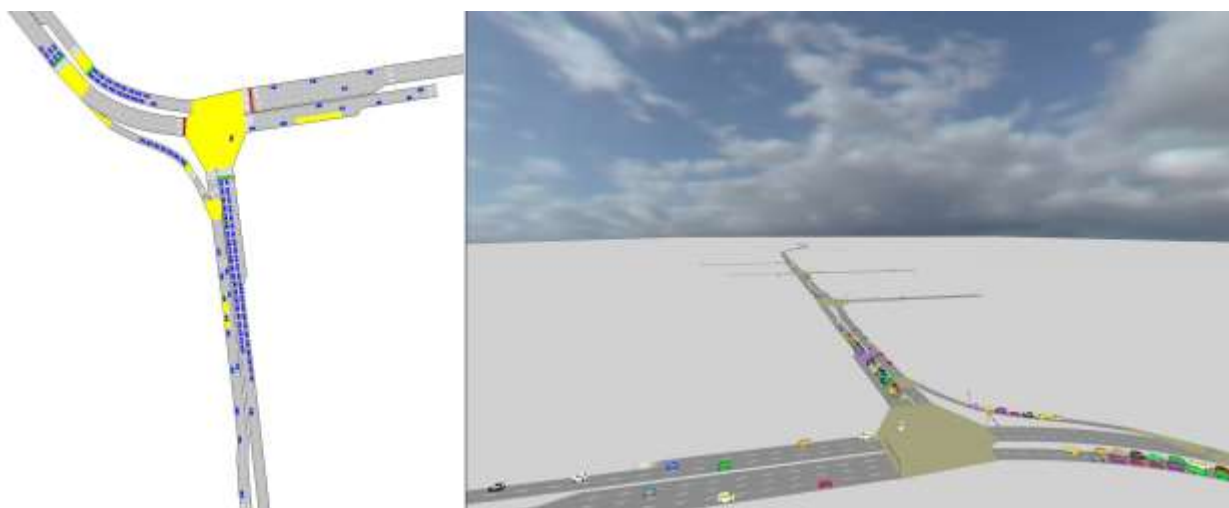


Рисунок 6 – Результат моделирования пересечения улиц Буденного и Губкина

На проспекте Ватутина реализация координированного управления светофорными объектами позволило увеличить пропускную способность на 500 авт/ч., при этом скорость движения увеличилась на 4 км/ч (рис. 7).

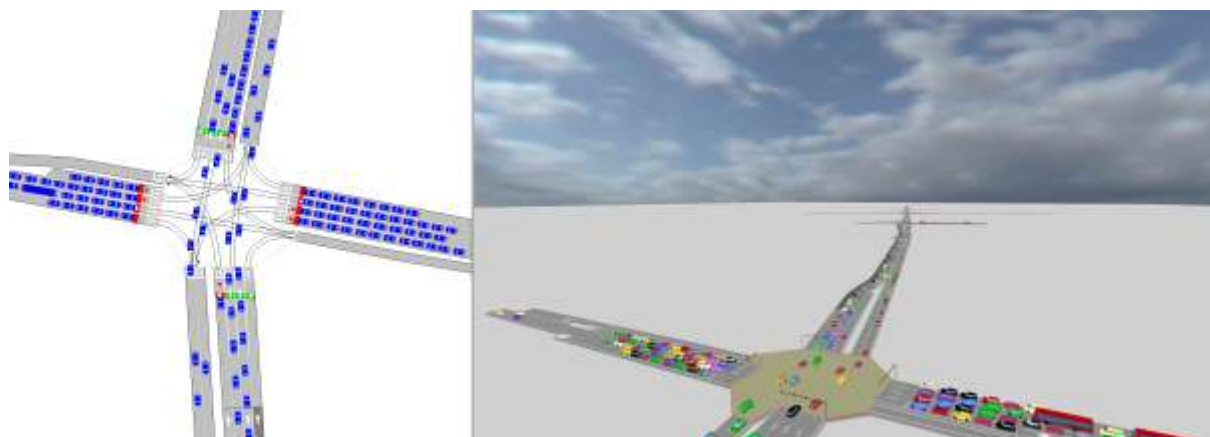


Рисунок 7 – Результат моделирования пересечения улицы Костюкова и проспекта Ватутина

Положительный эффект получен на ул. Студенческая, на которой пропускная способность увеличилась на 800 авт/ч, время в пути сократилось на 14 %, а средняя скорость увеличилась на 35 % (рис. 8).



Рисунок 8 – Результат моделирования ул. Студенческая

На пересечении проспекта Ватутина и улицы Победы пропускная способность увеличилась на 120 авт/ч, средняя скорость выросла на 5 км/ч, время в пути сократилось на 10 % (рис. 9).

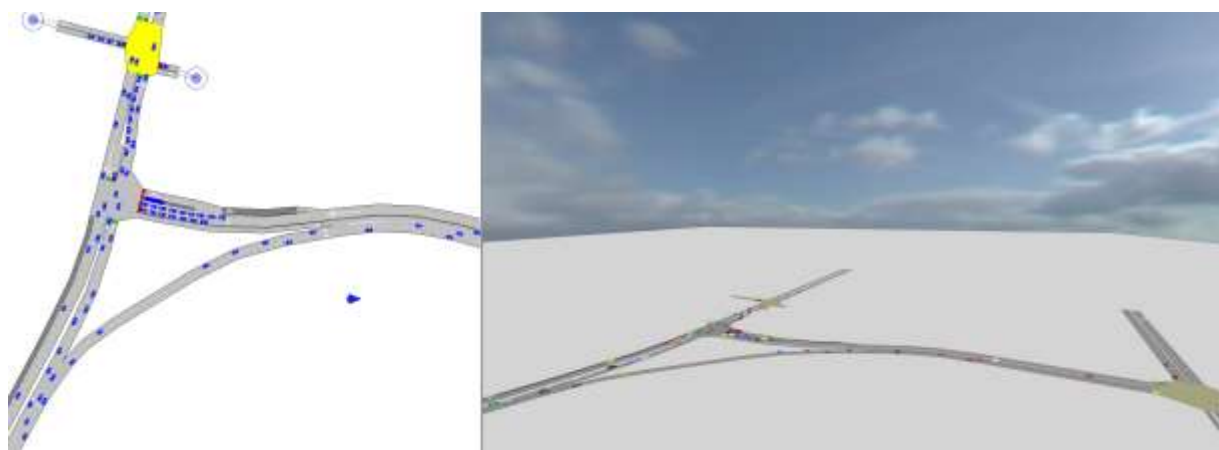


Рисунок 9 – Результат моделирования пересечения проспекта Ватутина и улицы Победы

На пересечении улиц Михайловское шоссе, Волчанская и Костюкова пропускная способность увеличилась на 105 авт./ч, средняя скорость выросла на 8 км/ч и время в пути сократилось на 13 % (рис. 10).

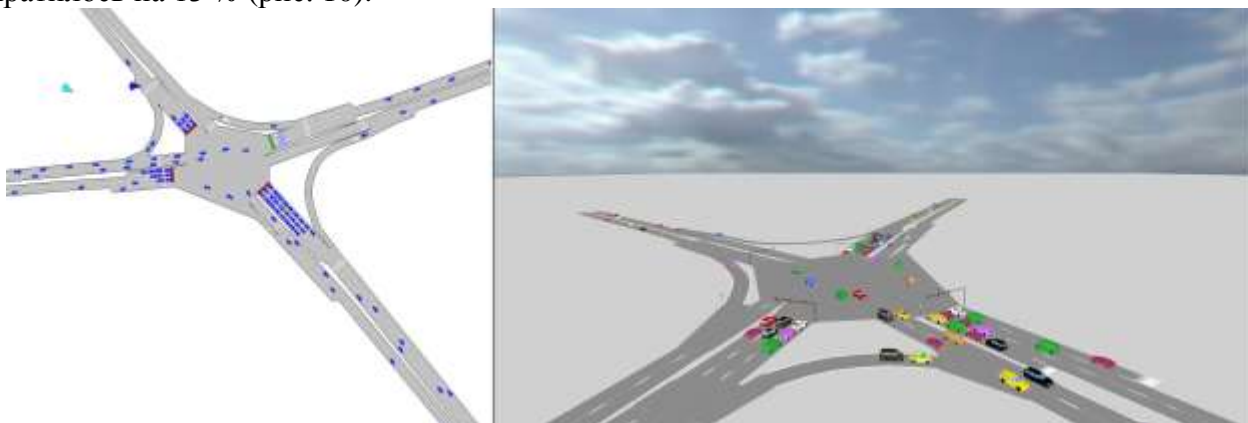


Рисунок 10 – Результат моделирования пересечения улиц Михайловское шоссе, Волчанская и Костюкова

Выводы

ИТС Белгородской городской агломерации в настоящее время обладает целым комплексом систем, позволяющих в оперативном режиме выполнять интеллектуальное управление транспортными потоками. Реализовано автоматизированное определение скоростей и интенсивностей транспортных потоков, построения маршрутов движения автомобилей по территории города Белгорода.

Внедрение данных программно-аппаратных комплексов позволило увеличить пропускную способность некоторых участков улично-дорожной сети на 800 авт./ч, достигнуть увеличения скорости сообщения на 35 % и на 13 % сократить время прохождения наиболее проблемных пересечений города Белгорода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глаголев С.Н., Новиков И.А., Кушенко Л.Е., Королева Л.А. Разработка математической модели управления движением транспортного потока // Мир транспорта и технологических машин. 2023. №1-1(80). С. 68-75. DOI 10.33979/2073-7432-2023-1(80)-1-68-75.
2. Жанказиев С.В. Научные основы и методология формирования интеллектуальных транспортных систем в автомобильно дорожных комплексах городов и регионов: Дис. ... д-ра техн. наук. Москва, 2012. 451 с.
3. Вражнова М.Н., Плетнев М.Г., Пахомова А.А. Социально-транспортное рейтингование сервисов ИТС // Мир транспорта и технологических машин. 2023. №2(81). С. 104-111. DOI 10.33979/2073-7432-2023-2(81)-104-111.
4. Сильянов В.В., Капитанов В.Т., Моница О.Ю., Чубуков А.Б. Интеллектуальные транспортные системы: история, состояние и пути развития / Под редакцией А.Н. Новикова // Информационные технологии и инновации на транспорте: Материалы 4-ой Международной научно практической конференции. Орел: Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева. 2019. С. 138-145.
5. Пугачев И.Н., Капский Д.В. Разработка планов устойчивой городской мобильности и цифровая трансформация в области организации дорожного движения, путь к дальнейшему развитию городов и страны в целом // Мир транспорта и технологических машин. 2023. №3-2(82). С. 92-99. DOI 10.33979/2073-7432-2023-3-2(82)-92-99.
6. Капский Д.В. САПР оценки решений по организации дорожного движения и развитию транспортных систем // Мир транспорта и технологических машин. 2022. №3-3(78). С. 83-91. DOI 10.33979/2073-7432-2022-3(78)-3-83-91.
7. Ли С., Зырянов В.В. Реализация интеллектуальной системы управления BRT в Г. Цзинань (КНР) // Мир транспорта и технологических машин. 2023. №3-3(82). С. 137-143. DOI 10.33979/2073-7432-2023-3-3(82)-137-143.
8. Корягин С.И., Бабкин А.В., Либерман И.В., Клячек П.М. Индустрия 5.0: создание интеллектуальных транспортных киберсоциальных экосистем // Мир транспорта и технологических машин. 2023. №3-4(82). С. 123-130. DOI 10.33979/2073-7432-2023-3-4(82)-123-130.
9. Басков В.Н., Исаева Е.И. Информационно-цифровой подход к оценке уровня безопасности дорожного движения // Мир транспорта и технологических машин. 2022. №3-2(78). С. 46-55. DOI 10.33979/2073-7432-2022-2(78)-3-46-55.

10. Власов В.М., Богумил В.Н., Жанказиев С.В., Смирнов А.Б. Применение интеллектуальных телематических систем для оперативной оценки технического состояния автотранспортных средств // Автотранспортное предприятие. 2007. №9. С. 50-53.
11. Кочерга В.Г. Основы функционирования интеллектуальных транспортных систем в организации движения и перевозок: дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.01. Москва, 2001. 345 с.
12. Федюкин Ю.В., Минаков Е.И., Агуреев И.Е. [и др.] Построение и применение модели эффективности интеллектуальной транспортной системы // Надежность и качество сложных систем. 2023. №4(44). С. 77-87. DOI 10.21685/2307-4205-2023-4-7.
13. Евтюков С.А., Лукашов Б.В. Исследование подсистемы выявления инцидентов интеллектуальной транспортной системы // Вестник гражданских инженеров. 2022. №1(90). С. 136-142.
14. Трофименко Ю.В., Григорьева Т.Ю., Шашина Е.В. Транспортная интеллектуальная система и надежность водителя // Автотранспортное предприятие. 2010. №10. С. 16-19.
15. Клачкова А.В., Кущенко Л.Е., Медведев Д.В. Элементы интеллектуальных транспортных систем, применяемые в Г. Белгороде / Отв. редактор Н.С. Захаров // Транспортные и транспортно-технологические системы: Материалы Международной научно-технической конференции. Тюмень: Тюменский индустриальный университет. 2020. С. 163-166.
16. Шевцова А.Г. Методология управления городскими транспортными потоками на основе обеспечения безопасности дорожного движения: автореф. на соиск. ученой степ. д-ра техн. наук: 2.9.5. Орел, 2022. 43 с.
17. Новиков А.Н., Еремин С.В. Планирование развития транспортной системы региона на основе системы поддержки управленческой деятельности // Мир транспорта и технологических машин. 2020. №4(71). С. 111-117. DOI 10.33979/2073-7432-2020-71-4-111-117.
18. Сафиуллин Р.Н., Хаотьян Т., Сафиуллин Р.Р. Результаты исследований по внедрению интеллектуальных технологий ICV в транспортную систему городской агломераций // Техничко-технологические проблемы сервиса. 2023. №2(64). С. 78-86.
19. Жигадло А.П., Парсаев Е.В., Тетерина И.А. Мониторинг дорожного движения на этапе планирования интеллектуальной транспортной системы (на примере Омска) // Грузовик. 2023. №9. С. 45-50. DOI 10.36652/1684-1298-2023-9-45-50.
20. Мирошников Е.В., Локтионова А.Г. Интеллектуальные транспортные системы Белгородской области // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 170-летию со дня рождения В.Г. Шухова: Сборник докладов. Часть 9. Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2023. С. 230-234.

Новиков Александр Николаевич

Орловский государственный университет
имени И.С.Тургенева
Адрес: 302026, Россия, г. Орел, ул. Московская, д. 77
Д.т.н., профессор, зав. кафедрой сервиса и ремонта
машин
E-mail: srmostu@mail.ru

Мирошников Евгений Владимирович

Правительство Белгородской области
Адрес: 308005, Россия, г. Белгород,
Соборная пл., 4
К.т.н., Первый заместитель Губернатора Белгородской области – министр цифрового развития Белгородской области
E-mail: emiroshnikov@belregion.ru

A.N. NOVIKOV, E.V. MIROSHNIKOV

**PRACTICAL IMPLEMENTATION OF THE PRINCIPLES
OF INTELLIGENT TRAFFIC MANAGEMENT IN THE CITY
OF BELGOROD**

***Abstract.** Within the framework of the presented research, the issues of the fundamental principles of the implementation of intelligent traffic management are considered. Innovative mechanisms for monitoring traffic speeds and traffic intensity, tracking car routes implemented within the framework of the intelligent transport system of the Belgorod urban agglomeration are presented. The positive effect of the implementation of these software and hardware complexes on key sections of the road network is calculated.*

***Keywords:** traffic flow, intelligent transport system, intensity, throughput, speed*

BIBLIOGRAPHY

1. Glagolev S.N., Novikov I.A., Kushchenko L.E., Koroleva L.A. Razrabotka matematicheskoy modeli upravleniya dvizheniem transportnogo potoka // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2023. №1-1(80). S. 68-75. DOI 10.33979/2073-7432-2023-1(80)-1-68-75.
2. Zhankaziev S.V. Nauchnye osnovy i metodologiya formirovaniya intellektual'nykh transportnykh sistem v avtomobil'no dorozhnykh kompleksakh gorodov i regionov: Dis. ... d-ra tekhn. nauk. Moskva, 2012. 451 s.
3. Vrazhnova M.N., Pletnev M.G., Pakhomova A.A. Sotsial'no-transportnoe reytingovanie servisov ITS // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2023. №2(81). S. 104-111. DOI 10.33979/2073-7432-2023-2(81)-104-111.
4. Sil'yanov V.V., Kapitanov V.T., Monina O.Yu., Chubukov A.B. Intellektual'nye transportnye sistemy: istoriya, sostoyanie i puti razvitiya / Pod redaktsiyey A.N. Novikova // Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte: Materialy 4-oy Mezhdunarodnoy nauchno prakticheskoy konferentsii. Orel: Orlovskiy gosudarstvennyy universitet imeni I.S. Turgeneva. 2019. S. 138-145.
5. Pugachev I.N., Kapskiy D.V. Razrabotka planov ustoychivoy gorodskoy mobil'nosti i tsifrovaya transformatsiya v oblasti organizatsii dorozhnogo dvizheniya, put' k dal'neyshemu razvitiyu gorodov i strany v telom // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2023. №3-2(82). S. 92-99. DOI 10.33979/2073-7432-2023-3-2(82)-92-99.
6. Kapskiy D.V. SAPR otsenki resheniy po organizatsii dorozhnogo dvizheniya i razvitiyu transportnykh sistem // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2022. №3-3(78). S. 83-91. DOI 10.33979/2073-7432-2022-3(78)-3-83-91.
7. Li S., Zyryanov V.V. Realizatsiya intellektual'noy sistemy upravleniya BRT v G. TSzinan` (KNR) // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2023. №3-3(82). S. 137-143. DOI 10.33979/2073-7432-2023-3-3(82)-137-143.
8. Koryagin S.I., Babkin A.V., Liberman I.V., Klachek P.M. Industriya 5.0: sozдание intellektual'nykh transportnykh kibersotsial'nykh ekosistem // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2023. №3-4(82). S. 123-130. DOI 10.33979/2073-7432-2023-3-4(82)-123-130.
9. Baskov V.N., Isaeva E.I. Informatsionno-tsifrovoy podkhod k otsenke urovnya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2022. №3-2(78). S. 46-55. DOI 10.33979/2073-7432-2022-2(78)-3-46-55.
10. Vlasov V.M., Bogumil V.N., Zhankaziev S.V., Smirnov A.B. Primenenie intellektual'nykh telematicheskikh sistem dlya operativnoy otsenki tekhnicheskogo sostoyaniya avtotransportnykh sredstv // Avtotransportnoe predpriyatie. 2007. №9. S. 50-53.
11. Kocherga V.G. Osnovy funktsionirovaniya intellektual'nykh transportnykh sistem v organizatsii dvizheniya i perevozok: dis. ... d-ra tekhn. nauk: 05.22.01. Moskva, 2001. 345 s.
12. Fedyukin Yu.V., Minakov E.I., Agureev I.E. [i dr.] Postroenie i primenenie modeli effektivnosti intellektual'noy transportnoy sistemy // Nadezhnost' i kachestvo slozhnykh sistem. 2023. №4(44). S. 77-87. DOI 10.21685/2307-4205-2023-4-7.
13. Evtyukov S.A., Lukashov B.V. Issledovanie podsistemy vyyavleniya intsidentov intellektual'noy transportnoy sistemy // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. 2022. №1(90). S. 136-142.
14. Trofimenko Yu.V., Grigor'eva T.YU., Shashina E.V. Transportnaya intellektual'naya sistema i nadezhnost' voditelya // Avtotransportnoe predpriyatie. 2010. №10. S. 16-19.
15. Klachkova A.V., Kushchenko L.E., Medvedev D.V. Elementy intellektual'nykh transportnykh sistem, primenyaemye v G. Belgorode / Otv. redaktor N.S. Zakharov // Transportnye i transportno-tekhnologicheskie sistemy: Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. Tyumen': Tyumenskiy industrial'nyy universitet. 2020. S. 163-166.
16. Shevtsova A.G. Metodologiya upravleniya gorodskimi transportnymi potokami na osnove obespecheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya: avtoref. na soisk. uchenoy step. d-ra tekhn. nauk: 2.9.5. Orel, 2022. 43 s.
17. Novikov A.N., Eremin S.V. Planirovanie razvitiya transportnoy sistemy regiona na osnove sistemy podderzhki upravlencheskoy deyatel'nosti // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2020. №4(71). S. 111-117. DOI 10.33979/2073-7432-2020-71-4-111-117.
18. Safiullin R.N., Haotyan` T., Safiullin R.R. Rezul'taty issledovaniy po vnedreniyu intellektual'nykh tekhnologiy ICV v transportnuyu sistemu gorodskoy aglomeratsiy // Tekhniko-tekhnologicheskie problemy servisa. 2023. №2(64). S. 78-86.
19. ZHigadlo A.P., Parsaev E.V., Teterina I.A. Monitoring dorozhnogo dvizheniya na etape planirovaniya intellektual'noy transportnoy sistemy (na primere Omska) // Gruzovik. 2023. №9. S. 45-50. DOI 10.36652/1684-1298-2023-9-45-50.
20. Miroshnikov E.V., Loktionova A.G. Intellektual'nye transportnye sistemy Belgorodskoy oblasti // Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya molodykh uchenykh BGTU im. V.G. Shukhova, posvyashchennaya 170-letiyu so dnya rozhdeniya V.G. Shukhova: Sbornik dokladov. Chast' 9. Belgorod: Belgorodskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskii universitet im. V.G. Shukhova. 2023. S. 230-234.

Novikov Alexander Nikolaevich

Orel State University
Address: 302026, Russia, Orel, Moscovskaya str., 77
Doctor of technical sciences
E-mail: srmostu@mail.ru

Miroshnikov Evgeny Vladimirovich

The Government of the Belgorod region
Address: Belgorod, 308005, Russia, Sobornaya pl., 4
Candidate of technical sciences
E-mail: emiroshnikov@belregion.ru

Научная статья

УДК 656

doi:10.33979/2073-7432-2024-1-3(84)-119-123

Г.Л. БРОДЕЦКИЙ, Д.А. ГУСЕВ

ЭФФЕКТИВНЫЕ ПРОЦЕДУРЫ ФИЛЬТРАЦИИ АЛЬТЕРНАТИВ ТРАНСПОРТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОСТАВОК НА ОСНОВЕ СПЕЦИАЛЬНОГО МИНОРИТАРНОГО ПОДХОДА

Аннотация. В докладе представлен специальный подход к формализации процедур фильтрации альтернатив в моделях транспортного обеспечения поставок. Процедуры фильтрации разработаны на основе бинарных отношений, причем из рассмотрения удаляются только те альтернативы, которые соответствуют минорантам в соответствующем отношении строгого порядка. Это позволит существенно сокращать число рассматриваемых альтернатив, чтобы можно было реализовать процесс выбора в реальном времени. Численные иллюстрации даны в формате следующих обобщенных критериев выбора: скалярного, среднего геометрического, идеальной точки.

Ключевые слова: транспортное обеспечение поставок; многокритериальный выбор; фильтрация альтернатив

Введение

При транспортном обеспечении поставок часто проблематичным является нахождение приемлемого баланса различных интересов участников процесса доставки грузов. Поиск наилучшего решения и отбор альтернатив может быть затруднен из-за множества различных ограничений и показателей, которые часто могут быть конкурирующими по отношению друг к другу, а также предполагать большое количество анализируемых альтернатив. Таким образом, в формате таких задач повышается актуальность совершенствования методов выбора наилучшего решения по многим критериям. При этом одним из аспектов указанных проблем будет необходимость существенного сокращения числа анализируемых альтернатив.

Материал и методы многокритериального выбора

Для принятия многокритериальных решений в мировой практике, в целом, принято использовать методологию MCDM (*multiple criteria decision making*) [18]. При этом в случае многокритериальных задач на дискретном множестве решений принято использовать методы из особого подраздела MCDM, называемого MADM (*multi-attribute decision making*) [19]. В таких ситуациях существенную помощь могут оказать формализованные процедуры исключения неэффективных альтернатив, что сделает процедуры такого выбора более доступными и требующими меньших временных затрат.

При этом многие современные методы многокритериального выбора, учитывающие предпочтения лиц, принимающих решения, имеют ограничения по количеству анализируемых альтернатив. В частности, в формате метода аналитической иерархии [3, 4, 10, 11, 13, 16-18] при избыточно большом количестве альтернатив и больших размерностях матриц попарных сравнений решения могут оказаться формально несогласованными (это значит, что нельзя будет использовать такой подход к оптимизации). Как видим, возникает необходимость в новых подходах к формализации процедур фильтрации альтернатив, позволяющих сохранить эффективность принимаемых решений.

Теория

В [5] были представлены процедуры эффективной фильтрации альтернатив, основанные на мажоритарном подходе, когда в рассмотрении остаются мажоранты (подход основан на теории бинарных отношений [1]), то есть те альтернативы, которые являются лучшими хотя бы по одному частному критерию. Для расширения арсенала доступных методов фильтрации могут быть востребованы и иные подходы к формализации тех, альтернатив, которых потребуется удалить из рассмотрения.

© Г.Л. Бродецкий, Д.А. Гусев, 2024

Представим далее удобный порядок действий специального миноритарного подхода к фильтрации альтернатив. В частности, фильтрацию не пройдут только те альтернатив, которые будут минорантами, причем хотя бы по одному из рассматриваемых частных критериев в формате задачи многокритериальной оптимизации. Миноритарный подход предусматривает реализацию следующих процедур.

1. Определение координат *антиутопической точки* (АУТ) с наихудшими значениями по каждому частному критерию.
2. Нахождение альтернатив, для которых хотя бы по одному частному критерию окажется, что соответствующий показатель совпадает с координатой АУТ.
3. Специальная фильтрация альтернатив (называемая миноритарной), когда найденные на предыдущем шаге альтернативы являются минорантами, и как раз они удаляются из рассмотрения для дальнейших процедур анализа и выбора наилучшего решения (остальные альтернативы остаются, то есть проходят фильтрацию).

Иными словами, после реализации указанных процедур миноритарной фильтрации удаляются только те альтернативы, которые являются худшими хотя бы по одному частному критерию.

Иллюстрация процедур миноритарной фильтрации и выбор наилучшей альтернативы. Рассмотрим задачу многокритериального выбора поставщика транспортных услуг, представленную ранее в [5], когда анализируются 15 альтернатив по следующим пяти частным критериям, подлежащим минимизации:

- C_1 – стоимость транспортных услуг, у.е.;
- C_2 – горизонт заказа автомобиля, час;
- C_3 – доля парка автомобилей, не удовлетворяющих специальным требованиям, %;
- C_4 – доля предоставления услуг с дорожных инцидентами, %;
- C_5 – доля подачи автомобилей не в срок, %.

Отметим, что в общем случае число частных критериев может быть весьма велико и включать необходимые показатели социальной и экологической эффективности оказания транспортных услуг с учетом требований города и менеджмента транспортных компаний. В связи с ограниченным объемом доклада ограничимся здесь указанными пятью частными критериями. Показатели альтернатив представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходных данные и отмеченные альтернативы-миноранты

Альтернативы	Показатели частных критериев, единицы измерения и направления оптимизации				
	C_1 (у.е.) → <i>min</i>	C_2 (час) → <i>min</i>	C_3 (%) → <i>min</i>	C_4 (%) → <i>min</i>	C_5 (%) → <i>min</i>
A₁	7400	24	48	17	1
A ₂	8100	12	24	11	1
A ₃	8600	12	44	1	7
A ₄	8000	12	42	15	7
A₅	8300	24	50	19	3
A₆	7800	4	50	6	7
A ₇	7800	4	42	18	6
A₈	8900	4	43	8	7
A ₉	7900	12	35	17	5
A ₁₀	7700	12	49	18	8
A₁₁	7800	24	32	3	6
A₁₂	7500	12	50	10	1
A₁₃	7900	24	47	3	10
A ₁₄	7100	12	27	11	5
A ₁₅	7200	4	40	11	5
АУТ	8900	24	50	19	10

Теперь отметим те альтернативы, для которых значения частных критериев совпадают (хотя бы по одному частному критерию) с координатами АУТ (они выделены в табл. 1): A₁, A₅, A₆, A₈, A₁₁, A₁₂, A₁₃. Они являются минорантами и подлежат удалению из рассмотрения. Таким образом, после фильтрации остаются следующие альтернативы: A₂, A₃, A₄, A₇, A₉, A₁₀, A₁₄, A₁₅. Их показатели сведены в таблице 2.

Таблица 2 – Альтернативы после процедур миноритарной фильтрации

Альтернативы	Показатели частных критериев				
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
A ₂	8100	12	24	11	1
A ₃	8600	12	44	1	7
A ₄	8000	12	42	15	7
A ₇	7800	4	42	18	6
A ₉	7900	12	35	17	5
A ₁₀	7700	12	49	18	8
A ₁₄	7100	12	27	11	5
A ₁₅	7200	4	40	11	5

Как известно [3, 4], в задачах многокритериальной оптимизации, прежде всего, следует удалить из рассмотрения альтернативы, которые окажутся не оптимальными по Парето. В данном случае после попарных сравнений альтернатив установлено, что альтернатива A₇ не является оптимальной по Парето, так как по всем показателям частных критериев она хуже, чем альтернатива A₁₅. Аналогично, альтернативы A₄, A₉ и A₁₀ по всем показателям хуже альтернативы A₁₄, что означает, что она тоже не оптимальна по Парето.

Как видим, для дальнейшего анализа после процедур мажоритарной фильтрации и после проверки на оптимальность по Парето остается уже только 4 альтернативы. Теперь требуется рассмотреть задачу в следующем формате, как указано в таблице 3.

Таблица 3 – Переход к обобщенным данным и решение задачи на основе различных критериев выбора

Альтернативы	Показатели частных критериев					Обобщенные показатели частных критериев					Показатели критерия выбора		
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	Скалярный	Ср. Геометр.	ИТ
A ₂	8100	12	24	11	1	1,14	3,00	1,00	11,00	1,00	17,14	2,07	10,20
A ₃	8600	12	44	1	7	1,21	3,00	1,85	1,00	7,00	14,06	2,16	6,39
A ₁₄	7100	12	27	11	5	1,00	3,00	1,16	11,15	5,00	21,16	2,86	10,96
A ₁₅	7200	4	40	11	5	1,01	1,00	1,67	11,15	5,00	19,68	2,48	10,79
УТ	7100	4	24	1	1	1	1	1	1	1			

При этом потребуется реализовать переход к обобщенным данным. Для этого следует найти координаты *утопической точки* (УТ), имеющей наилучшие значения по всем частным критериям. Затем нужно разделить показатели каждого частного критерия на соответствующую координату УТ, что даст новые безразмерные данные (они обозначены K₁-K₅ в таблице 3), по отношению к которым и будут далее применены процедуры реализуемых критериев выбора. Легко видеть, что интересующие нас координаты УТ составят (7100; 4; 24; 1; 1).

Таким образом, в таблице 3 реализован переход к обобщенным данным и найдены результаты по трем критериям выбора [3, 4]:

- скалярного, процедуры которого предусматривают нахождение суммы показателей частных критериев каждой альтернативы;
- среднего геометрического;
- идеальной точки, когда находят расстояние от каждой точки до УТ, причем как квадратный корень из суммы квадратов разностей соответствующих координат альтернативы и УТ.

Результаты и обсуждение

В результате выбора (для задачи минимизации всех частных критериев это будут альтернативы с наименьшими показателями соответствующих критериев выбора) по скалярному критерию и по ИТ наилучшей становится альтернатива A₃, а по критерию среднего геометрического наилучшей нужно признать альтернативы A₂. Подчеркнем, что полученный результат выбора оказался таким же, как и формате специальных процедур мажоритарной фильтрации [5]. Другими словами, найденные лучшие решения на основе мажоритарной фильтрации не утрачены в формате рассмотренных здесь процедур миноритарной фильтрации.

Как видно из таблицы 4, лучшие альтернативы совпадают и при мажоритарной фильтрации и при миноритарной фильтрации. Другими словами, миноритарный подход к фильтрации также, как и мажоритарный, может быть использован для формирования рейтинга поставщиков транспортных услуг.

Таблица 4 – Сравнение ранжирования альтернатив после мажоритарной и миноритарной фильтрации

Критерии выбора	Ранжирования альтернатив	
	Миноритарная фильтрация	Мажоритарная фильтрация [5]
Скалярный	A ₃ , A ₂ , A ₁₅ , A ₁₄	A ₃ , A ₂ , A ₆ , A ₈ , A ₁₅ , A ₁₄ , A ₁
Среднего геометрического	A ₂ , A ₃ , A ₁₅ , A ₁₄	A ₂ , A ₃ , A ₆ , A ₁₅ , A ₈ , A ₁₄ , A ₁
Идеальной точки	A ₃ , A ₂ , A ₁₅ , A ₁₄	A ₃ , A ₆ , A ₈ , A ₂ , A ₁₅ , A ₁₄ , A ₁

Выводы

В докладе предложены процедуры миноритарной фильтрации альтернатив для задач многокритериальной оптимизации при транспортном обеспечении поставок. Специальный миноритарный подход к фильтрации обеспечивает удаление из рассмотрения именно тех альтернатив, которые являются худшими хотя бы по одному частному критерию. Представленные в докладе числовые иллюстрации показали, что выбор наилучших альтернатив могут оказать такими же, как при реализации мажоритарного подхода к фильтрации. Предложенные процедуры позволяют сокращать число рассматриваемых альтернатив, делая возможным процесс реализации требуемых процедур в реальном времени. Предлагаемые процедуры миноритарной фильтрации, как уже отмечалось, могут быть использованы для формирования рейтинга поставщиков транспортных услуг. Они могут быть востребованы муниципальными и региональными органами управления при решении задач транспортного планирования и горизонтальной кооперации [2, 11, 14, 15, 20], а также субъектами бизнеса для рациональной организации доставки грузов на «последней миле» [6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алескеров Ф.Т., Хабина Э.Л., Шварц Д.А. Бинарные отношения, графы и коллективные решения. М.: Физматлит, 2017. 400 с.
2. Бродецкий Г.Л., Герами В.Д., Гусев Д.А. Специальные аспекты проблемы оптимизации выбора контрагента по многим критериям для горизонтальной кооперации // Финансовая жизнь. 2021. №2. С. 116-122.
3. Бродецкий Г.Л., Мазунина О.А., Гусев Д.А. Системный анализ в логистике. Выбор при многих критериях. М.: Издательский центр «Академия», 2018. 224 с.
4. Бродецкий Г.Л., Гусев Д.А., Шидловский И.Г. Оптимизация решений по многим критериям в исследованиях логистики. М.: ИНФРА-М, 2020. 284 с.
5. Бродецкий Г.Л., Гусев Д.А. Процедуры эффективной фильтрации при многокритериальном выборе поставщика транспортных услуг // Информационные технологии и инновации на транспорте: материалы VIII Международной научно-практической конференции. Орёл: ОГУ им. И.С. Тургенева. 2022. С. 118-124.
6. Герами В.Д., Колик А.В. Управление транспортными системами. Транспортное обеспечение логистики. М.: Юрайт, 2020. 533 с.
7. Гусев Д.А. Возможности фильтрации альтернатив на основе бинарных отношений при выборе контрагента по многим критериям для горизонтальной кооперации // Финансовая жизнь. 2020. №3. С. 109-112.
8. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. М.: Университетская лавка, Логос, 2008. 392 с.
9. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях. М.: ЛКИ, 2008. 360 с.
10. Aizerman M., Aleskerov F. Theory of Choice. Amsterdam: Elsevier, 1995.
11. Cruijssen F. Horizontal cooperation in transport and logistics. CentER, Center for Economic Research, 2006.
12. Ho W., Xin M. The state-of-the-art integrations and applications of the analytic hierarchy process // European Journal of Operational Research. 2018. Vol. 267(2). P. 399-414.
13. Khan S.A., Chaabane A., Dweiri F.T. Multi-Criteria Decision-Making Methods Application in Supply Chain Management: A Systematic Literature Review // Salomon, V.A.P. Multi-Criteria Methods and Techniques Applied to Supply Chain Management – IntechOpen. 2018. P. 3-31.
14. Kuo S.-Y., Chang K.-W., Chen S.-C. Decision-making on Transport Policy: A Comparison between Scholars and Stakeholders // Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies. 2013. Vol. 10.
15. Raue J.S., Wieland A. The interplay of different types of governance in horizontal cooperations // The International Journal of Logistics Management. 2015. Vol. 26. №2. P. 401-423.
16. Saaty T.L. The Analytic Hierarchy Process. New York: McGraw-Hill, 1980.
17. Saaty T.L. Decision Making with Dependence and Feedback. The Analytic Network Process. Pittsburgh: RWS Publications, 1996.
18. Sotoudeh-Anvari A. The applications of MCDM methods in COVID-19 pandemic: A state of the art review // Applied soft computing 2022. №126. P. 109238
19. Tzeng G.-H., Huang J.-J. Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications. CRC Press, 2011.
20. Verstrepen S.A., Cools M., Cruijssen F., Dullaert W. Dynamic framework for managing horizontal cooperation in logistics // International Journal of Logistics Systems and Management (IJLSM). 2009. Vol. 5. №3/4.

Бродецкий Геннадий Леонидович

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

Адрес: 101000, Россия, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20

Д.т.н., ординарный профессор департамента операционного менеджмента и логистики

E-mail: bgl@mclog.ru

Гусев Денис Александрович

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

Адрес: 101000, Россия, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20

К.э.н., доцент департамента операционного менеджмента и логистики

E-mail: gussev79@mail.ru

G.L. BRODETSKIY, D.A.GUSEV

EFFECTIVE PROCEDURES FOR FILTERING ALTERNATIVES FOR SUPPLY TRANSPORTATION BASED ON A SPECIAL MINORITY APPROACH

Abstract. *The report presents a special approach to the formalization of procedures for filtering alternatives in the models of transport provision of supplies. Filtering procedures are developed on the basis of binary relations, and only those alternatives that correspond to minorants in the corresponding strict order relation are removed from consideration. This will significantly reduce the number of alternatives considered so that the selection process can be implemented in real time. Numerical illustrations are given in the format of the following generalized selection criteria: scalar, geometric mean, ideal point.*

Keywords: *transport support of deliveries, multi-criteria choice, filtering alternatives*

BIBLIOGRAPHY

1. Aleskerov F.T., Habina E.L., SHvarts D.A. Binarnye otnosheniya, grafy i kollektivnye resheniya. M.: Fizmatlit, 2017. 400 s.
2. Brodetskiy G.L., Gerami V.D., Gusev D.A. Spetsial'nye aspekty problemy optimizatsii vybora kontragenta po mnogim kriteriyam dlya gorizontal'noy kooperatsii // Finansovaya zhizn'. 2021. №2. S. 116-122.
3. Brodetskiy G.L., Mazunina O.A., Gusev D.A. Sistemnyy analiz v logistike. Vybory pri mnogikh kriteriyakh. M.: Izdatel'skiy tsentr «Akademiya», 2018. 224 s.
4. Brodetskiy G.L., Gusev D.A., Shidlovskiy I.G. Optimizatsiya resheniy po mnogim kriteriyam v issledovaniyakh logistiki. M.: INFRA-M, 2020. 284 s.
5. Brodetskiy G.L., Gusev D.A. Protseydury effektivnoy fil'tratsii pri mnogokriterial'nom vybore postavshchika transportnykh uslug // Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte: materialy VIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Oriol: OGU im. I.S. Turgeneva. 2022. S. 118-124.
6. Gerami V.D., Kolik A.V. Upravlenie transportnymi sistemami. Transportnoe obespechenie logistiki. M.: YUrayt, 2020. 533 s.
7. Gusev D.A. Vozmozhnosti fil'tratsii al'ternativ na osnove binarnykh otnosheniy pri vybore kontragenta po mnogim kriteriyam dlya gorizontal'noy kooperatsii // Finansovaya zhizn'. 2020. №3. S. 109-112.
8. Larichev O.I. Teoriya i metody prinyatiya resheniy. M.: Universitetskaya lavka, Logos, 2008. 392 s.
9. Saati T.L. Prinyatie resheniy pri zavisimostyakh i obratnykh svyazyakh. M.: LKI, 2008. 360 s.
10. Aizerman M., Aleskerov F. Theory of Choice. Amsterdam: Elsevier, 1995.
11. Cruijssen F. Horizontal cooperation in transport and logistics. CentER, Center for Economic Research, 2006.
12. Ho W., Xin M. The state-of-the-art integrations and applications of the analytic hierarchy process // European Journal of Operational Research. 2018. Vol. 267(2). P. 399-414.
13. Khan S.A., Chaabane A., Dweiri F.T. Multi-Criteria Decision-Making Methods Application in Supply Chain Management: A Systematic Literature Review // Salomon, V.A.P. Multi-Criteria Methods and Techniques Applied to Supply Chain Management - IntechOpen. 2018. P. 3-31.
14. Kuo S.-Y., Chang K.-W., Chen S.-C. Decision-making on Transport Policy: A Comparison between Scholars and Stakeholders // Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies. 2013. Vol. 10.
15. Raue J.S., Wieland A. The interplay of different types of governance in horizontal cooperations // The International Journal of Logistics Management. 2015. Vol. 26. №2. P. 401-423.
16. Saaty T.L. The Analytic Hierarchy Process. New York: McGraw-Hill, 1980.
17. Saaty T.L. Decision Making with Dependence and Feedback. The Analytic Network Process. Pittsburgh: RWS Publications, 1996.
18. Sotoudeh-Anvari A. The applications of MCDM methods in COVID-19 pandemic: A state of the art review // Applied soft computing 2022. №126. R. 109238
19. Tzeng G.-H., Huang J.-J. Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications. CRC Press, 2011.
20. Verstrepen S.A., Cools M., Cruijssen F., Dullaert W. Dynamic framework for managing horizontal cooperation in logistics // International Journal of Logistics Systems and Management (IJLSM). 2009. Vol. 5. №3/4.

Brodetskiy Gennadiy Leonidovich

National Research University Higher School of Economics

Address: 101000, Russia, Moscow, st. Myasnitskaya, 20

Doctor of technical sciences

E-mail: gbrodetskiy@hse.ru

Gusev Denis Alexandrovich

National Research University Higher School of Economics

Address: 101000, Russia, Moscow, st. Myasnitskaya, 20

Candidate of economic sciences

E-mail: gussev79@mail.ru

Уважаемые авторы!
Просим Вас ознакомиться с требованиями
к оформлению научных статей.

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

- Представляемый материал должен быть оригинальным (оригинальность не менее 70%), не опубликованным ранее в других печатных изданиях.
- объем материала, предлагаемого к публикации, измеряется страницами текста на листах формата А4 и содержит от 4 до 9 страниц; все страницы рукописи должны иметь сплошную нумерацию;
- статья предоставляется в электронном виде (по электронной почте или на любом электронном носителе);
- в одном номере может быть опубликована только одна статья одного автора, включая соавторство;
- если статья возвращается автору на доработку, исправленный вариант следует прислать в редакцию повторно, приложив письмо с ответами на замечания. Доработанный вариант статьи рецензируется и рассматривается редакционной коллегией вновь. Датой представления материала считается дата поступления в редакцию окончательного варианта исправленной статьи;
- аннотации всех публикуемых материалов, ключевые слова, информация об авторах, списки литературы будут находиться в свободном доступе на сайте соответствующего журнала и на сайте Российской научной электронной библиотеки - РУНЭБ (Российский индекс научного цитирования).

ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

Научная статья, предоставляемая в журнал, должна иметь следующие **обязательные элементы**:

Введение

Укажите цели работы и предоставьте достаточный накопленный опыт, избегая подробного обзора литературы или обобщенных результатов.

Материал и методы

Предоставьте достаточно подробных сведений, чтобы можно было воспроизвести работу независимым исследователем. Методы, которые уже опубликованы, должны быть обобщены и указаны ссылкой. Если вы цитируете непосредственно из ранее опубликованного метода, используйте кавычки и также ссылаетесь на источник. Любые изменения существующих методов также должны быть описаны.

Теория / расчет

Раздел «Теория» должен продлить, а не повторять предысторию статьи, уже рассмотренную во введении, и заложить основу для дальнейшей работы. Напротив, раздел «Расчет» представляет собой практическое развитие с теоретической основы.

Результаты

Результаты должны быть четкими и краткими.

Обсуждение

Здесь необходимо рассмотреть значимость результатов работы, а не повторять их. Часто целесообразен комбинированный раздел «Результаты и обсуждение». Избегайте подробных цитат и обсуждений опубликованной литературы.

Выводы

Основные выводы исследования могут быть представлены в кратком разделе «Выводы», который может стоять отдельно или составлять подраздел раздела «Обсуждение» или «Результаты и обсуждение».

В тексте статьи **не рекомендуется**:

- применять обороты разговорной речи, техницизмы, профессионализмы;
 - применять для одного и того же понятия различные научно-технические термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке;
 - применять произвольные словообразования;
 - применять сокращения слов, кроме установленных правилами русской орфографии, соответствующими стандартами;
- Сокращения и аббревиатуры должны расшифровываться по месту первого упоминания (вхождения) в тексте статьи.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

Статья должна быть набрана шрифтом Times New Roman, размер 12 pt с одинарным интервалом, текст выравнивается по ширине; абзацный отступ - 1,25 см, правое поле - 2 см, левое поле - 2 см, поля внизу и сверху - 2 см.

Обязательные элементы:

- **заглавие** (на русском и английском языке) публикуемого материала - должно быть точным и ёмким; слова, входящие в заглавие, должны быть ясными сами по себе, а не только в контексте; следует избегать сложных синтаксических конструкций, новых словообразований и терминов, а также слов узкопрофессионального и местного значения;

- **аннотация** (на русском и английском языке) - описывает цели и задачи проведенного исследования, а также возможности его практического применения, указывает, что нового несет в себе материал; рекомендуемый средний объем - 500 печатных знаков;

- **ключевые слова** (на русском и английском языке) - это текстовые метки, по которым можно найти статью при поиске и определить предметную область текста; обычно их выбирают из текста публикуемого материала, достаточно 5-10 ключевых слов;

- **список литературы** должен содержать не менее 20-ти источников. В списке литературы количество источников, принадлежащих любому автору не должно превышать 30% от общего количества.

ПОСТРОЕНИЕ СТАТЬИ

- Индекс универсальной десятичной классификации (УДК) - сверху слева с абзацным отступом.
- С пропуском одной строки - выровненные по центру страницы, без абзацного отступа и набранные прописными буквами светлым шрифтом 12 pt инициалы и фамилии авторов (И.И. ИВАНОВ).

- С пропуском одной строки - название статьи, набранное без абзацного отступа прописными буквами полужирным шрифтом 14 pt и расположенное по центру страницы.
- С пропуском одной строки - краткая (не более 10 строк) аннотация, набранная с абзацного отступа курсивным шрифтом 10 pt на русском языке. С абзацного отступа - ключевые слова на русском языке.
- Текст статьи, набранный обычным шрифтом прямого начертания 12 pt, с абзацной строки, расположенный по ширине страницы.
- Список литературы, набранный обычным шрифтом прямого начертания 10 pt, помещается в конце статьи. Заголовок «СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ» набирается полужирным шрифтом 12 pt прописными буквами с выравниванием по центру.
- После списка литературы, с абзацного отступа, приводятся набранные обычным шрифтом 10 pt сведения об авторах (на русском языке) в такой последовательности:
Фамилия, имя, отчество (полужирный шрифт)
Учреждение или организация
Адрес
Ученая степень, ученое звание, должность
Электронная почта (обычный шрифт), не может повторяться у двух и более авторов
- С пропуском одной строки - выровненные по центру страницы, без абзацного отступа и набранные прописными буквами светлым шрифтом 12 pt инициалы и фамилии авторов (на английском языке).
- С пропуском одной строки - название статьи, набранное без абзацного отступа прописными буквами полужирным шрифтом 14 pt и расположенное по центру страницы (на английском языке).
- Краткая (не более 10 строк) аннотация, набранная с абзацного отступа курсивным шрифтом 10 pt, с абзацного отступа - ключевые слова (на английском языке).
- С абзацного отступа, приводятся набранные обычным шрифтом 10 pt сведения об авторах (на английском языке).

ТАБЛИЦЫ, РИСУНКИ, ФОРМУЛЫ

Все таблицы, рисунки и основные формулы, приведенные в тексте статьи, должны быть пронумерованы.

Формулы следует набирать в редакторе формул Microsoft Equation 3.0 с размерами: обычный шрифт - 12 pt, крупный индекс - 10 pt, мелкий индекс - 8 pt.

Формулы, внедренные как изображение, не допускаются!

Русские и греческие буквы, а также обозначения тригонометрических функций, набираются прямым шрифтом, латинские буквы - курсивом.

Формулы располагают по центру страницы и нумеруют (только те, на которые приводят ссылки); порядковый номер формулы обозначается арабскими цифрами в круглых скобках около правого поля страницы.

В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими стандартами. Описание начинается со слова «где» без двоеточия, без абзацного отступа; пояснение каждого символа дается с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Единицы измерения даются в соответствии с Международной системой единиц СИ.

Переносить формулы на следующую строку допускается только на знаках выполняемых операций, причем знак в начале следующей строки повторяют.

Пример оформления формулы в тексте

$$q_1 = (\alpha - 1)^2 \left(1 + \frac{1}{2\alpha}\right) / d, \quad (1)$$

где $\alpha = 1 + 2a/b$ - коэффициент концентрации напряжений;

$d = 2a$ - размер эллиптического отверстия вдоль опасного сечения.

Рисунки и другие иллюстрации (чертежи, графики, схемы, диаграммы, фотоснимки) следует располагать непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые. Рисунки, число которых должно быть логически оправданным, представляются в виде отдельных файлов в формате *.eps (Encapsulated PostScript) или TIF размером не менее 300 dpi.

Если рисунок небольшого размера, желательно его обтекание текстом.

Подписи к рисункам (полужирный шрифт курсивного начертания 10 pt) выравнивают по центру страницы, в конце подписи точка не ставится, например:

Рисунок 1 - Текст подписи

Пояснительные данные набираются светлым шрифтом курсивного начертания 10 pt и ставят после наименования рисунка.

Таблицы должны сопровождаться ссылками в тексте.

Заголовки граф и строк таблицы пишутся с прописной буквы, а подзаголовки - со строчной, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставятся. Текст внутри таблицы в зависимости от объема размещаемого материала может быть набран шрифтом меньшего кегля, но не менее 10 pt. Текст в столбцах располагают от левого края либо центрируют.

Слово «Таблица» размещается по левому краю, после него через тире располагается название таблицы, например: Таблица 1 - Текст названия

Если в конце страницы таблица прерывается и ее продолжение будет на следующей странице, нижнюю горизонтальную линию в первой части таблицы не проводят. При переносе части таблицы на другую страницу над ней пишут слово «Продолжение» и указывают номер таблицы: Пример: Продолжение таблицы 1

Нумерация граф таблицы арабскими цифрами необходима только в тех случаях, когда в тексте имеются ссылки на них, при делении таблицы на части, а также при переносе части таблицы на следующую страницу.

Адрес издателя:

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»
302026, Орловская обл., г. Орёл, ул. Комсомольская, 95
Тел.: (4862) 75-13-18
www.oreluniver.ru.
E-mail: info@oreluniver.ru

Адрес редакции:

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»
302030, Орловская обл., г. Орёл, ул. Московская, 77
Тел.+7 905 856 6556
www.oreluniver.ru.
E-mail: srmostu@mail.ru

Материалы статей печатаются в авторской редакции

Право использования произведений предоставлено авторами на основании
п. 2 ст. 1286 Четвертой части Гражданского Кодекса Российской Федерации

Технический редактор, корректор,
компьютерная верстка И.В. Акимочкина

Подписано в печать 12.03.2024 г.
Дата выхода в свет 10.04.2024 г.
Формат 70x108/16. Усл. печ. л.7,9
Цена свободная. Тираж 500 экз.
Заказ № 107

Отпечатано с готового оригинал-макета
на полиграфической базе ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»
302026, г. Орёл, ул. Комсомольская, 95