

ISSN 2073-7432

**МИР ТРАНСПОРТА  
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН**

НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

**№ 1-2 (84) 2024**

<p>Главный редактор: <b>Новиков А.Н.</b> д-р техн. наук, проф.</p> <p>Заместители главного редактора: <b>Васильева В.В.</b> канд. техн. наук, доц. <b>Родимцев С.А.</b> д-р техн. наук, доц.</p> <p>Редакция: <b>Агеев Е.В.</b> д-р техн. наук, проф. (Россия) <b>Агуреев И.Е.</b> д-р техн. наук, проф. (Россия) <b>Басков В.Н.</b> д-р техн. наук, проф. (Россия) <b>Власов В.М.</b> д-р техн. наук, проф. (Россия) <b>Глаголев С.Н.</b> д-р техн. наук, проф. (Россия) <b>Демич М.</b> д-р техн. наук, проф. (Сербия) <b>Денисов А.С.</b> д-р техн. наук, проф. (Россия) <b>Евтюков С.А.</b> д-р техн. наук, проф. (Россия) <b>Жаковская Л.</b> д-р наук, проф. (Польша) <b>Жанказиев С.В.</b> д-р техн. наук, проф. (Россия) <b>Захаров Н.С.</b> д-р техн. наук, проф. (Россия) <b>Зырянов В.В.</b> д-р техн. наук, проф. (Россия) <b>Прентковский О.</b> д-р техн. наук, проф. (Литва) <b>Пржибыл П.</b> д-р техн. наук, проф. (Чехия) <b>Пугачёв И.Н.</b> д-р техн. наук, доц. (Россия) <b>Пушкарёв А.Е.</b> д-р техн. наук, проф. (Россия) <b>Рассоха В.И.</b> д-р техн. наук, проф. (Россия) <b>Ременцов А.Н.</b> д-р пед. наук, проф. (Россия) <b>Ризаева Ю.Н.</b> д-р техн. наук, доц. (Россия) <b>Сарбаев В.И.</b> д-р техн. наук, профессор (Россия) <b>Трофименко Ю.В.</b> д-р техн. наук, проф. (Россия) <b>Трофимова Л.С.</b> д-р техн. наук, доц. (Россия) <b>Шарата А.</b> д-р наук, проф. (Польша)</p> <p>Ответственный за выпуск: <b>Акимочкина И.В.</b></p> <p>Адрес редколлегии: 302030, Россия, Орловская обл., г. Орёл, ул. Московская, 77 Тел. +79058566556 <a href="https://oreluniver.ru/science/journal/mtitm">https://oreluniver.ru/science/journal/mtitm</a> E-mail: <a href="mailto:srmostu@mail.ru">srmostu@mail.ru</a></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: <b>16376</b> по объединённому каталогу «Пресса России» на сайтах <a href="http://www.ppressa-rf.ru">www.ppressa-rf.ru</a> и <a href="http://www.akc.ru">www.akc.ru</a></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>А.А. Сидоров, Н.А. Филитова Анализ информационных технологий управления при перевозках опасных грузов в России и за рубежом..... 3</i> <i>Г.Е. Шопанова, Н.З. Султанов Применение метода решающих деревьев для решения задач автоматического учета расхода и количества влажного газа.... 12</i></p> <p><i>Управление процессами перевозок</i></p> <p><i>О.И. Мойсак Инновационные технологии на автомобильном транспорте..... 17</i> <i>А.С. Терентьев, С.А. Гусев, И.А. Гусева Оптимизация процесса управления рисками в сфере перевозки нефтепродуктов автомобильным транспортом..... 23</i> <i>Н.А. Загородний, А.Н. Дегтярь, И.В. Колмыкова, В.А. Шаповалова Основы мето- дики расчета взаимодействия на основе системы «человек-электросамокат» с неподвижной преградой, без учета деформаций системы..... 30</i></p> <p><i>Эксплуатация автомобильного транспорта</i></p> <p><i>С.С. Евтюков, И.С. Брылев, Н.О. Полетаев Актуальные проблемы и совершен- ствование методов проведения осмотра места дорожно-транспортного про- исшествия..... 36</i> <i>Н.А. Загородний, В.А. Шаповалова Анализ факторов и показателей аварийно- сти с участием средств индивидуальной мобильности (СИМ) в России..... 43</i> <i>С.В. Еремин, В.Л. Махонин Исследование процесса перемещения автомобиля при потере вертикальной устойчивости на примере дорожно-транспортного происшествия в рамках проведения дорожно-транспортной экспертизы..... 51</i> <i>Шэн Цзинсян Исследование транспортного планирования и проектирования малых и средних городов на основе интеллектуальных транспортных систем. 58</i> <i>Д.В. Иванов, Е.Д. Калинин, М.Г. Корчажкин, А.Н. Архипов Методика проведения испытаний автомобильных кузовных материалов, соединенных различными видами сварок..... 65</i> <i>В.В. Барсков, В.С. Котов, Р.К. Резникова, М.Д. Цветков Обзор проблемы ис- пользования газотурбинной установки для зарядки аккумуляторных систем гражданского электротранспорта..... 73</i> <i>Я.В. Васильев, М.Д. Алексеев, А.Н. Новиков, Д.С. Михалёва Сравнительный ана- лиз эффективности средств фиксации пространственно-следовой информа- ции с места ДТП на примере наездов на дорожные ограждения и элементы дорожного обустройства..... 81</i> <i>А.А. Коломеец, Е.В. Куракина Структура информационной модели подсистемы «автомобильная дорога – высокоавтоматизированное транспортное сред- ство»..... 91</i> <i>А.Ю. Родичев, И.В. Родичева, К.В. Васильев А.Д. Серебряников Эксперименталь- ные исследования прочности сцепления твердого антифрикционного покры- тия с основой..... 100</i> <i>А.С. Гришин, В.И. Сарбаев, С. Джованис Эффективные технологии привлече- ния клиентов в автосервис..... 109</i></p> <p><i>Интеллектуальные транспортные системы</i></p> <p><i>Н.В. Гребенников Оценка энергетической эффективности локомотивов в экс- плуатации..... 118</i> <i>В.О. Корчагин, А.С. Космодамианский, В.И. Воробьев Стабилизация тяговых качеств тепловозов магнитными усилителями сцепления колёс с рельсами.... 126</i></p> <p><i>Логистические транспортные системы</i></p> <p><i>А.А. Степанов, А.О. Меренков, Г.А. Ласточкина Стандарт интеллектуального транспортного обслуживания пассажиров..... 132</i></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

№ 1-2(84) 2024

The 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> <b>A.N. Novikov</b> <i>Doc.Eng., Prof</i></p> <p><i>Associates Editor</i> <b>V.V. Vasileva</b> <i>Can. Eng.</i> <b>S.A. Rodimzev</b> <i>Doc. Eng.</i></p>	<h2 style="text-align: center;">Contents</h2> <p style="text-align: center;">Proceedings of the IX International Scientific and Practical Conference «Information Technologies and Innovations in Transport»</p> <p style="text-align: center;"><i>Transport and transport-technological systems of the country, its regions and cities, organization of production in transport</i></p>
<p><i>Editorial Board:</i> <b>E.V. Ageev</b> <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> <b>I.E. Agureev</b> <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> <b>V.N. Baskov</b> <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> <b>V.M. Vlasov</b> <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> <b>S.N. Glagolev</b> <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> <b>M. Demic</b> <i>Doc. Eng., Prof. (Serbia)</i> <b>A.S. Denisov</b> <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> <b>S.A. Evtyukov</b> <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> <b>L. Żakowska</b> <i>Ph.D., Doc. Sc., Prof. (Poland)</i> <b>S.V. Zhankaziev</b> <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> <b>N.S. Zaharov</b> <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> <b>V.V. Zyryanov</b> <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> <b>O. Prentkovskis</b> <i>Doc. Eng., Prof. (Lithuania)</i> <b>P. Pribyl</b> <i>Doc. Eng., Prof. (Czech Republic)</i> <b>I.N. Pugachev</b> <i>Doc. Eng. (Russia)</i> <b>A.E. Pushkarev</b> <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> <b>V.I. Rassoha</b> <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> <b>A.N. Rementsov</b> <i>Doc. Edc., Prof. (Russia)</i> <b>Yu.N. Rizaeva</b> <i>Doc. Eng. (Russia)</i> <b>V.I. Sarbaev</b> <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> <b>Yu.V. Trofimenko</b> <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> <b>L.S. Trofimova</b> <i>Doc. Eng. (Russia)</i> <b>A. Szarata</b> <i>Ph.D., Doc. Sc., Prof. (Poland)</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>Management of transportation processes</i></p> <p><b>O.I. Maisak</b> <i>Innovative technologies in road transport</i>..... 17 <b>A.S. Terentyev, S.A. Gusev, I.A. Guseva</b> <i>Optimization of the risk management process in the field of transportation of petroleum products by road</i> ..... 23 <b>N.A. Zagorodnij, A.N. Degtyar, I.V. Kolmikova, V.A. Shapovalova</b> <i>Fundamentals of the methodology for calculating interaction based on the «man-electric scooter» system with a fixed obstacle, without taking into account deformations of the system</i>..... 30</p> <p style="text-align: center;"><i>Operation of motor transport</i></p> <p><b>S.S. Evtyukov, I.S. Brylev, N.O. Poletaev</b> <i>Current problems and improvement of methods of inspection of a road accident site</i>..... 36 <b>N.A. Zagorodnij, V.A. Shapovalova</b> <i>Analysis of factors and indicators of accidents involving means of individual mobility (MIM) in Russia</i> ..... 43 <b>S.V. Eremin, V.L. Makhonin</b> <i>Investigation of the process of vehicle movement in case of loss of vertical stability using the example of road traffic accident as part of road transport examination</i>..... 51 <b>Sheng Jingxiang</b> <i>Research of transport planning and design of small and medium-sized cities based on an intelligent transport system</i>..... 58 <b>D.V. Ivanov, E.D. Kalinin, M.G. Korchazhkin, A.N. Arkhipov</b> <i>Methods of testing automotive body materials connected by various types of welds</i>..... 65 <b>V.V. Barskov, V.S. Kotov, R.K. Reznikova, M.D. Tsvetkov</b> <i>Review of the problem of using a gas turbine installation for charging battery systems of civil electric vehicles</i>..... 73 <b>Ya.V. Vasiliev, M.D. Alekseev, A.N. Novikov, D.S. Mikhaleva</b> <i>Comparative analysis of the effectiveness of means of fixing spatial and trace information from the scene of an accident on the example of collisions on road fences and road construction elements</i>..... 81 <b>A.A. Kolomeets, E.V. Kurakina</b> <i>Structure of the information model of the «motorway-highly automated vehicle» subsystem</i>..... 91 <b>A.Yu. Rodichev, I.V. Rodicheva, K.V. Vasiliev, A.D. Serebrynikov</b> <i>Experimental studies of the adhesion strength of a solid antifriction coating to the substrate</i>..... 100 <b>A.S. Grishin, V.I. Sarbayev, S. Tzjovanniss</b> <i>Effective technologies for attracting customers to the car service</i>..... 109</p>
<p><i>Person in charge for publication:</i> <b>I.V. Akimochkina</b></p>	
<p><i>Editorial Board Address:</i> 302030, Russia, Orel, Orel Region, Moskovskaya str., 77 Tel. +7 (905)8566556 <a href="https://oreluniver.ru/science/journal/mtitm">https://oreluniver.ru/science/journal/mtitm</a> E-mail: <a href="mailto:srmostu@mail.ru">srmostu@mail.ru</a></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: <b>16376</b> in a union catalog «The Press of Russia» on sites <a href="http://www.pressa-rf.ru">www.pressa-rf.ru</a> and <a href="http://www.akc.ru">www.akc.ru</a></p>	<p style="text-align: center;"><i>Intelligent transport systems</i></p> <p><b>N.V. Grebennikov</b> <i>Energy efficiency estimation of locomotives in operation</i> ..... 118 <b>V.O. Korchagin, A.S. Kosmodamianskiy, V.I. Vorobiev</b> <i>Stabilization of traction qualities of locomotives by magnetic wheel-rail coupling amplifiers</i>..... 126</p> <p style="text-align: center;"><i>Logistic transport systems</i></p> <p><b>A.A. Stepanov, A.O. Merenkov, G.A. Lastochkina</b> <i>The standard of intelligent passenger transport service</i>..... 132</p>
<p>© Registration. Orel State University, 2024</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 656.073

doi: 10.33979/2073-7432-2024-1-2(84)-3-11

А.А. СИДОРОВ, Н.А. ФИЛИППОВА

**АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ УПРАВЛЕНИЯ ПРИ  
ПЕРЕВОЗКАХ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ**

***Аннотация.** Научно-исследовательская работа рассматривает вопросы управления перевозками опасных грузов с использованием информационных технологий, которые позволяют повысить эффективность и надёжность. Мониторинг движения специального подвижного состава при транспортировке опасных грузов является ключевым элементом эффективного управления. Система мониторинга обеспечивает режим реального времени или заданной периодичности для получения информации о местонахождении, статусе и состоянии транспортного средства, что позволяет принимать оптимальные управленческие решения.*

***Ключевые слова:** управление, информационные технологии, транспортная безопасность*

**Введение**

В РФ преобладает этап инноваций в разных сферах деятельности, в частности развитие информационных технологий. Рассматривая актуальные вопросы внешней политики в отношении РФ, возникают вопросы касающиеся национальной безопасности и конкуренции в мире.

В транспортной сфере РФ безопасность является основным требованием при перевозке грузов, включая опасный, крупногабаритный и тяжеловесный транспорт. Российская Федерация в современном мире с позиции одной из мировых держав, а также внешнеполитических факторов является страной с конкурентоспособной экономикой, и в области развития данной сферы, цифровизация становится главным двигателем прогресса.

В настоящее время информационные технологии помогают упростить ключевые задачи логистическим компаниям. Основные из них – интеллектуальные транспортные системы (далее – ИТС) на основе машинного обучения позволяющие автоматизировать и цифровизировать процессы без участия человека, но под его строгим контролем [1-3].

**Материал и методы**

Опасные грузы могут представлять угрозу для человека, состояния окружающей среды и материальных вещей в результате нештатной ситуации или чрезвычайной ситуации при их транспортировке. В связи с этим, перевозка опасных грузов является сложным и ответственным процессом, требующим строго соблюдения международных правил и стандартов безопасности [4].

При разработке материалов были использованы общенаучные методы, аналитический метод, метод интеграции информационных систем.

Объект исследования научной работы: опасных груз, технология процесса перевозки опасных грузов.

Предмет исследования: технология оценки цифровой транспортной инфраструктуры.

Цель исследования: совершенствование перевозки опасных грузов в условиях цифровизации.

Задачи исследования:

– исследование технологии транспортировки опасных грузов специального подвижного состава;

- анализ факторов рисков потенциальной опасности при перевозке опасных грузов;
- предложения по интеграции автоматизированных систем управления перевозками;
- определение эффективности разработок и интеграции цифровизации транспортной отрасли;

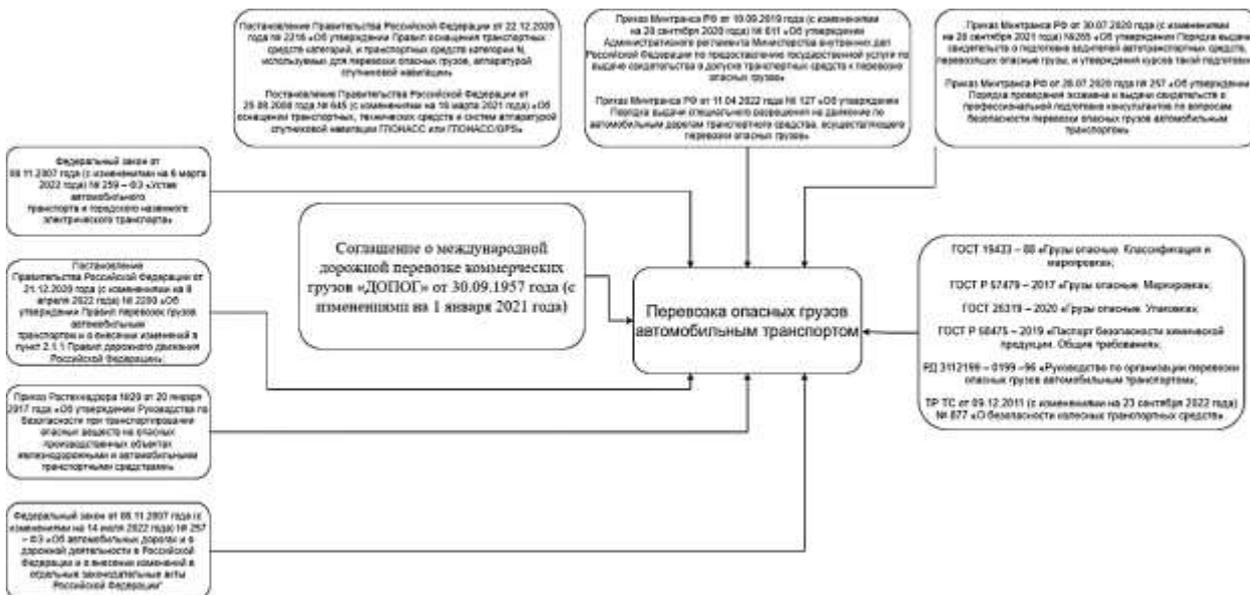
Стратегическими целями и соответствующие задачи установлены Транспортной стратегии РФ, которые имеют место связи с данной научной работой. Основными национальными приоритетами данного документа является повышения качества жизни населения и создания конкурентоспособности национальной экономики.

**Теория**

Международной организацией регламентирующей перевозку опасных веществ является Организация Объединенных Наций (далее – ООН). Документом осуществляющий регламент, требования, и обеспечение безопасности является Соглашение о международной дорожной перевозке. ООН определяет новые номера ООН для химических веществ и пересматривает правила раз в два года, для внесения новых рекомендаций, статей, требования и т.д.

Существует еще ряд соглашений и конвенций, их них можно перечислить Международный кодекс морской перевозки опасных грузов (IMDG – Code), Технические инструкции по перевозке опасных грузов авиатранспортом (ICAO – TI), Договор о перевозке опасных грузов железнодорожным транспортом (RID), и соответственно само Соглашение о международной дорожной перевозке опасных грузов (ADR) и другие.

Важно отметить, что в России существует целый ряд нормативных актов, которые регулируют перевозку опасных грузов. Они устанавливают правила транспортировки опасных грузов, порядок их классификации, требования к упаковке и маркировке. Кроме того, на уровне региона могут быть установлены дополнительные требования (рис. 1).



**Рисунок 1 - Нормативно – правовая база перевозок опасных грузов в РФ**

В РФ перевозка опасных грузов регулируется Постановлением Правительства РФ №2020. Согласно этому постановлению перевозка опасных грузов автомобильным транспортом должна соответствовать международным требованиям ADR. В странах которые подписали и ратифицировали соглашение, обязаны проводить постоянный мониторинг перевозок опасных веществ. Режим мониторинга осуществляется с помощью аппаратуры спутниковой навигации (далее – АСН) на основе систем глобальной навигации ГЛОНАСС/GPS [5].

**Результаты и обсуждение**

Управление ИТС с использованием информационных технологий (ИТ) – инструментов, интернет – вещей (IoT) подразумевает реализацию решений по эффективному автоматизи-

зированному управлению дорожной инфраструктурой, мониторинг погодных условий, распределение транспортных потоков, контроль состояния объектов транспортной инфраструктуры (далее – ОТИ), прогнозирование возможных аварийных ситуаций, определение скоростного режима.

ИТС повышают транспортную безопасность, увеличивают пропускную способность транспортных систем, оптимизируют маршруты и в целом снижают затраты на содержание и ремонт инфраструктуры, транспорта. Кроме того, планируется комплексное развитие ОТИ, в том числе создание цифровых магистралей для высокоавтоматизированных автономных ТС, электрического транспорта с минимальным воздействием на окружающую среду.

Программное обеспечение (далее – ПО) Wialon Hosting представленное на (рис. 2) осуществляет непрерывный мониторинг транспорта на маршруте. Функционал ПО, и оборудование установленное на ТС включает в себя сбор, обработку, и передачу информации о перевозках опасных грузов. Происходит отслеживание местоположения ТС с классификацией по классам опасности, и предупреждением об аварийных возможных случаях в процессе перевозки. Также осуществляется анализ маршрута на возможные отклонения от него, аутентификация водителей на право управления ТС.

Основной задачей мониторинга по сбору и хранению информации, является незамедлительная передача данных в диспетчерские центры «ЭРА- ГЛОНАСС» оперативным и экстренным службам.

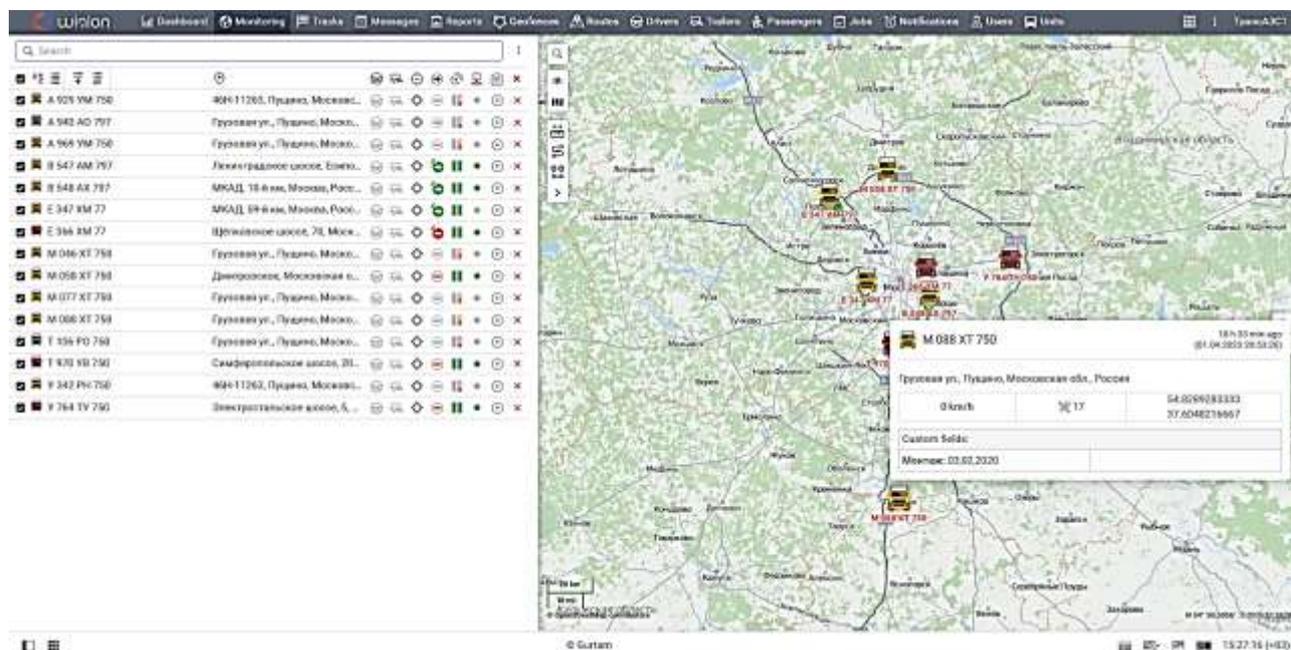


Рисунок 2 - Мониторинг ПО перевозок опасных грузов

При перевозке наливных грузов на ТС устанавливаются датчики измерения уровня жидкости или газа в секции цистерны на уровне планки, в соответствии с сертификатом выданным уполномоченной организацией, в РФ им является ФБУ Российский центр сертификации. Рассмотрим детально систему OPTOLEVEL Данное оборудование позволяет обеспечивать безопасность при операциях с наливом/сливом и транспортировке груза. Схема датчиков и система контроля отображена ниже на рисунке (рис. 3).

Для контейнерных, тентованных, изотермических грузовых ТС транспортирующие грузы опасного класса применяются датчики нагрузки на оси ТС, прицепов, полуприцепов. ПО позволяет сформировать графики погрузки/разгрузки ТС, контролировать процесс транспортировки, исключать нештатные ситуации. Модель с графиком загрузки и устройством на ТС представлена ниже на рисунке (рис. 5, 6) [6].

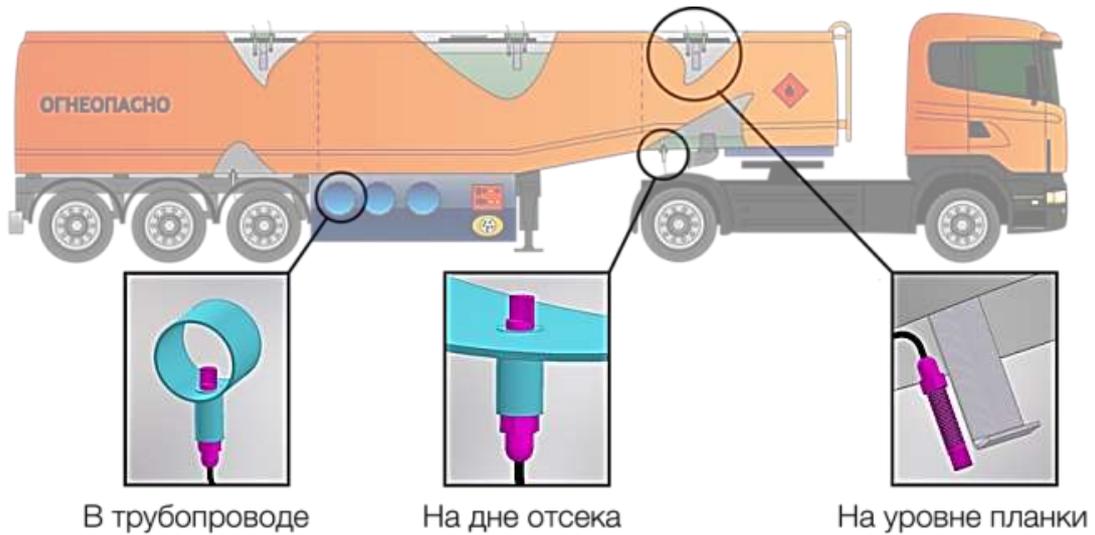


Рисунок 3 - Расположение датчиков системы OPTOLEVEL в цистерне



Рисунок 4 - Блок управления датчиков уровнемеров



Рисунок 5 - Модель отображения ПО системы датчиков нагрузки на оси ТС

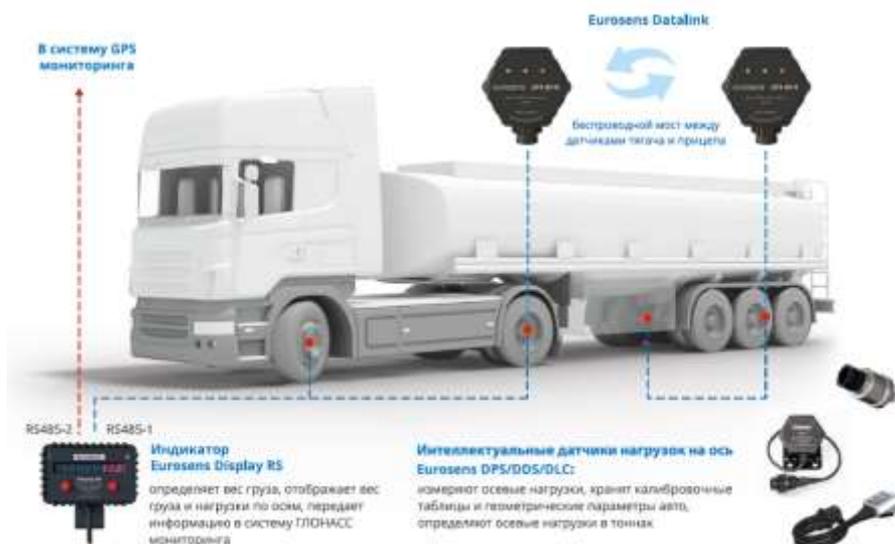


Рисунок 6 - Комплект оборудования датчиков нагрузки на оси ТС и их расположение

Для идентификации грузов также используют радиочастотные метки (RFID). При упаковке опасных грузов, наносится индивидуальная метка, в которой содержится информация о классе опасности вещества. ТС оборудуют специальным устройством для считывания RFID – меток, покрывающим полностью объем кузова ТС. При контейнерных перевозках часто применяются «электронные пломбы» для защиты от несанкционированного открытия, такие перевозки применяются в международном сообщении с использованием книжек МДП (Carnet-TIR) (рис. 7).

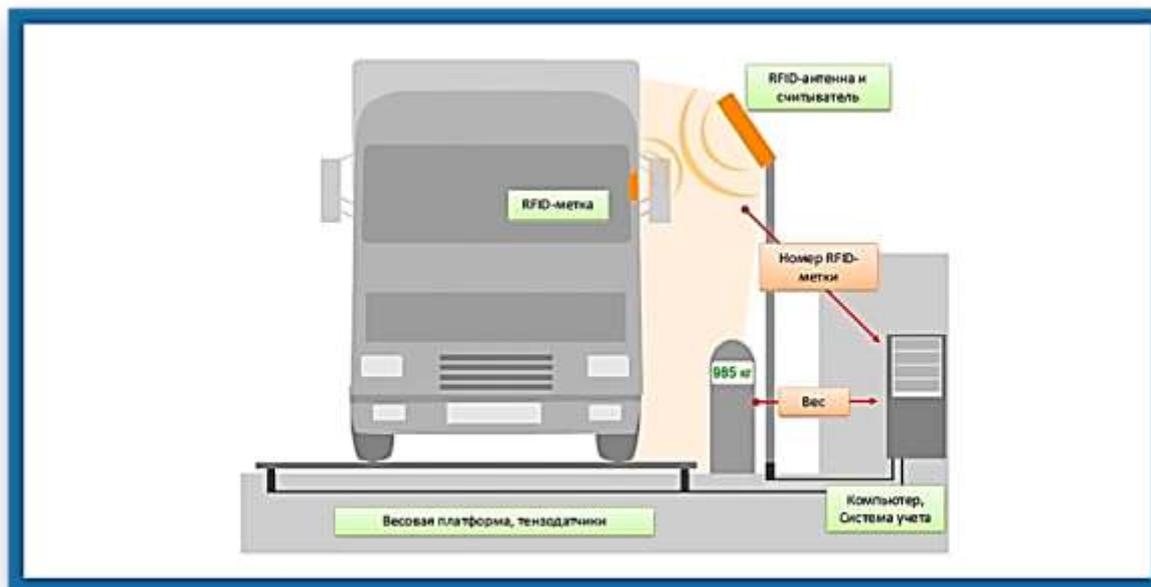


Рисунок 7 - Схема радиочастотной идентификации грузов

В настоящее время также существует ряд требований в обеспечении безопасности, техническому состоянию ТС с помощью инженерных и технических средств. К ним относятся системы видеонаблюдения, которые устанавливаются на объектах ОТИ и ТС. Транспортная безопасность (далее – ТБ) является основополагающим средством системы национальной безопасности страны, целью которой является функционирование транспортного комплекса, защиту общества и государства от актов незаконного вмешательства (далее – АНВ).

Функционал современных систем видеонаблюдения с каждым годом прогрессирует, в том числе с использованием искусственного интеллекта (далее – ИИ). Требования к функциональным свойствам технических средств видеонаблюдения, сертификация, определяется

Постановлением Правительства РФ №969, а также ФЗ №16. Системы видеонаблюдения для опасных перевозок играют важную роль со стороны безопасности, они позволяют в реальном времени проводить визуальный контроль груза, а также самого ТС, видеоверификацию тревог с взаимодействием других подсистем безопасности, сбора и анализа технического состояния, контроля процесса погрузки/разгрузки, противодействие террористическим угрозам на транспорте. На рисунке ниже (рис. 8) отображен грузовой седельный тягач с полуприцепом цистерной оснащенный системой видеонаблюдения [7, 8].

Цифровое ТС – это термин, который относится к технологическому решению, связанному с автоматизацией и цифровизацией процессов, связанных с перевозкой грузов, в том числе и опасных (рис. 9).

Рассмотрим риски потенциальной опасности при транспортировке опасных грузов в городских условиях, вот основные из них.

Пожар и взрыв: опасный груз является легковоспламеняющимся веществом, поэтому наличие открытого огня, искрения или источников высокой температуры может привести к пожарам и взрывам.



**Рисунок 8 - Пример оснащения седельного тягача с полуприцепом цистерной системой видеонаблюдения**

Дорожно-транспортные происшествия: транспортировка в городских условиях подвергает риску попадания в аварии или столкновения с другими ТС. Это может привести к серьезным последствиям, включая возгорание, взрывы и пострадавших людей.

Нарушение правил хранения и транспортировки: неправильное соблюдение правил и стандартов по хранению и транспортировке топлива может повлечь за собой риски, связанные с несоответствующей обработкой, неправильным упаковыванием или неправильной маркировкой.

Несанкционированное использование: в городских условиях у транспорта с опасным грузом есть повышенный риск хищения. Это может привести к ущербу собственника и потенциально создать опасность для окружающих.

Актуальность национальной безопасности в сфере грузовых перевозок опасных веществ связана из-за увеличения количества техногенных и природных ЧС. Данные процессы требуют разработку технических регламентов для обеспечения безопасности РФ. В Стратегии национальной безопасности РФ акцентируется внимание на этом, чему также посвящено

выступление Президента РФ, о внесении изменений в Технический Регламент Таможенного Союза (ТР ТС).



Рисунок 9 - Цифровое транспортное средство

### Выводы

Внедрение цифровых технологий в управлении грузоперевозками в РФ является главным элементом развития современной логистики. ГЛОНАСС/GPS, IT – инструменты, IoT, ИИ, аналитика больших баз данных, предоставляют возможности для прогноза спроса, оптимизации логистики и управления запасами предприятий. Технологии показывают свою эффективность и снижают издержки компаний, способствуя прогрессу инноваций в сфере грузоперевозок.

Исследование показывает, что перевозка опасных грузов является сложным и специфическим видом деятельности, который должен быть доверен только профессионалам. Большой и периодически обновляемый ассортимент опасных грузов делаем его особым вариантом перевозок на автомобильном транспорте и требует внимания специалистов в вопросах безопасности движения и предотвращения ЧС, связанных с перевозкой опасных веществ.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Москвичев О.В. Информационные технологии и информационно – управляющие системы на магистральном транспорте: учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта. Самара: СамГУПС, 2015. 287 с.
2. Безопасность жизнедеятельности: учебник. В 2 ч. / Б.Н. Рубцов и др.; под ред. В.М. Пономарева и В.И. Жукова. М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2015. Ч. 1: Безопасность в чрезвычайных ситуациях на железнодорожном транспорте. 336 с.
3. Вартанов Ф.В., Веремеенко Е.Г. Информационные технологии по обеспечению грузовых перевозок [Электронный ресурс] / URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnye-tehnologii-po-obespecheniyu-gruzovuyh-reevozok/viewer> (дата обращения 30.03.2023).
4. Горохова Е.Х., Слепцова А.М. Ущерб экологии при перевозке опасных грузов // Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet». 2020. Вып. №8. С. 407.
5. Соглашение о международной дорожной перевозке опасных грузов «ДОПОГ» от 30.09.1957 года (с изменениями на 1 января 2021 года). Консорциум Кодекс Электронный фонд правовых и нормативно – техни-

ческих документов [Электронный ресурс] / URL: <https://docs.cntd.ru/document/58804886> (дата обращения: 30.03.2023).

6. Eurosens Difference – система контроля нагрузки на ось и веса груза [Электронный ресурс] / URL: <https://forum.gurtam.com/viewtopic.php?id=12919> (дата обращения 30.03.2023).

7. Быстрая RFID – идентификация автотранспорта на весовой [Электронный ресурс] / URL: <https://isbc.ru/news/bystraya-rfid-identifikatsiya-avtotransporta-na-vesovoy.html> (дата обращения 30.03.2023).

8. Использование систем видеонаблюдения на транспорте [Электронный ресурс] / URL: <https://radioterminal.ru/resheniya/videonablyudenie-na-transporte/ispolzovanie-sistem-videonablyudeniya-na-transporte> (дата обращения 30.03.2023).

9. О Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года: Распоряжение Российской Федерации от 27.11.2021 № 3363-р // Консорциум Кодекс Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов.

10. Филиппова Н.А., Беляев В.М., Власов В.М. Навигационный контроль доставки грузов в условиях Севера России // Мир транспорта. 2019. №4. С. 126-130.

11. Филиппова Н.А., Власов В.М. Иерархические уровни управления мультимодальной транспортной системой для перевозки грузов северного завоза // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2019. №4(58). С. 88-93.

12. Филиппова Н.А., Власов В.М. Иерархические уровни управления мультимодальной транспортной системой для перевозки грузов северного завоза // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2019. №4(58). С. 88-93.

13. Филиппова Н.А., Сидоров А.А. Автоматизация процесса управления автомобильными перевозками опасных грузов // Прогрессивные технологии в транспортных системах: Материалы XVII международной научно-практической конференции (ОГУ). 2022. №17. С. 40-50.

14. Филиппова Н.А., Сидоров А.А. Системы дистанционного контроля транспорта, перевозящего опасные грузы // Транспортные системы и дорожная инфраструктура крайнего Севера: Сборник материалов III всероссийского форума. 2022. С. 91-98.

15. Филиппова Н.А., Сидоров А.А. Развитие цифровой логистики для оптимизации грузовых перевозок в мегаполисах // Управление в перспективных наземных транспортных системах: Материалы XVI Всероссийской мультikonференции. 2023. №4. С. 238-241.

16. Филиппова Н.А., Сидоров А.А. Управление перевозками опасных грузов с использованием информационных технологий // Реализация транспортной стратегии РФ до 2030 года в части развития автотранспортного комплекса: Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. 2023. С. 58-64.

17. Филиппова Н.А., Сидоров А.А. Современные информационные технологии, используемые для перевозки опасных грузов // Логистика и её преимущества в развитии транспортных сообщений Таджикистана с государствами региона: Материалы международной научно-практической конференции. 2022. С. 148-154.

18. Алтунина М.С., Вароди А.П. Перспективы развития перевозок светлых нефтепродуктов автомобильным транспортом // Современные прикладные исследования: Материалы пятой национальной научно-практической конференции ЮГРПУ (НПИ) имени М.И. Платова. 2021. С. 116-120.

19. Сеницын В.В., Татаринцев В.В., Прус Ю.В., Кирсанов А.А. Совершенствование процессов управления в системе обеспечения безопасности автомобильных перевозок опасных грузов // Технологии техносферной безопасности. 2019. №1(83). С. 50-60.

20. Аноп Е.О. Страхование ответственности перевозчиков нефтепродуктов: проблема и пути решения // Global and Regional Research (БГУ). 2021. №3(1). С. 10-16.

**Сидоров Алексей Алексеевич**

Московской автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

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

Магистрант

E-mail: [alekseyandpartners@gmail.com](mailto:alekseyandpartners@gmail.com)

**Филиппова Надежда Анатольевна**

Московской автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

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

Д.т.н., профессор кафедры «Автомобильные перевозки», «Транспортная телематика»

E-mail: [umen@bk.ru](mailto:umen@bk.ru)

---

A.A. SIDOROV, N.A. FILIPPOVA

## **ANALYSIS OF INFORMATION MANAGEMENT TECHNOLOGIES IN THE TRANSPORTATION OF DANGEROUS GOODS IN RUSSIA AND ABROAD**

*Abstract. The research work examines the issues of managing the transportation of dangerous goods using information technologies that can improve efficiency and reliability. Monitoring the movement of special rolling stock during the transportation of dangerous goods is a key element of effective management. The monitoring system provides a real-time mode or a specified frequency to obtain information about the location, status and condition of the vehicle, which allows you to make*

*optimal management decisions.*

**Keywords:** *management, information technology, transport security*

## BIBLIOGRAPHY

1. Moskvichev O.V. Informatsionnye tekhnologii i informatsionno - upravlyayushchie sistemy na magistral'nom transporte: uchebnoe posobie dlya vuzov zh.-d. transporta. Samara: SamGUPS, 2015. 287 s.
2. Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti: uchebnik. V 2 ch. / B.N. Rubtsov i dr.; pod red. V.M. Ponomareva i V.I. Zhukova. M.: FGBOU «Uchebno-metodicheskiy tsentr po obrazovaniyu na zheleznodorozhnom transporte», 2015. CH. 1: Bezopasnost' v chrezvychaynykh situatsiyakh na zheleznodorozhnom transporte. 336 s.
3. Vartanov F.V., Veremeenko E.G. Informatsionnye tekhnologii po obespecheniyu gruzovykh perezovok [Elektronnyy resurs] / URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnye-tehnologii-po-obespecheniyu-gruzovyh-perezovok/viewer> (data obrashcheniya 30.03.2023).
4. Gorokhova E.H, Sleptsova A.M. Ushcherb ekologii pri perezovke opasnykh gruzov // Nauchno-obrazovatel'nyy zhurnal dlya studentov i prepodavateley «StudNet». 2020. Vyp. №8. S. 407.
5. Soglasenie o mezhdunarodnoy dorozhnoy perezovke opasnykh gruzov «DOPOG» ot 30.09.1957 goda (s izmeneniyami na 1 yanvarya 2021 goda). Konsortsium Kodeks Elektronnyy fond pravovykh i normativno - tekhnicheskikh dokumentov [Elektronnyy resurs] / URL: <https://docs.cntd.ru/document/58804886> (data obrashcheniya: 30.03.2023).
6. Eurosens Difference - sistema kontrolya nagruzki na os' i vesa gruzha [Elektronnyy resurs] / URL: <https://forum.gurtam.com/viewtopic.php?id=12919> (data obrashcheniya 30.03.2023).
7. Bystraya RFID - identifikatsiya avtotransporta na vesovoy [Elektronnyy resurs] / URL: <https://isbc.ru/news/bystraya-rfid-identifikatsiya-avtotransporta-na-vesovoy.html> (data obrashcheniya 30.03.2023).
8. Ispol'zovanie sistem videonablyudeniya na transporte [Elektronnyy resurs] / URL: <https://radioterminal.ru/resheniya/videonablyudenie-na-transporte/ispolzovanie-sistem-videonablyudeniya-na-transporte> (data obrashcheniya 30.03.2023).
9. O Transportnoy strategii Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda s prognozom na period do 2035 goda: Rasporyazhenie Rossiyskoy Federatsii ot 27.11.2021 № 3363-r // Konsortsium Kodeks Elektronnyy fond pravovykh i normativno-tekhnicheskikh dokumentov.
10. Filippova N.A., Belyaev V.M., Vlasov V.M. Navigatsionnyy kontrol' dostavki gruzov v usloviyakh Severa Rossii // Mir transporta. 2019. №4. S. 126-130.
11. Filippova N.A., Vlasov V.M. Ierarkhicheskie urovni upravleniya mul'timodal'noy transportnoy sistemoy dlya perezovki gruzov severnogo zavoza // Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI). 2019. №4(58). S. 88-93.
12. Filippova N.A., Vlasov V.M. Ierarkhicheskie urovni upravleniya mul'timodal'noy transportnoy sistemoy dlya perezovki gruzov severnogo zavoza // Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI). 2019. №4(58). S. 88-93.
13. Filippova N.A., Sidorov A.A. Avtomatizatsiya protsessa upravleniya avtomobil'nymi perezovkami opasnykh gruzov // Progressivnye tekhnologii v transportnykh sistemakh: Materialy XVII mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (OGU). 2022. №17. S. 40-50.
14. Filippova N.A., Sidorov A.A. Sistemy distantsionnogo kontrolya transporta, perezovkashchego opasnye gruzy // Transportnye sistemy i dorozhnaya infrastruktura kraynego Severa: Sbornik materialov III vsrossiyskogo foruma. 2022. S. 91-98.
15. Filippova N.A., Sidorov A.A. Razvitie tsifrovoy logistiki dlya optimizatsii gruzovykh perezovok v megapolisakh // Upravlenie v perspektivnykh nazemnykh transportnykh sistemakh: Materialy XVI Vserossiyskoy mul'tikonferentsii. - 2023. - №4 - S. 238-241.
16. Filippova N.A., Sidorov A.A. Upravlenie perezovkami opasnykh gruzov s ispol'zovaniem informatsionnykh tekhnologiy // Realizatsiya transportnoy strategii RF do 2030 goda v chasti razvitiya avtotransportnogo kompleksa: Sbornik nauchnykh trudov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 2023. S. 58-64.
17. Filippova N.A., Sidorov A.A. Sovremennye informatsionnye tekhnologii, ispol'zuemye dlya perezovki opasnykh gruzov // Logistika i eio preimushchestva v razvitiy transportnykh soobshcheniy Tadzhikestana s gosudarstvami regiona: Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 2022. S. 148-154.
18. Altunina M.S., Varodi A.P. Perspektivy razvitiya perezovok svetlykh nefteproduktov avtomobil'nyim transportom // Sovremennye prikladnye issledovaniya: Materialy pyatoy natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii YUGRPU (NPI) imeni M.I. Platova. 2021. S. 116-120.
19. Sinitsyn V.V., Tatarinov V.V., Prus Yu.V., Kirsanov A.A. Sovershenstvovanie protsessov upravleniya v sisteme obespecheniya bezopasnosti avtomobil'nykh perezovok opasnykh gruzov // Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti. 2019. №1(83). S. 50-60.
20. Anop E.O. Strakhovanie otvetstvennosti perezovchikov nefteproduktov: problema i puti resheniya // Global and Regional Research (BGU). 2021. №3(1). S. 10-16.

**Sidorov Alexey Alekseevich**

Moscow bus station (MADI)

Master's student

Address: 125319, Russia, Moscow, Leningrad avenue

Email: [alekseyandpartners@gmail.com](mailto:alekseyandpartners@gmail.com)

**Filippova Nadezhda Anatolevna**

Moscow bus station (MADI)

Doctor of technical sciences

Address: 125319, Russia, Moscow, Leningrad avenue

Email: [umen@bk.ru](mailto:umen@bk.ru)

Научная статья

УДК 622.691

doi: 10.33979/2073-7432-2024-1-2(84)-12-16

Г.Е. ШОПАНОВА, Н.З. СУЛТАНОВ

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА РЕШАЮЩИХ ДЕРЕВЬЕВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АВТОМАТИЧЕСКОГО УЧЕТА РАСХОДА И КОЛИЧЕСТВА ВЛАЖНОГО ГАЗА

*Аннотация.* В данной статье рассматривается применение метода дерева решений для решения задач автоматического учета количества природного газа. Этот метод используется для задач классификации и прогнозирования. Этот метод также называется деревом правил принятия решений, деревом классификации и деревом регрессии. В рамках данной работы метод решения деревьев используется для эффективного решения задачи автоматического учета потребления и количества сырого природного газа. В статье рассматриваются алгоритм, процесс, структура системы, составное устройство, а также анализируются результаты работы системы.

*Ключевые слова:* автоматизация, метод решающих деревьев, влажный газ, расход газа

### **Введение**

Природный газ занимает особое место среди многих источников энергии благодаря своим уникальным свойствам. Природный газ легко сжимаем, легко транспортируется различными способами доставки конечному потребителю, не обладает запахом и цветом, обладает высокой энергоемкостью. В газовой промышленности часто возникает задача транспортировки газа по магистральным либо промысловым трубопроводам. В рамках данной задачи всегда необходимо выполнять учет объема потребления газа. Задача учета газа осложняется при наличии в газе посторонней влаги. Другими словами, общеизвестные методы организации учета количества газа нельзя применять при транспорте влажного газа, который возникает в промысловых условиях, либо при ухудшении качества газа при транспорте по магистральным трубопроводам.

В связи с этим возникает задача организации автоматизированных либо автоматических методов учета расхода и количества влажного газа на базе новых методов. В рамках данной работы в качестве решения данной проблемы ставится задача применения метода решающих деревьев для организации метода автоматического учета расхода газа.

### **Материал и методы**

Метод решающих деревьев является одним из наиболее распространенных методов решения задач классификации и прогнозирования. Этот метод также иногда используется во время получения и обработки добычи данных. Как следует из названия, этот метод, используя механизмы классификации и прогнозирования, относится к методам машинного обучения.

Впервые решающие деревья были предложены Ховилендом и Хантом в конце 1950-х годов прошлого века. Самая ранняя и известная работа Ханта с соавторами, излагающая суть решающих деревьев «Эксперименты по индукции» была опубликована в 1966 году. В своей простейшей форме дерево решений представляет собой правила в иерархической и последовательной структуре. В основе таких иерархий лежит структура с ответами «да» или «нет» на ряд вопросов.

В основе метода лежит положение о том, что при применении зависимой переменной, то есть целевой переменной с дискретными значениями, этот метод используется для решения задач классификации. Если же зависимая переменная принимает непрерывные значения, то этот метод устанавливает зависимость между этой переменной от независимой переменной, т.е. в этом случае решается задача численного прогнозирования. В рамках настоящей статьи будет использовано данное свойство метода решающих деревьев.

© Г.Е. Шопанова, Н.З. Султанов, 2024

Во время применения метода решающих деревьев выполняется решение следующих задач:

- определение значений категориальной зависимой переменной;
- выбора критериев качества решающих деревьев во многом зависит от правильного расщепления.

Существует ряд решений, связанных с машинным обучением, для задачи автоматического измерения расхода влажного газа. Помимо используемых методов, в рамках данной работы предлагается еще один вариант решения проблемы измерения расхода объема влажного газа на основе методов и подходов решающих деревьев.

В рамках данной задачи предлагается решение, основанное на применении методов решающих деревьев и алгоритмов, формирующих так называемые случайные леса.

Структура такой системы на основе алгоритма решающих деревьев, рассматриваемого в данной работе, представляет собой конструкцию из расходомера и гигрометра. В этом случае расход сухого газа рассчитывается путем обработки совместных данных, поступающих одновременно от расходомера и гигрометра.

Конфигурация такой системы показана на рисунке 1. Кориолисовый расходомер FM получает на входе расход влажного газа  $Q$ . Поточный гигрометр HG также измеряет и контролирует абсолютную влажность газа  $W$ . Результаты измерений из обоих приборов в виде обработанных токовых сигналов поступают на вычислительное устройство FC системы управления, где реализован алгоритм расчета расхода сухого газа с использованием метода решающих деревьев.

Модели решающих деревьев были получены из моделей деревьев регрессии, которые имеют линейные функции на листьях [1]. Применение этого метода позволяет решить работу газораспределительной станции в каждом узле.

Анализ научно-технической литературы показывает, что в работе [2] Куинланом был предложен алгоритм M5P для применения в методах решающих деревьев. Данный подход представляет собой бинарное дерево решений, имеющее линейную функцию (листья) в конечных узлах, которая может оценивать непрерывные математические функции. Рассмотрим модель решающего дерева на основе алгоритма M5P. Эта модель представляет собой объединение методов линейной регрессии и древовидной регрессии. Он использует разделение данных на несколько категорий с помощью линейной регрессии.

Данный метод разделения, вводимый в каждом узле, позволяет получить более точные значения с меньшим отклонением значений класса внутри подразделения в каждой ветви. Критерии разделения помогают оценить стандартные отклонения значений класса, распространяющихся на узлы, которые приводят к созданию базовой модели дерева. Этот подход использует метод линейных функций в каждом узле, и использует подход стандартного отклонения путем измерения предполагаемой ошибки в конечном узле. Для построения модели дерева M5P используются три этапа: рост дерева, его обрезка и сглаживание. Обрезка уменьшает вероятность перебора. Этот метод построения решающего дерева делит пространство параметров на подпространства и структуру, а затем включает модель линейной регрессии [2].

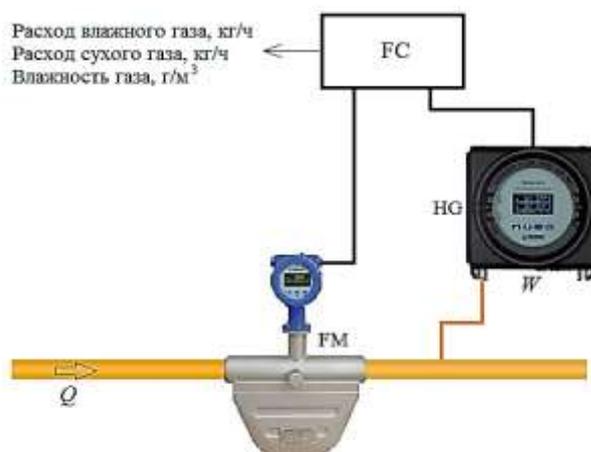


Рисунок 1 - Структура системы контроля расхода газа на газораспределительной станции на базе решающих деревьев

### Теория

Существуют другие алгоритмы, реализующие метод решающих деревьев для решения данной задачи. Одним из таких алгоритмов является модель, называемая случайным деревом Random tree (RT). Алгоритм случайных деревьев используется для оценки определенного количества случайных признаков в каждом узле без обрезки. Случайные деревья имеют мало общего с машинным обучением, которое использует случайные знания, в частности, бэггинг [3]. Каждый узел в случайном дереве разбивается по точности на случайно выбранные подмножества его предшественников узла. Он имеет дело, как с проблемами классификации, так и с задачами регрессии. Случайное дерево – это наборы, известные как оценщики деревьев.

Помимо этого алгоритма применяется способ, называемый методом дерева с уменьшенной ошибкой (REPT – Reduced Error Pruning Tree). Этот метод представляет собой быструю логику деревьев классификации, использующую концепцию отобранных компьютером признаков с уменьшенной случайной и ошибочной дисперсии [4, 5]. REPT использует алгоритм логистической регрессии, а также генерирует многочисленные деревья в нескольких вычислительных процедурах, с помощью которых из всех полученных деревьев было извлечено самое простое дерево [4]. Этот метод позволил создать гибкую и простую процедуру моделирования путем уменьшения сложности внутренней структуры дерева, наблюдая за обучающим набором данных каждый раз, когда результат становится объемным [6]. В этом методе алгоритм сокращения принимает во внимание сложность обратного подбора и пытается использовать наименьшую версию логического дерева с наивысшей точностью [7, 5]. Он также выбирает значение числового атрибута только один раз [8].

### Результаты

В ходе исследования на предмет возможности применения моделей решающих деревьев в качестве алгоритма для расчета расхода сухого газа в составе влажного потока газа, систем измерения и контроля параметров на газораспределительных станциях (ГРС), было получено обоснование с удовлетворительными статистическими свойствами. Полученные свойства убеждают в состоятельности такой модели и перспективности ее применения для измерения газа в установках ГРС. Для этого принимаются следующие методы множественная линейная регрессия, групповой метод обработки данных, алгоритм M5P дерева, которая сочетается с методом решающего с функциями линейной регрессии.

В данной статье были рассмотрены различные методы решающих деревьев. Результаты исследований показали, что все три метода с приемлимыми значениями погрешностей позволяют реализовывать системы измерения расхода влажного газа на базе алгоритмов M5P, RT, REPT.

### Обсуждение

Результаты измерений расхода газа показывают, что аппроксимация коэффициента расхода моделью типа REPT, позволяет измерять расход и количество газа с достаточной точностью. С другой стороны, замена некоторых характеристик систем измерения расхода нейронными сетями позволила бы постоянно обучать их для различных случаев, которые могут возникнуть при эксплуатации систем измерения расхода в будущем.

Таким образом, в рамках данной статьи была решена задача методом дерева с уменьшенной ошибки (REPT – Reduced Error Pruning Tree). Этот метод

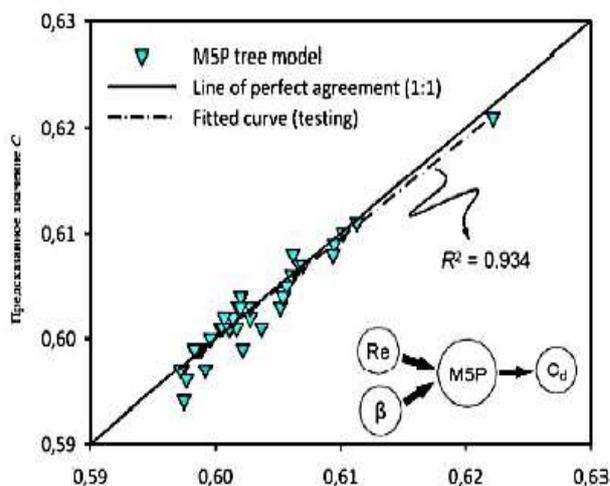


Рисунок 2 - Результаты работы алгоритма на базе модели случайного дерева

дает возможность для реализации возможности быстро вычислить логику деревьев классификации, использующее концепцию отобранных компьютером признаков с уменьшенной случайной и ошибочной дисперсиями, также генерирует многочисленные деревья в нескольких вычислительных процедурах, с помощью которых из всех полученных деревьев было извлечено самое простое дерево. Данная решения древовидная модель M5P направлена на максимизацию меры, называемый сокращением стандартного отклонения. Таким образом построения модельного дерева значительно повышает точность оценок.

Собранный результат был использован для исследования производительности M5P, RT.

### **Выводы**

В статье рассмотрены приемы, которые используют алгоритмы M5P, RT, REPT для решения поставленной задачи в пределах приемлемых погрешностей. Представлена предлагаемая структура системы измерения расхода влажного газа, которая состоит в комбинированном применении массового расходомера и потокового гигрометра, результаты измерений которых обрабатываются с помощью алгоритмов M5P, RT, REPT, реализованных через решающие деревья.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Петров И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и инструменты / под ред. проф. В.П. Дьяконова. М.: СОЛОН-Пресс, 2003. 256 с.
2. Решетников И.С. Автоматизация производственной деятельности газотранспортной компании. М.: НГСС, 2011. - 116 с.
3. Hamoud A.K., Hashim A.S., Awadh W.A. Predicting student performance in higher education institutions using decision tree analysis // Int. J. Interact. Multi. Artif. Intell. 2018. V.5. P. 26-31.
4. Lakshmi D.C. Proficiency comparison of LADTree and REPTree classifiers for credit risk forecast // Int. J. Comput. Sci. Appl. 2015. V. 5 (1). P. 39-50.
5. Quinlan J.R. Learning with Continuous Classes // 5th Australian Joint Conference on Artificial Intelligence. 1992. P. 343-348.
6. Daev Z.h.A. Application of artificial neural networks instead of the orifice plate discharge coefficient // Flow Measurement and Instrumentation. 2020. V. 71. 101674.
7. Chen W., Hong H., Li S., Shahabi H., Wang Y., Wang X., Ahmad B.B. Flood susceptibility modelling using novel hybrid approach of reduced-error pruning trees with bagging and random subspace ensembles // J. Hydrology. 2019. V.575. P. 864-873.
8. Kalmegh S. Analysis of WEKA data mining algorithm REPTree, simple cart and randomtree for classification of Indian news // Int. J. Innov. Sci. Eng. Technol. 2015. V.2. P. 438-446.
9. Zadeh L.A. Fuzzy Sets // Information and Control. 1965. Vol. 8. P. 338-353.
10. Dayev Z.A., Yuluyev V.T. Invariant system for measuring the flow rate of wet gas on Coriolis flowmeters // Flow Measurement and Instrumentation. 2019. V.70. 101653.
11. Gallagher J.E. Natural Gas Measurement Handbook. GulfPublishing Company, 2007. 425 p.
12. Усаков А.А. Системы с нечеткими модулями объектов управления. Смоленск: Смоленский филиал АНО ВПО ЦС РФ «Российский университет кооперации», 2013. 153 с.
13. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. М.: Вильямс, 2006. 1104 с.
14. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2013. 798 с.
15. Ярушкина Н.Г. Основы нечетких и гибридных систем. М.: Финансы и статистика, 2009. 320 с.
16. Mamdani E.H. Application of Fuzzy Logic to Approximate Reasoning Using Linguistic Synthesis // IEEE, Transactions on Computers. 1977. №12. P. 1182-1191.
17. Рудой Г.И. Выбор функции активации при прогнозировании нейронными сетями // Машинное обучение и анализ данных. 2011. №1(1). С. 16-39.
18. Mamdani E.H. Application of fuzzy algorithms for control of simple dynamic plant // Proc.IEEE.-1974/. Vol.121. №12. P. 1585-1588.
19. Economides M.J., Wood D.A. The state of natural gas // Journal of Natural Gas Science and Engineering. 2009. V.1. №1. P. 1-13.
20. Yorucu V., Bahramian P. Prise modelling of natural gas for the EW-12 countries: Evidence from panel cointegration // Journal of Natural Gas Science and Engineering. 2015. V.24. №4. P. 464-472.

### **Шопанова Гульжан Ережеповна**

Баишев Университет

Адрес: Республика Казахстан, г. Актобе, пр. А. Молдагуловой, 64

Магистр, ст. преподаватель

E-mail: shopanova@mail.ru

### **Султанов Наиль Закиевич**

Российский государственный гуманитарный университет

Адрес: 125047, Россия, Москва, Миусская площадь, д.6

Д.т.н., профессор кафедры информационных технологий и систем

E-mail: sultanovnz@mail.ru

G.Y. SHOPANOVA, N.Z. SULTANOV

## APPLICATION OF THE DECISION TREE METHOD FOR SOLVING PROBLEMS OF AUTOMATIC ACCOUNTING OF THE FLOW RATE AND AMOUNT OF WET GAS

**Abstract.** This article discusses the application of the decision tree method to solve problems of automatic accounting of the amount of natural gas. This method is used for classification and forecasting tasks. This method is also called a decision rule tree, classification tree, and regression tree. Within the framework of this work, the method of solving trees is used to effectively solve the problem of automatic accounting of the consumption and quantity of wet natural gas. The article considers the algorithm, the process, the structure of the system, the structure, and also analyzes the results of the system.

**Keywords:** automation, the method of decision trees, wet gas, gas consumption

### BIBLIOGRAPHY

1. Petrov I.V. Programmiruemye kontrollery. Standartnye yazyki i instrumenty / pod red. prof. V.P. D'yakonova. M.: SOLON-Press, 2003. 256 s.
2. Reshetnikov I.S. Avtomatizatsiya proizvodstvennoy deyatelnosti gazotransportnoy kompanii. M.: NGSS, 2011. - 116 s.
3. Hamoud A.K., Hashim A.S., Awadh W.A. Predicting student performance in higher education institutions using decision tree analysis // Int. J. Interact. Multi. Artif. Intell. 2018. V.5. P. 26-31.
4. Lakshmi D.C. Proficiency comparison of LADTree and REPTree classifiers for credit risk forecast // Int. J. Comput. Sci. Appl. 2015. V. 5 (1). P. 39-50.
5. Quinlan J.R. Learning with Continuous Classes // 5th Australian Joint Conference on Artificial Intelligence. 1992. R. 343-348.
6. Daev Z.h.A. Application of artificial neural networks instead of the orifice plate discharge coefficient // Flow Measurement and Instrumentation. 2020. V. 71. 101674.
7. Chen W., Hong H., Li S., Shahabi H., Wang Y., Wang X., Ahmad B.B. Flood susceptibility modelling using novel hybrid approach of reduced-error pruning trees with bagging and random subspace ensembles // J. Hydrology. 2019. V.575. P. 864-873.
8. Kalmegh S. Analysis of WEKA data mining algorithm REPTree, simple cart and randomtree for classification of Indian news // Int. J. Innov. Sci. Eng. Technol. 2015. V.2. P. 438-446.
9. Zadeh L.A. Fuzzy Sets // Information and Control. 1965. Vol. 8. P. 338-353.
10. Dayev Z.A., Yuluyev V.T. Invariant system for measuring the flow rate of wet gas on Coriolis flowmeters // Flow Measurement and Instrumentation. 2019. V.70. 101653.
11. Gallagher J.E. Natural Gas Measurement Handbook. GulfPublishing Company, 2007. 425 p.
12. Usakov A.A. Sistemy s nechetkimi modulyami ob"ektov upravleniya. Smolensk: Smolenskiy filial ANO VPO TSS RF «Rossiyskiy universitet kooperatsii», 2013. 153 s.
13. Haykin S. Neyronnye seti: polnyy kurs. M.: Vil'yams, 2006. 1104 s.
14. Pegat A. Nechetkoe modelirovanie i upravlenie. M.: Binom. Laboratoriya znaniy, 2013. 798 s.
15. Yarushkina N.G. Osnovy nechetkikh i gibridnykh sistem. M.: Finansy i statistika, 2009. 320 s.
16. Mamdani E.H. Application of Fuzzy Logic to Approximate Reasoning Using Linguistic Synthesis // IEEE, Transactions on Computers. 1977. №12. P. 1182-1191.
17. Rudoy G.I. Vybore funktsii aktivatsii pri prognozirovanii neyronnymi setyami // Mashinnoe obuchenie i analiz dannykh. 2011. №1(1). S. 16-39.
18. Mamdani E.H. Application of fuzzy algorithms for control of simple dynamic plant // Proc.IEEE.-1974/. Vol.121. №12. R. 1585-1588.
19. Economides M.J., Wood D.A. The state of natural gas // Journal of Natural Gas Science and Engineering. 2009. V.1. №1. R. 1-13.
20. Yorucu V., Bahramian P. Prise modelling of natural gas for the EW-12 countries: Evidence from panel cointegration // Journal of Natural Gas Science and Engineering. 2015. V.24. №4. R. 464-472.

#### Shopanovna Gulzhan Erezhepovna

Baishev University

Address: Republic of Kazakhstan, Aktobe, Moldagulova  
Master

Email: shopanova@mail.ru

#### Sultanov Nail Zakievich

Russian State Humanitarian University

Address: 125047, Russia, Moscow, Miusskaya Square, 6  
Doctor of technical sciences

Email: sultanovnz@mail.ru

Научная статья

УДК 656.025

doi:10.33979/2073-7432-2024-1-2(84)-17-22

О.И. МОЙСАК

## ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ

***Аннотация:** Рассмотрена возможность использования цифровых технологий на автомобильном транспорте. Приводятся основные преимущества и недостатки, а также отрасли транспорта, в которых они применимы.*

***Ключевые слова:** цифровые технологии, автомобильный транспорт, логистика, развитие*

### **Введение**

Степень развития транспортной системы любого государства является одним из первостепенных признаков ее технологического продвижения и выступает одним из весомых экономических подсистем народного хозяйства страны.

Автомобильный транспорт Республики Беларусь в совокупности с городским электрическим транспортом и метрополитеном выполняют около 96 % от общего объема перевозок пассажиров и оказывают значительное влияние на развитие социальной сферы республики.

Автомобильным транспортом перевозится свыше 58 % от общего объема перевозок пассажиров и грузов. Управление на автомобильном транспорте должно осуществляться с помощью мероприятий, которые в совокупности совершенствуют структуру управления на автомобильном транспорте, усиливают отдачу их работы, позволяют генерировать условия для дальнейшего экономического роста, применять инновационные технологии.

### **Материал и методы**

К одним из направлений инновационных технологий можно отнести цифровые технологии, которые представляют собой сбор, хранение, поиск, передачу и представление информации в электронном виде. В настоящее время цифровые технологии нашли широкое применение для отслеживания и диагностики проблем в сельском хозяйстве, здравоохранении, производстве, как для выполнения ежедневных задач, так и достижения стратегических целей.

В результате пандемии появились предпосылки применения цифровых технологий и на автомобильном транспорте. В настоящее время в логистике наметилась тенденция по развитию электронной торговли, применение беспилотников, за счет чего ускоряется цифровизация цепочек поставок и доставки. Также растет спрос на транзакции и обработку грузов через цифровые платформы на основе технологии распределенных книг, включая блокчейн, отслеживание грузов через технологию Интернет вещей, управление запасами с помощью аналитики, а также планирование ремонта и технического обслуживания с помощью предиктивной аналитики.

Среди требуемых в практике работы предприятий автомобильного транспорта технологий можно выделить искусственный интеллект, беспроводную связь, в том числе компьютерное зрение, речевые технологии, системы поддержки принятия решений, системы распределенного реестра, решения в области виртуальной реальности. Согласно статистических данных спрос транспорта и логистики на цифровые технологии в 2021 г. составил 94,4 млрд евро, а к 2030 г. может вырасти до 626,6 млрд евро [1].

Рассмотрим основные направления: интернет вещей (IoT), искусственный интеллект (AI), программные роботы для автоматизации задач (RPA).

Интернет вещей (Internet of Things, IoT) - это представляет собой сеть коммуницирующих между собой объектов, которые имеют в наличии подключение к интернету и способность обмениваться информацией. Концепция IoT обладает широким спектром возможно-

стей существенно осовременить многие жизненные аспекты и способствовать созданию более благоприятный, умный и рациональный мир.

В 2019 году ведущее место по применению интернет вещей заняла промышленность, второе место - транспорт. Технологии IoT на транспорте - это сеть устройств, которые могут собирать и передавать данные об автобусах, трамваях и автомобилях через интернет, используя IP-камеры, датчики и сенсоры для автоматического контроля всего, что касается транспортного средства, от его местоположения до мониторинга давления в шинах. На основе этих данных разрабатываются такие услуги, как карты пробок, табло прибытия общественного транспорта и приложения для парковки. История развития IoT представлена на рисунке 1.



**Рисунок 1 – История развития Интернет вещей (IoT)**

Так в России драйвером развития IoT в транспортном секторе является Москва, где местные власти мотивируют участников рынка к цифровизации и отрасли: с 2012 по 2021 год на интеллектуальную транспортную систему в Москве было выделено 138 млрд. рублей. Вслед за столицей аналогичные решения внедряются и в регионах.

IoT-устройства помогают создавать цифровых «двойников» автобусов, трамваев, метро и других видов транспорта. Это модель, содержащая информацию обо всех механизмах, их техническом состоянии и графиках ремонта. Данные постоянно обновляются. Система позволяет перейти от планового ремонта к ремонту по требованию, экономя запасные части и снижая аварийность [2].

Решения на основе Искусственный интеллект (AI) сокращают время и общие затраты на складирование и дистрибуцию благодаря анализу существующих маршрутов, выявлению узких мест и концентрации наилучших маршрутах. Механизмы обработки данных на основе AI предоставляют подробную информацию о движении товаров в режиме реального времени и помогают правильно прогнозировать сроки доставки. Главное преимущество AI заключается в том, что его можно использовать один раз и до тех пор, пока он необходим.

Задача таких технологий - помочь людям принимать правильные решения, предупредить их об опасности и сделать жизнь проще и быстрее.

Например, если водитель автобуса или троллейбуса начнет засыпать, электронное устройство сможет подать ему сигнал. Оно также позволит людям оплачивать проезд в общественном транспорте с помощью биометрического распознавания лица, без кондуктора, транспортной карты или смартфона.

На сегодняшний день в России приступили к испытаниям и начинают реализовывать систему контроля усталости водителя. Это особенно актуально для общественного транспорта (поездов метро, автобусов, троллейбусов, трамваев,). Существуют многообразные причи-

ны, по которым водитель может уснуть за рулем, что может стать причиной аварии, в отличие от новой системой такого не произойдет.

Камера специального назначения фиксирует действия водителя, например частоту моргания, движений, мимики лица. Исходя из этих данных электроника определяет степень усталости человека. Если водитель засыпает, отклоняется от маршрута, то система подает звуковой сигнал, чтобы привести водителя в чувства и разбудить его [3].

Рабочий процесс во многих случаях складывается из операций, которые выполняются вручную и требуют значительных затрат времени. В результате выполнения этих операций снижается производительность и мотивация сотрудников.

Любые шаблонные задачи, для которых может быть составлен алгоритм действий, могут быть выполнены программным роботом. Робот поэтапно записывает действия пользователя, для последующего воспроизведения.

Программные роботы для автоматизации задач RPA - это форма автоматизации, которая осуществляет взаимодействие с компьютером с использованием пользовательского интерфейса.

Задача RPA создаст условия для замены систематически повторяющихся задач, которые выполняют виртуальные роботы и люди. Процесс использования роботом компьютера для запуска прикладных программ организован таким же образом, как и у человека, который работает с этим программным обеспечением.

Например, при использовании данной технологии можно выполнять следующие виды работ:

- 1) инвентаризация;
- 2) обработка возвратов товара;
- 3) управление контрактами и счетами;
- 4) мониторинг серверов и приложений;
- 5) мониторинг большого количества транспортных единиц в разных системах;
- 6) работа диспетчерской службы и много другое.

Пример алгоритма работы этой технологии на железнодорожном транспорте может включать следующие этапы:

1) из информационной системы робот создает Excel файл в котором, согласно всем установленным маршрутам, содержатся номера вагонов;

2) переходя во вторую информационную систему, робот, следуя алгоритму, анализирует причины задержки в пути следования вагонов;

3) далее робот поочередно вводит номера вагонов и выгружает все найденные по ним акты в Excel файл. За сутки робот может проанализировать до 1200 вагонов [4].

В результате применения данной технологии возможно достичь оптимизация штата сотрудников.

### ***Теория / Расчет***

В Республике Беларусь на автомобильном транспорте среди новейших инновационных логистических технологий наибольшее распространение получила программа блокчейн, а именно Tradelend. Блокчейн в переводе с английского – построенная по определенным правилам цепочка информационных блоков, которая непрерывна и последовательна. Публичная сеть блокчейн проектировалась как основа для криптовалютных операций. Предельно безопасная от нападения хакеров и контроля со стороны государственных структур, данная сеть является полностью открытой для пользователей. Блокчейн фиксирует информацию, в которую нельзя внести изменения и легко доказать нарушения со стороны какого то из участников. Записи невозможно обратить назад, однако каждый заинтересованный может просмотреть хронологию изменений состояния груза и выявить причины возникновения задержки поставки.

Данная программа позволяет:

- сокращение транспортных затрат на 10-15 %;
- создает прозрачность и надежность цепи поставки;
- устранять посредников;
- отслеживание груза 24/7;
- осуществлять платежи онлайн;
- оформление перевозочных документов.

Принцип работы блокчейна отражен на рисунке 2.

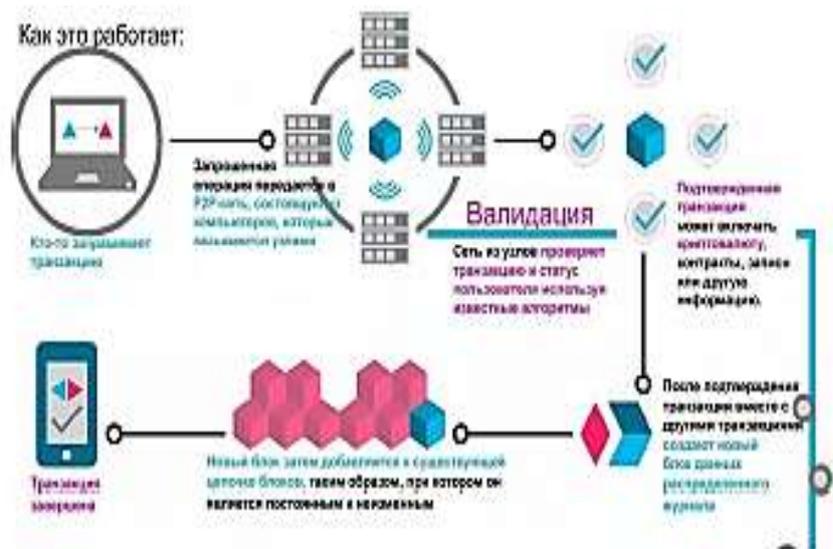


Рисунок 2 – Принцип работы блокчейна

Смарт-контракты позволяют автоматизировать процесс документооборота, обмена данными, передачу товаров и денег. Смарт-контракт представляет собой компьютерный алгоритм действий для автоматического обмена информацией на уровне цифровых сертификатов.

Смарт-контракты, привязанные к технологии блокчейна способствуют минимизации числа участников цепочки, исключая всех «ненужных», связанных с завершением/подтверждением законности передачи ценностей и выступающих гарантами, ускоряют процедуру обработки документов в несколько раз, а также ускоряют процесс поставки материальных ценностей за счет использования цифровых сертификатов, сокращают расходы на посредников, которые работают через комиссионные отчисления, уменьшают уровень коррупции и подлогов.

На примере рассчитаем срок окупаемости и целесообразность внедрения программы блокчейн «Tradelend» на автотранспортном предприятии.

Стоимость программы блокчейн «Tradelend» зависит от пакета. Данная программа предоставляет три пакета:

- программа «Tradelend» с подпиской на год – 1 000 у.е.
- программа «Tradelend» – 1 596 у.е.
- установка программного обеспечения – 500 у.е.

Данная программа необходима работникам транспортно-экспедиционного отдела, в котором 5 сотрудников, тогда сумма инвестиций (Inv) составит:

$$Inv = (1\,596 + 500) * 5 = 10\,480 \text{ у.е.}$$

При опросе сотрудников для оценки эффективности внедрения программы блокчейн «Tradelend» выяснилось, что происходит сокращение времени на оформление перевозочных документов, исключение допущения ошибки при расчетах, сокращение времени документооборота.

### Результаты и обсуждение

Таким образом, можно сделать вывод, что использование программы блокчейн «Tradelend», повысит эффективность работы предприятия за счет сокращения времени на некоторые операции и уменьшение затрат на перевозку в среднем на 15 % за счет отсутствия ошибок и повышенной скорости оформления документов.

Таким образом, затраты на перевозку (3 пер), ранее составляющие 7022 000 у.е. после внедрения программы «Tradelend» составят:

$$Зпер = 7022\,000 * 0,85 = 5968\,700 \text{ у.е.}$$

Рассчитаем, как изменятся затраты после оптимизации погрузочно-разгрузочных операций за счет внедрения программы «Tradelend». Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительный анализ показателей до и после внедрения программы «Tradelend»

Показатель	Значение		Изменение	
	До внедрения	После внедрения	Абсолютное	%
Инвестиции	-	10 480	10 480	-
Затраты на перевозку	7 022 000	5 968 700	1 053 300	15

При дальнейшем расчете чистой дисконтированной стоимости значение получается выше 0, что свидетельствует о целесообразности внедрения программы «Tradelend», а срок окупаемости при заданных показателях для автотранспортного предприятия составит 1 месяц, что также характеризует эффективность внедряемой инновационной технологии.

### Выводы

Перед автотранспортными предприятиями стоит задача по оптимизации не только уже существующих операций на постоянно изменяющемся рынке, но и одновременно внедрять инновационные технологии, выходящие далеко за пределы простых решений по автоматизации. Предприятиям приходится постоянно искать новые решения для того, чтобы они обеспечили им развитие технологий, повысили конкурентоспособность и в конечном счете размер прибыли.

Цифровые технологии позволяют значительно упростить процедуры внешней торговли за счет применения глобальных международных стандартов и моделей данных и создания правовой базы для трансграничной безбумажной торговли. Грамотная стратегия цифровой трансформации позволит повысить эффективность работы на автомобильном транспорте и в целом роль автотранспортного комплекса Республики Беларусь на мировом рынке транспортных услуг.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. CNEWS [Электронный ресурс]. URL: [https://www.cnews.ru/reviews/it\\_v\\_transportnoj\\_otrasli\\_2021](https://www.cnews.ru/reviews/it_v_transportnoj_otrasli_2021).
2. Национальные проекты [Электронный ресурс]. URL: <https://национальныепроекты.рф/news/kak-iskusstvennyy-intellekt-pomogaet-uluchshit-situatsiyu-na-transporte>.
3. Атрохов Н.А., Тураева О.П. Цифровизация грузовых перевозок [Электронный ресурс]. URL: [www.esa-conference.ru](http://www.esa-conference.ru) (дата обращения: 03.01.2023).
4. Hightech [Электронный ресурс]. URL: <https://hightech.fm/2020/07/15/iot-transport-russia>.
5. Уотерс Д. Логистика. Управление цепью поставок. Пер. с англ. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. 503 с.
6. Buh.iq [Электронный ресурс]. URL: <https://buh.ru/articles/documents/139864/> (дата обращения: 04.02.2023).
7. Бамап [Электронный ресурс]. URL: [http://bamap.org/information/smi/2018\\_12\\_03\\_95837/print/](http://bamap.org/information/smi/2018_12_03_95837/print/) (дата обращения: 04.11.2022).
8. НПО АТИС [Электронный ресурс]. URL: <https://www.atis-control.ru/info/articles/chto-takoe-monitoringtransporta-i-zachem-on-nuzhen/> (дата обращения: 05.11.2022).
9. Афанасенко И.Д., Борисова В.В. Цифровая логистика. Санкт-Петербург: Питер, 2019. 269 с.
10. Борисова Л.А., Костюкович Ю.И. Цифровизация логистики: какова роль социальных сетей? // Логистика и управление цепями поставок. 2020. №3. С. 44-50.
11. Воронов И. Трансформация рынка транспортно-логистических услуг в условиях цифровизации экономики России // Логистика. 2020. №4. С. 36-41.
12. Дыбская В.В., Сергеев И.В., Сергеев В.И. Цифровая трансформация цепей поставок предприятий сетевой розницы // Логистика и управление цепями поставок. 2019. №4. С. 3-16.
13. Цифровизация транспортной логистики // Логистика. 2019. №6. С. 4-6.
14. Зубаков Г. Цифровая трансформация транспортно-логистических процессов // Логистика и управление цепями поставок. 2020. №1. С. 35-38.
15. Кондрашова Ю. Методика совершенствования логистических процессов с помощью цифровых технологий // Логистика. 2019. №11. С. 10-13.
16. Кузьмин Л.А. Существующие и перспективные инструменты цифровизации транспортно-логистической инфраструктуры Евразийского экономического союза // Экономика и предпринимательство. 2021. №8. С. 100-104.
17. Мойсак О.И., Ковальчук Л.Н. Построение логистической системы управления запасами и ее временная составляющая // Современный менеджмент: проблемы, анализ тенденций, перспективы развития: материалы III междунар. науч.-практ. конф. преподавателей, аспирантов, магистров, студентов. Волгоград. 2021. – С. 349-352.
18. Некрасов К., Гашкова Л. Основные проблемы и перспективы развития российской транспортной логистики // Логистика. 2021. №4. С. 18-20.
19. Николаевский Н.Н., Григорьев М.Н. Влияние цифровизации на процессы организации и функционирования логистических систем // Логистика и управление цепями поставок. 2018. №5. С. 29-37.
20. Ермаков А., Гуреев П., Гришин В., Кновалова О. Проблемы цифровой трансформации логистических систем цепей поставок // Логистика. 2021. №6. С. 30-35.
21. Пустохин Д., Быкова О., Некрасова Е. Перспективы применения новых технологий в транспортно-логистических системах // Логистика. 2020. №1. С. 22-25.

22. Ермаков И.А., Аникин Б.А., Аникин О.Б., Кузьминых С. Тенденции развития современной логистики // Логистика. 2019. №12. С. 34-39.

23. Рожко О. Блокчейн как инструмент управления в цифровой логистике региона // Логистика. 2019. № 7. С. 8-11.

**Мойсак Оксана Ивановна**

Белорусский национальный технический университет

Адрес: 220000, Республика Беларусь, г. Минск, пр-т. Независимости, 65

К.э.н., доцент, доцент кафедры «Экономика и логистика»

E-mail: su155blr@mail.ru

O.I. MOISAK

## INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN ROAD TRANSPORT

*Abstract.* The possibility of using digital technologies in road transport is considered. The main advantages and disadvantages are given, as well as the transport industries in which they are applicable.

*Keywords:* digital technologies, road transport, logistics, development

### BIBLIOGRAPHY

1. CNEWS [Elektronnyy resurs]. URL: [https://www.cnews.ru/reviews/it\\_v\\_transportnoj\\_otrasli\\_2021](https://www.cnews.ru/reviews/it_v_transportnoj_otrasli_2021).
2. Natsional`nye proekty [Elektronnyy resurs]. URL: <https://natsional`nyeproekty.rf/news/kak-iskusstvennyy-intellekt-pomogaet-uluchshit-situatsiyu-na-transporte>.
3. Atrokhov N.A., Turaeva O.P. Tsifrovizatsiya gruzovykh perevozok [Elektronnyy resurs]. URL: [www.esa-conference.ru](http://www.esa-conference.ru) (data obrashcheniya: 03.01.2023).
4. Hightech [Elektronnyy resurs]. URL: <https://hightech.fm/2020/07/15/iot-transport-russia>.
5. Uoters D. Logistika. Upravlenie tsep`yu postavok. Per. s angl. M.: YUNITI-DANA, 2003. 503 s.
6. Buh.iq [Elektronnyy resurs]. URL: <https://buh.ru/articles/documents/139864/> (data obrashcheniya: 04.02.2023).
7. Bamap [Elektronnyy resurs]. URL: [http://bamac.org/information/smi/2018\\_12\\_03\\_95837/print/](http://bamac.org/information/smi/2018_12_03_95837/print/) (data obrashcheniya: 04.11.2022).
8. NPO ATIS [Elektronnyy resurs]. URL: <https://www.atis-control.ru/info/articles/chto-takoe-monitoringtransporta-i-zachem-on-nuzhen/> (data obrashcheniya: 05.11.2022).
9. Afanasenko I.D., Borisova V.V. Tsifrovaya logistika. Sankt-Peterburg: Piter, 2019. 269 s.
10. Borisova L.A., Kostyukevich Yu.I. Tsifrovizatsiya logistiki: kakova rol` sotsial`nykh setey? // Logistika i upravlenie tsepyami postavok. 2020. №3. S. 44-50.
11. Voronov I. Transformatsiya rynka transportno-logisticheskikh uslug v usloviyakh tsifrovizatsii ekonomiki Rossii // Logistika. 2020. №4. S. 36-41.
12. Dybskaya V.V., Sergeev I.V., Sergeev V.I. Tsifrovaya transformatsiya tsepy postavok predpriyatiy se-tevoy roznitsy // Logistika i upravlenie tsepyami postavok. 2019. №4. С. 3-16.
13. Tsifrovizatsiya transportnoy logistiki // Logistika. 2019. №6. S. 4-6.
14. Zubakov G. Tsifrovaya transformatsiya transportno-logisticheskikh protsessov // Logistika i upravlenie tsepyami postavok. 2020. №1. S. 35-38.
15. Kondrashova Yu. Metodika sovershenstvovaniya logisticheskikh protsessov s pomoshch`yu tsifrovyykh tekhnologiy // Logistika. 2019. №11. S. 10-13.
16. Kuz`min L.A. Sushchestvuyushchie i perspektivnye instrumenty tsifrovizatsii transportno-logisticheskoy infrastruktury Evraziyskogo ekonomicheskogo soyuza // Ekonomika i predprinimatel`stvo. 2021. №8. S. 100-104.
17. Moysak O.I., Koval`chuk L.N. Postroyeniye logisticheskoy sistemy upravleniya zapasami i ee vremennaya sostavlyayushchaya // Sovremennyy menedzhment: problemy, analiz tendentsiy, perspektivy razvitiya: materialy III mezhdunar. nauch.-prakt. konf. prepodavateley, aspirantov, magistrrov, studentov. Volgograd. 2021. - S. 349-352.
18. Nekrasov K., Gashkova L. Osnovnye problemy i perspektivy razvitiya rossiyskoy transportnoy logistiki // Logistika. 2021. №4. S. 18-20.
19. Nikolaevskiy N.N., Grigor`ev M.N. Vliyeniye tsifrovizatsii na protsessy organizatsii i funktsionirovaniya logisticheskikh sistem // Logistika i upravlenie tsepyami postavok. 2018. №5. S. 29-37.
20. Ermakov A., Gureev P., Grishin V., Knovalova O. Problemy tsifrovoy transformatsii logisticheskikh sistem tsepy postavok // Logistika. 2021. №6. S. 30-35.
21. Pustokhin D., Bykova O., Nekrasova E. Perspektivy primeneniya novykh tekhnologiy v transportno-logisticheskikh sistemakh // Logistika. 2020. №1. S. 22-25.
22. Ermakov I.A., Anikin B.A., Anikin O.B., Kuz`minykh S. Tendentsii razvitiya sovremennoy logistiki // Logistika. 2019. №12. S. 34-39.
23. Rozhko O. Blokcheyn kak instrument upravleniya v tsifrovoy logistike regiona // Logistika. 2019. № 7. S. 8-11.

**Maisak Oksana Ivanovna**

Belarusian national technical University

Address: 220000, Belarus, Minsk, Nezavisimosti, 65

Candidate of economic sciences

E-mail: su155blr@mail.ru

Научная статья

УДК 656.13

doi: 10.33979/2073-7432-2024-1-2(84)-23-29

А.С. ТЕРЕНТЬЕВ, С.А. ГУСЕВ, И.А. ГУСЕВА

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В СФЕРЕ ПЕРЕВОЗКИ НЕФТЕПРОДУКТОВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ

***Аннотация.** В статье рассмотрена модель оптимизации маршрута транспортировки различных опасных грузов с учетом равенства рисков в неопределенной среде. Выявлены риски, связанные с дорожно-транспортными происшествиями, а также приведены данные о количестве аварийных случаев. Предложена модель, которая построена в условиях неопределенной среды, для решения задачи разрабатывается многокритериальный генетический алгоритм, основанный на линейном взвешивании.*

***Ключевые слова:** опасные грузы, модель, дорожно-транспортные происшествия, оптимизация, транспорт*

### **Введение**

Риск, связанный с дорожно-транспортным происшествием и другими чрезвычайными событиями, обстоятельствами непреодолимой силы определяют круг вопросов для рассмотрения направлений оценки воздействия на данную систему перевозок. В соответствии с законом «О техническом регулировании» каждая система должна иметь математический аппарат оценки риска, в том числе система перевозок опасных грузов. Оценка риска, а вследствие, разработка системы мер для предотвращения подобных ситуаций при работе в соответствии с ДОПОГ (Европейское соглашение о международной дорожной перевозке опасных грузов) является одним из важных вопросов в области организации перевозок опасных грузов, потому уменьшение числа внештатных ситуаций (аварий) с опасными грузами актуальной темой исследований в области управления процессами перевозок и повышению безопасности дорожного движения [5-9].

Исследуемая система перевозок имеет большие риски по отношению к организации перевозок промышленных грузов, поэтому российскими и зарубежными авторами (Liping Liu, Jiaming Li, Lei Zhou, Tijun Fan, Shuxia Li) был предложен ряд подходов для оценки риска при транспортировке опасных грузов.

Для построения функции оценки транспортных рисков необходимо не только оценивать транспортный риск, но и учитывать влияние скоростных режимов движения, ограниченный движения, вместимости транспортных средств, пропускной способности дороги и других факторов на модель оптимизации перевозок. В данном случае решается задача построения модели оптимизации маршрута, которая позволит учесть сложившуюся ситуацию на дорожной сети и организовать перевозку с опасными веществами более эффективно [4].

### **Материал и методы**

Принимая во внимание такие факторы, как количество подвергшихся воздействию людей и вероятность несчастного случая при транспортировке опасных материалов, ученые построили модели оптимизации маршрутов транспортировки опасных материалов, которые учитывают риски для населения. Что касается подходов к оптимизации процесса управления рисками в сфере перевозки нефтепродуктов автомобильным транспортом, то здесь наиболее эффективным является процессный подход. В данном случае управление рисками представляет собой определенный процесс.

В такой ситуации целесообразно выделять следующие компоненты данного процесса, называемые подпроцессами:

- выявление рисков;
- оценка рисков;

– реализация мероприятий по снижению рисков

### **Теория**

Вероятность транспортного происшествия связана не только с типом опасного груза, но и с погодными условиями, временем суток, дорожными условиями, состоянием транспортного средства и профессиональными навыками транспортного персонала [10]. Итак, вероятность транспортных происшествий выражается в данном исследовании как произведение вероятности происшествий на километр при перевозке на  $h$ -типе подвижного состава с учетом длину звена  $(i, j)$  транспортной сети. Плотность населения вокруг звена в данном исследовании определяется плотностью населения географического района, к которому относится звено. Кроме того, мы рассматриваем время реагирования аварийно-спасательных служб вблизи звена с точки зрения пост-обработки и добавляем время реагирования на аварийные ситуации в функцию оценки рисков. Принимая во внимание разницу в величине риске между различными звеньями, целесообразно оценивать риск с точки зрения стоимостной величины при компенсации риска. Поэтому предлагается многоцелевая модель оптимизации маршрута опасных грузов с учетом транспортных рисков, транспортных расходов и стоимостной оценки риска.

Транспортная сеть представлена графом  $G = (N, A)$ , где  $N$  - множество узлов, а  $A$  - множество звеньев. Транспортировка опасных грузов требует, чтобы перевозчик перевозил различные типы опасных материалов по дорожной сети от начальной точки до конечной [3]. Существует несколько возможных маршрутов транспортировки опасных материалов между начальной и конечной точками, разработанных с учетом требований ДОПОГ. Построенная модель оптимизации маршрута позволяет выбрать предпочтительный вариант маршрута перевозки, чтобы оправдать ожидания заказчика, перевозчика и населения. Рассмотрим математическую формулировку данной задачи.

### **Расчет**

Транспортная сеть представлена графом  $G = (N, A)$  с набором узлов  $N$  и набором связей  $A$ . Согласно [1], если  $\lambda$  представляет собой радиус распространения последствий от чрезвычайной ситуации, то жители в пределах  $\lambda$  могут быть потенциально подвержены воздействию.

Следовательно, площадь пораженного участка составляет:

$$S_{ij} = 2\lambda_h * d_{ij} + \pi(\lambda_h)^2. \quad (1)$$

В этом разделе, принимая во внимание неопределенность плотности населения,  $\rho_z$  рассматривается как интервальное число, то есть  $\rho_z = [\rho_z^-, \rho_z^+]$ . Таким образом, численность населения, пострадавшего от дорожно-транспортного происшествия с опасными грузами на звене  $i, j$  составляет:

$$POP_{ij}^h = S_{ij} * [\rho_z^-, \rho_z^+]. \quad (2)$$

Согласно [2],  $P_h$  определяется как вероятность несчастного случая на километр опасного объекта  $h$ -типа подвижного состава. При транспортировке опасного вещества  $h$ -типа подвижного состава вероятность аварии на звене  $(i, j)$  может быть выражена как:

$$P_{ij}^h = P^h * d_{ij}. \quad (3)$$

По данным об аварийности, количество дорожно-транспортных происшествий с опасными грузами на автодорогах России за последние два года выросло. Так, если в 2020 году было отмечено 14 таких случаев, то в 2021 году – уже 34. При этом больше всего аварий при перевозках опасных грузов произошло в Приволжском федеральном округе (14 инцидентов), на втором месте печального рейтинга Центральный федеральный округ (8), далее следуют Южный (6), Северо-Западный и Уральский (по 5), замыкают список Дальневосточный и Сибирский федеральные округа (по 3 случая в каждом) [13].

Анализ показывает, что в 89% всех случаев были связаны с перевозкой нефтепродуктов, а основными причинами были лобовое или попутное столкновение (17 случаев), в подавляющем большинстве случаев – по вине перевозчика (16 случаев). Более 50% случаев произошло с участием трех и более транспортных средств (7 множественных аварий) и со-

провождалось опрокидыванием, возгоранием или разливом груза (6 случаев) [4].

Типичен, например, случай 27 декабря 2021 года: на 36-м километре Киевского шоссе в ТиНАО г. Москва загорелся грузовик с цистерной (груз – пропан) объемом 7 кубических метров. Факельное горение, продолжавшееся почти 3 часа, создавало угрозу взрыва, движение в сторону центра было полностью перекрыто. По предварительной информации Ространснадзора, причиной аварии стало возгорание бензовоза на проезжей части из-за нарушения герметичности цистерны [12]. В 15.00 пожар был ликвидирован, жертв удалось избежать, ведется проверка деятельности перевозчика, экспертиза транспортного средства, грузовладелец понес значительные убытки [11].

Чем короче время реагирования на чрезвычайные ситуации, тем эффективнее аварийное отделение может уменьшить последствия аварии и возможность вторичной аварии; то есть транспортный риск, вызванный аварией с опасными веществами, меньше, поэтому транспортный риск в этой статье представлен произведением вероятности наступления данного события (аварии), последствий аварии и времени реагирования на аварийную ситуацию.

$$R_{ij}^h = P_{ij}^h * POP_{ij}^h * t_{ij}. \quad (4)$$

В данной работе стоимость транспортировки, осуществляемая перевозчиком, выражается как стоимость времени, которая связана с пройденным расстоянием и скоростью движения транспортного средства на звене  $(i, j)$ . Учитывая, что скорость транспортного средства с опасными веществами  $h$ -типа подвижного состава, движущегося по звену  $(i, j)$ , точно неизвестна, она рассматривается как интервальное число, то есть  $v_{ij}^h = [v_{ij}^{h-}, v_{ij}^{h+}]$ , однако максимальное значение данной величины регламентировано ПДД и вводимыми ограничениями ГИБДД в процессе согласования маршрута движения подвижного состава на заданном маршруте и в указанных условиях движения.

Тогда стоимость перевозки выражается следующим образом:

$$C_{ij}^h = C^h * \frac{a_{ij}}{[v_{ij}^{h-}, v_{ij}^{h+}]}. \quad (5)$$

В данной статье величина риска количественно определяется с помощью стоимости компенсации риска и оптимизируется как одна из многоцелевых функций [14-18]. Компенсацию риска рассматривают следующим образом: принимая во внимание потенциальные риски во время транспортировки и в соответствии с соответствующими стандартами оценки рисков, носители риска на звеньях транспортной сети будут получать компенсацию по определенной цене до того, как произойдет несчастный случай, чтобы отразить реальную стоимостную оценку риска. На этой основе в данной работе вносятся следующие усовершенствования.

Во-первых, модель транспортного риска в этой статье принимает во внимание разницу во времени реагирования на чрезвычайные ситуации аварийно-спасательных служб вблизи автомобильных дорог [19]. Таким образом, в отличие от простого рассмотрения риска воздействия на население, модель равенства рисков в этой статье охватывает величину риска, вызванную разницей во времени аварийного реагирования каналов связи. Во-вторых, в отличие от существующих подходов при расчете компенсации стоимости риска, предлагается в основе использовать значения средней величины риска, по уже известным событиям связанным с перевозкой опасных грузов и данную величину принимать как основу [20]. Также, на наш взгляд, целесообразно принимать во внимание ситуации, когда осуществляется перевозка более чем одного опасного вещества.

В данной работе стоимость компенсации риска по звену  $(i, j)$  представляет собой произведение коэффициента компенсации риска, удельной стоимости компенсации риска и самой величины риска. Выражение стоимости компенсации риска выглядит следующим образом:

$$f_{ij}^h = l_{ij}^h * R_{ij}^h * b, \quad (6)$$

где  $R_{ij}^h$  - транспортный риск по звену  $(i, j)$ ;

$b$  - компенсационный расход на единицу риска;

$l_{ij}^h$  - коэффициент компенсации риска, определяемый разностным отношением между транспортным риском по звену  $(i, j)$ , и средним риском на выбранном маршруте.

Формула выглядит следующим образом:

$$l_{ij}^h = \begin{cases} \frac{R_{ij}^h \overline{R^h}}{R^h}, & R_{ij}^h \overline{R^h} > 0 \\ 0, & R_{ij}^h \overline{R^h} > 0 \end{cases} \forall (i, j) \in A, h \in H. \quad (7)$$

Поскольку целевые функции и условия ограничений содержат интервальные числа, которые не могут быть решены напрямую, модель может быть детерминировано преобразована методом сортировки интервальных чисел.

Для номера интервала, подставляя в параметры максимальное и минимальное значения номеров интервалов, можно получить максимальное и минимальное значения параметров, содержащих номер интервала, как показано в формулах (8)–(11).

$$R_{ij}^{h-} = P_{ij}^h * S_{ij} * \rho_z^- * t_{ij}; \quad (8)$$

$$R_{ij}^{h+} = P_{ij}^h * S_{ij} * \rho_z^+ * t_{ij}; \quad (9)$$

$$C_{ij}^{h-} = C_h * \frac{d_{ij}}{v_{ij}^{h+}}; \quad (10)$$

$$C_{ij}^{h+} = C_h * \frac{d_{ij}}{v_{ij}^{h-}}. \quad (11)$$

Следовательно,  $R_{ij}^h = [R_{ij}^{h-}, R_{ij}^{h+}]$  и  $C_{ij}^h = [C_{ij}^{h-}, C_{ij}^{h+}]$

Таким образом, исходный параметр, содержащий номер интервала, может быть преобразован в уравнения (12) и (13):

$$R_{ij}^{h/} = \eta_{ij}^{h1} * R_{ij}^{h-} + (1 - \eta_{ij}^{h1}) R_{ij}^{h+}; \quad (12)$$

$$C_{ij}^{h/} = \eta_{ij}^{h2} * C_{ij}^{h-} + (1 - \eta_{ij}^{h2}) C_{ij}^{h+}, \quad (13)$$

где  $\eta_{ij}^{h1}$  и  $\eta_{ij}^{h2}$  соответственно вероятность оценки риска персоналом, принимающим решения и готовым нести такую величину транспортного риска, а также транспортные расходы при принятии решения о транспортировке опасного вещества.

Учитывая, что установка  $\eta_{ij}^{h1}$  и  $\eta_{ij}^{h2}$  вызовет отклонения от полученного значения целевой переменной, для контроля отклонения задаются допустимые значения отклонения  $d_{ij}^{h1}$  и  $d_{ij}^{h2}$ , которые представляют отклонение между значением целевой переменной и минимальное значение переменной, как показано ниже, где  $d_{1max}$  и  $d_{2max}$ , соответственно, представляют максимальное значение отклонения, приемлемое для лица, принимающего решение.

$$d_{ij}^{h1} = R_{ij}^{h/} - R_{ij}^{h-}, d_{ij}^{h1} \leq d_{1max}; \quad (14)$$

$$d_{ij}^{h2} = C_{ij}^{h/} - C_{ij}^{h-}, d_{ij}^{h2} \leq d_{2max}. \quad (15)$$

Согласно приведенному выше анализу, задача оптимизации маршрута транспортировки опасных материалов с учетом равенства рисков может быть выражена в виде следующей многокритериальной модели смешанно-целочисленного программирования:

$$\min \sum_{h \in H} \sum_{(i,j) \in A} R_{ij}^{h/} * x_{ij}^h; \quad (16)$$

$$\min \sum_{h \in H} \sum_{(i,j) \in A} C_{ij}^{h/} * x_{ij}^h; \quad (17)$$

$$\min \sum_{h \in H} \sum_{(i,j) \in A} f_{ij}^h; \quad (18)$$

$$P^h * d_{ij} \leq \varphi^h, \forall (i, j) \in A, h \in H; \quad (19)$$

$$R_{ij}^{h/} \leq \varphi^h, \forall (i, j) \in A, h \in H; \quad (20)$$

$$\sum_{(i,j) \in A} x_{ij}^h \sum_{(i,j) \in A} x_{ij}^h = \begin{cases} -1, j=0^h \\ 0, \forall h \in H \\ 1, j=D^h \end{cases}; \quad (21)$$

$$d_{ij}^{h1} = R_{ij}^{h/} - R_{ij}^{h-}, d_{ij}^{h1} \leq d_{1max}; \quad (22)$$

$$d_{ij}^{h2} = C_{ij}^{h/} - C_{ij}^{h-}, d_{ij}^{h2} \leq d_{2max}; \quad (23)$$

$$x_{ij}^h \in (0,1), \forall (i, j) \in A, h \in H. \quad (24)$$

В этой модели есть три цели оптимизации. Среди них уравнение (16) указывает на то, что суммарный риск маршрутов транспортировки разнотипных опасных материалов сводит-

ся к минимуму с учетом времени реагирования на аварийные ситуации. Уравнение (17) минимизирует общую стоимость перевозки химзащиты во всех направлениях по всей транспортной сети с учетом разницы в стоимости перевозки в единицу времени различных видов химзащиты. Уравнение (18) использует стоимость компенсации риска для компенсации звеньев, которые превышают средний риск, и обеспечивает равенство рисков за счет минимизации стоимости компенсации риска. Уравнение (19) представляет собой пороговое значение вероятности аварии всех звеньев при перевозке опасных веществ типа  $h$  подвижного состава, обозначающее максимально допустимую вероятность аварии всех звеньев. Уравнение (20) представляет собой порог риска аварии на транспорте для всех звеньев при транспортировке опасного вещества  $h$ -типа, обозначающий максимально допустимый риск аварии для всех звеньев. Уравнение (21) представляет собой ограничение сохранения потока, обеспечивающее, чтобы направление транспортировки всех опасных веществ было от начальной точки до конечной, а направление потока было сбалансировано по всей транспортной сети. Ограничение (24) представляет собой диапазон значений переменной решения  $x_{ij}^h$ .

### **Результаты**

Рассмотренная модель представляет собой процедуру оптимизации маршрута транспортировки различных опасных материалов с учетом равенства рисков в неопределенной среде, которая включает три цели: транспортный риск, транспортные расходы и равенство рисков. Во-первых, для оптимизации маршрута транспортировки различных опасных материалов транспортировка различных видов опасных материалов не зависит друг от друга; во-вторых, поскольку эти три цели часто противоречат друг другу, они не могут достичь оптимальных условий одновременно; наконец, после детерминированного преобразования модели, построенной в условиях неопределенной среды, для решения задачи разрабатывается многокритериальный генетический алгоритм, основанный на линейном взвешивании.

### **Обсуждение**

Если предположить, что задача оптимизации маршрута перевозки опасных материалов содержит  $q$  -целей, из которых значение целевой функции, соответствующее цели  $q$ , равно  $z_q$ , диапазон значений цели  $q$  равен  $[z_q^{min}, z_q^{max}]$ . Из-за разницы в разных размерностях цели значения функции, соответствующие целям  $Q$ , нормируются, а значения функции отображаются в интервал  $[0, 1]$ . Наконец, многокритериальная модель преобразуется в однокритериальную модель линейно-взвешенным образом, а затем для решения задачи применяется традиционный генетический алгоритм.

### **Выводы**

По результатам проведенного исследования целесообразно сделать следующие выводы:

- применение традиционных методов анализа и оценки рисков имеет недостаток, заключающийся в том, что такие методы не могут ранжировать критерии оценки риска по значимости, исходя из особенностей выполняемой задачи;
- использование метода анализа иерархий дает возможным образом оценить и проанализировать необходимый риск, поскольку в данном случае происходит попарное сопоставление соответствующих вариантов;
- применение относительных единиц позволяет максимально корректно упорядочить риски по уровню значимости;
- работы лучше всего осуществлять с привлечением экспертной группы, применением стандартных методик экспертной оценки.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Gopalan R., Batta R., Karwan M.H. Modeling equity of risk in the transportation of hazardous materials. Oper. Res. 1990. №38. С. 961-973.
2. Saat M.R., Werth C.J., Schaeffer D., Yoon H., Barkan C.P. Environmental risk analysis of hazardous material rail transportation // J. Hazard. Mater. 2014. №264. С. 560-569.
3. Fontaine P., Crainic T.G., Gendreau M., Minner S. Population-based risk equilibration for the multimode hazmat transport network design problem // Eur. J. Oper. Res. 2020. №284. С. 188-200.

4. Очкалова А.Л. Статистика происшествий и меры по снижению аварийных ситуаций при перевозке опасных грузов // Вестник университета. 2016. №6. С. 92-96.
5. Александрова Е.В., Овсянников В.Е. Управление рисками в системе менеджмента качества образовательной организации // Актуальные вопросы менеджмента и систем качества: материалы региональной науч.-практ. конф. Курган. 2017. С. 3-5.
6. Антонов Г.Д., Иванова О. П., Тумин В. М. Управление рисками организации: учебное пособие. – М.: Инфра-М, 2015. – 153 с.
7. Бакиров И.К., Загидулина А.Р. Анализ методики определения расчетных величин пожарного риска производственных объектов // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2017. №2. С. 101-108.
8. Баранов Ю.Н., Трясцын А.П. Анализ и оценка риска при перевозке опасных грузов автомобильным транспортом в АПК // Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2018. №5(26). С. 29-33.
9. Гусев С.А., Терентьев А.С. Оптимизация уровня экологической безопасности при грузоперевозке и переработке нефти // Мир транспорта и технологических машин. 2022. №4-1(79). С. 102-110.
10. Гусев С.А., Терентьев А.С. Оптимизация существующей технологии перевозок грузов с нефтеперерабатывающих предприятий и структуры взаимодействия участников логистической системы // Мир транспорта и технологических машин. 2022. №3-5(78). С. 88-97.
11. Быканова Н.И., Мирошниченко В.В. Современные проблемы развития сегмента транспортировки нефти и нефтепродуктов в России // Новая наука: теоретический и практический взгляд. 2016. №8(88). С. 257-261.
12. Хасанов Т.И. и др. Влияние структурных неопределенностей на геологические риски // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2016. №2. С. 32-40.
13. Гурнович Т.Г., Остапенко Е.А., Молчаленко С.А. Оценка и анализ рисков. М.: Кнорус, 2019. 252 с.
14. Копейкин Г.К., Потемкин В.К. Менеджмент экономической безопасности. СПб.: Терция, 2014. 112 с.
15. Коротченко Е.А., Петрунина Ю.Л. Метод оценки рисков «Критерии. События. Правила» // International Journal of Open Information Technologies. 2016. Vol. 4. Issue 5. С. 52-57.
16. Лансков А.В., Фомин Е.П., Чумак В.А. Риск в предпринимательской деятельности // Экономика и управление. Экономические науки. 2021. №11. С. 49-61.
17. Лапуста М.Г., Шаршукова Л.Г. Риски в предпринимательской деятельности: учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 2018. 203 с.
18. Леонтьев Д.С., Клещенко И.И., Жапарова Д.В. Анализ методов обоснования и принятия решений при проведении ГТМ с целью ограничения водопротоков // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2016. №1. С. 53-61.
19. Найт Ф. Риск, неопределенность и прибыль / Пер. с англ. М. Я. Каждана. М.: Дело, 2013. 359 с.
20. Овсянников В.Е., Васильев В.И. Экспертная система проектирования технологического оборудования // Инженерный вестник Дона. 2015. №1. С. 90-95.

**Терентьев Антон Сергеевич**

Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина  
Адрес: 410054, Россия, г. Саратов, ул. Политехническая, 77  
Аспирант  
E-mail: anforcey@yandex.ru

**Гусев Сергей Александрович**

Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина  
Адрес: 410054, Россия, г. Саратов, ул. Политехническая, 77  
Д.э.н., зав. кафедрой организации перевозок, безопасность движения и сервис автомобилей  
E-mail: o051nm@yandex.ru

**Гусева Инна Андреевна**

Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина  
Адрес: 410054, Россия, г. Саратов, ул. Политехническая, 77  
Аспирант  
E-mail: guseva11.ia@yandex.ru

---

A.S. TERYTYEV, S.A. GUSEV, I.A. GUSEVA

## OPTIMIZATION OF THE RISK MANAGEMENT PROCESS IN THE FIELD OF TRANSPORTATION OF PETROLEUM PRODUCTS BY ROAD

*Abstract. The article considers a model for optimizing the route of transportation of various dangerous goods, taking into account the equality of risks in an uncertain environment. The risks*

*associated with traffic accidents are identified, as well as data on the number of accidents. A model is proposed, which is built in an uncertain environment, a multi-criteria genetic algorithm based on linear weighting is developed to solve the problem.*

**Keywords:** *dangerous goods, model, traffic accidents, optimization, transport*

## BIBLIOGRAPHY

1. Gopalan R., Batta R., Karwan M.H. Modeling equity of risk in the transportation of hazardous materials. *Oper. Res.* 1990. №38. S. 961-973.
2. Saat M.R., Werth C.J., Schaeffer D., Yoon H., Barkan C.P. Environmental risk analysis of hazardous material rail transportation // *J. Hazard. Mater.* 2014. №264. S. 560-569.
3. Fontaine P., Crainic T.G., Gendreau M., Minner S. Population-based risk equilibration for the multimode hazmat transport network design problem // *Eur. J. Oper. Res.* 2020. №284. S. 188-200.
4. Ochkalova A.L. Statistika proisshestviy i mery po snizheniyu avariynykh situatsiy pri perezovke opasnykh gruzov // *Vestnik universiteta.* 2016. №6. S. 92-96.
5. Aleksandrova E.V., Ovsyannikov V.E. Upravlenie riskami v sisteme menedzhmenta kachestva obrazovatel'noy organizatsii // *Aktual'nye voprosy menedzhmenta i sistem kachestva: materialy regional'noy nauch.-prakt. konf. Kurgan.* 2017. S. 3-5.
6. Antonov G.D., Ivanova O. P., Tumin V. M. Upravlenie riskami organizatsii: uchebnoe posobie. - M.: Infra-M, 2015. - 153 s.
7. Bakirov I.K., Zagidulina A.R. Analiz metodiki opredeleniya raschetnykh velichin pozhnogo riska proizvodstvennykh ob"ektov // *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Neft' i gaz.* 2017. №2. S. 101-108.
8. Baranov Yu.N., Tryastsyn A.P. Analiz i otsenka riska pri perezovke opasnykh gruzov avtomobil'nym transportom v APK // *Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.* 2018. №5(26). S. 29-33.
9. Gusev S.A., Terent'ev A.S. Optimizatsiya urovnya ekologicheskoy bezopasnosti pri gruzoperevozke i pererabotke nefi // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin.* 2022. №4-1(79). S. 102-110.
10. Gusev S.A., Terent'ev A.S. Optimizatsiya sushchestvuyushchey tekhnologii perezovok gruzov s neftepere-rabatyvayushchikh predpriyatiy i struktury vzaimodeystviya uchastnikov logisticheskoy sistemy // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin.* 2022. №3-5(78). S. 88-97.
11. Bykanova N.I., Miroshnichenko V.V. Sovremennye problemy razvitiya segmenta transportirovki nefi i nefteproduktov v Rossii // *Novaya nauka: teoreticheskii i prakticheskii vzglyad.* 2016. №8(88). S. 257-261.
12. Hasanov T.I. i dr. Vliyanie strukturnykh neopredelennostey na geologichesknie riski // *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Neft' i gaz.* 2016. №2. S. 32-40.
13. Gurnovich T.G., Ostapenko E.A., Molchalenko S.A. Otsenka i analiz riskov. M.: Knorus, 2019. 252 s.
14. Kopeykin G.K., Potemkin V.K. Menedzhment ekonomicheskoy bezopasnosti. SPb.: Tertsiya, 2014. 112 s.
15. Korotchenko E.A., Petrunina Yu.L. Metod otsenki riskov «Kriterii. Sobytiya. Pravila» // *International Journal of Open Information Technologies.* 2016. Vol. 4. Issue 5. S. 52-57.
16. Lanskov A.V., Fomin E.P., Chumak V.A. Risk v predprinimatel'skoy deyatel'nosti // *Ekonomika i upravlenie. Ekonomicheskie nauki.* 2021. №11. C. 49-61.
17. Lapusta M.G., Sharshukova L.G. Riski v predprinimatel'skoy deyatel'nosti: uchebnoe posobie. M.: INFRA-M, 2018. 203 s.
18. Leont'ev D.S., Kleshchenko I.I., ZHaparova D.V. Analiz metodov obosnovaniya i prinyatiya resheniy pri provedenii GTM s tsel'yu ogranicheniya vodoprotokov // *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Neft' i gaz.* 2016. №1. S. 53-61.
19. Nayt F. Risk, neopredelennost' i pribyl' / Per. s angl. M. YA. Kazhdana. M.: Delo, 2013. 359 s.
20. Ovsyannikov V.E., Vasil'ev V.I. Ekspertnaya sistema proektirovaniya tekhnologicheskogo oborudovaniya // *Inzhenernyy vestnik Dona.* 2015. №1. S. 90-95.

**Terentyev Anton Sergeevich**

Saratov State Technical University  
Address: 410054, Russia, Saratov, Polytechnic str., 77  
Graduate student  
E-mail: anforcey@yandex.ru

**Guseva Inna Andreevna**

Saratov State Technical University  
Address: 410054, Russia, Saratov, Polytechnic str., 77  
Graduate student  
E-mail: guseva11.ia@yandex.ru

**Gusev Sergey Alexandrovich**

Saratov State Technical University  
Address: 410054, Russia, Saratov, Polytechnic str., 77  
Doctor of economics sciences  
Email: o051nm@yandex.ru

Научная статья

УДК 629-118

doi: 10.33979/2073-7432-2024-1-2(84)-30-35

Н.А. ЗАГОРОДНИЙ, А.Н. ДЕГТЯРЬ, И.В. КОЛМЫКОВА, В.А. ШАПОВАЛОВА

## ОСНОВЫ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ «ЧЕЛОВЕК-ЭЛЕКТРОСАМОКАТ» С НЕПОДВИЖНОЙ ПРЕГРАДОЙ, БЕЗ УЧЕТА ДЕФОРМАЦИЙ СИСТЕМЫ

***Аннотация.** Проведена разработка математической модели движения участников дорожного движения, в процессе взаимодействия при прямом центральном абсолютно упругим ударом объекта о неподвижную преграду. В данном случае рассмотрена модель отражающая взаимодействие человека, движущегося на электросамокате с неподвижной преградой.*

***Ключевые слова:** дорожно-транспортное происшествие (ДТП) средства индивидуальной мобильности (СИМ), электросамокат, механизм дорожно-транспортного происшествия, место первоначального контакта, дальность отлета человека, аварийность*

### **Введение**

Согласно, официальной статистике, имеющейся в открытых источниках каждый год наблюдается рост основных показателей дорожно-транспортной аварийности. Наиболее массовыми видами дорожно-транспортных происшествий (ДТП) являются столкновение транспортных средств, наезд на пешехода и съезд с дороги. За последние годы наблюдается тенденция увеличения использования на дорогах уличной сети различных средств индивидуальной мобильности (СИМ), что неотъемлемо влечет за собой увеличение количества ДТП с их участием. Наибольшее количество аварий, в которых одним из участников является СИМ – человек управляющий электросамокатом. Рост аварийности, в том числе связан с увеличением численности автомобилей, увеличение количества новых видов перемещения, посредством СИМ, а также недостаточная инфраструктура перемещения улично-дорожной сети для СИМ.

При производстве исследований в области автотехнических экспертиз приоритетным направлением является установление механизма ДТП на всех стадиях его развития. Ключевым в данном вопросе является перемещение транспортных средств на стадии сближения. Установление перемещения транспортных средств (ТС) на данной стадии позволяет в дальнейшем определить, чьи действия в складывающейся дорожно-транспортной ситуации (ДТС) повлекли ее негативное развитие. Однако, чаще всего следовая обстановка на месте происшествия не отражает перемещение транспортных средств на стадии сближения, что не позволяет определить ключевые параметры механизма, что в свою очередь может привести к неоднозначным выводам.

Следовательно, разработка общей модели перемещения ТС в результате аварии является одной из главных задач в настоящее время.

На сегодняшний день уже проведено большое количество исследований, однако, вопросы математического моделирования поведения ТС при ДТП до конца не изучены. Вопросами выявления взаимосвязей элементов системы «Водитель-Автомобиль-Дорога-Среда» (далее ВАДС) и признаков мест возникновения ДТП занимались в своих работах Вонг Дж., Коллинз Д., Суворов Ю.Б., Байэтт Р., Моррис Д., Уотт Р., Иларионов В.А., Агуреев И.Е., Афанасьев М.Б., Бабков В.Ф., Боровской Б.Е., Гиттис В.Ю., Евтюков С.А., Жанказиев С.В., Евтюков С.С., Зырянов В.В., Новиков А.Н., Новиков И.А., Корчагин В.А., Клявин В. Э., Рябоконт Ю.А., Сильянов В.В., и др. Анализируя выше перечисленные работы, отмечено, что исследований, связанных с математическим моделированием процесса движения транспортных средств при ДТП на основе вероятностного подхода, не проводилось.

### Материал и методы

В данной статье рассмотрен прямой центральный абсолютно упругий удар объекта (человек на электросамокате) о неподвижную преграду (кузов автомобиля).

Цель исследования заключается в определении перспективных путей повышения эффективности использования научных знаний при расследовании ДТП на основе вероятностного подхода математического моделирования процесса движения ТС.

Предлагаемая модель позволит прогнозировать перемещение ТС с учетом большого массива переменных на основе вероятностного подхода, на каждой стадии сложного движения, основанного на фундаментальных принципах механики.

### Теория / Расчет

На первоначальном этапе задача состоит в разработке математической модели взаимодействия транспортного средства (электросамоката с человеком) с некоторой преградой, например, автомобиль, бордюр и т.п. Электросамокат с человеком – тело 1, автомобиль – тело 2. Тело 1 движется со скоростью  $\bar{v}_1$  и сталкивается с неподвижной преградой (телом 2). Обозначим массу человека  $m_{1,1}$ , массу электросамоката  $m_{1,2}$  и массу системы «человек-электросамокат» соответственно  $M_1$ , масса которого равна:

$$M_1 = m_{1,1} + m_{1,2}.$$

При взаимодействии тела 1 с телом 2 в некоторой точке А происходит резкая остановка электросамоката, что можно рассматривать как удар. Обозначим силы тяжести, действующие на каждое из тел в соответствии с принятыми обозначениями:  $\bar{G}_{1,1}$ ,  $\bar{G}_{1,2}$ ,  $\bar{G}_2$ . На начальном этапе исследования, будем полагать, что удар абсолютно неупругий, коэффициент восстановления равен:

$$k = \frac{u_1}{v_1} = 0.$$

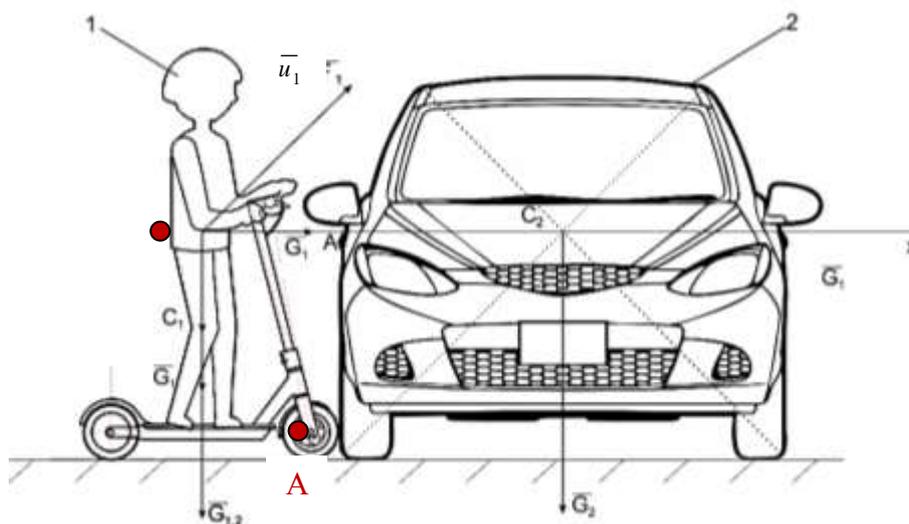


Рисунок 1 - Математическая модель: человек-электросамокат и неподвижная преграда

Так как масса тела 1 на два порядка меньше массы тела 2, то это означает, что начальная скорость движения человека после удара будет равна скорости электросамоката перед взаимодействием  $u_1 = v_1$ , а тело 2 остается неподвижным. Самокат начинает вращаться вокруг точки А до момента соприкосновения колонки руля самоката с кузовом автомобиля.

Рассмотрим движение тела 1 после столкновения средства индивидуальной мобильности (в данном случае электросамокат) с неподвижным препятствием (автомобилем). Пусть скорость автомобиля –  $V_1$ , скорость электросамоката –  $V_2$ , скорость человека –  $V_3$  (рис. 2).

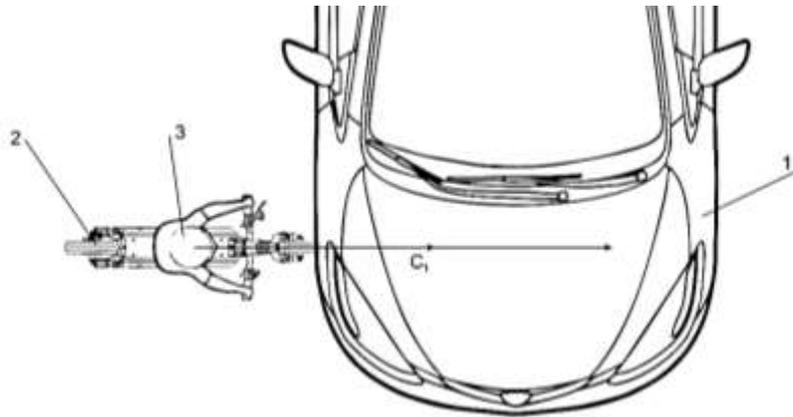


Рисунок 2 - Модель «электросамокат-неподвижное препятствие»: 1 – автомобиль; 2 – электросамокат; 3 – человек

Для расчета принято следующее предположение – центры тяжести  $C_2$  и  $C_3$  лежат на одной вертикали. В начальный момент времени скорости  $V_2$  и  $V_3$  приведем к общему центру масс тела 1 и направим по касательной к окружности с центром в точке  $A$  (рис. 3). Тело 1 будем считать материальной точкой.

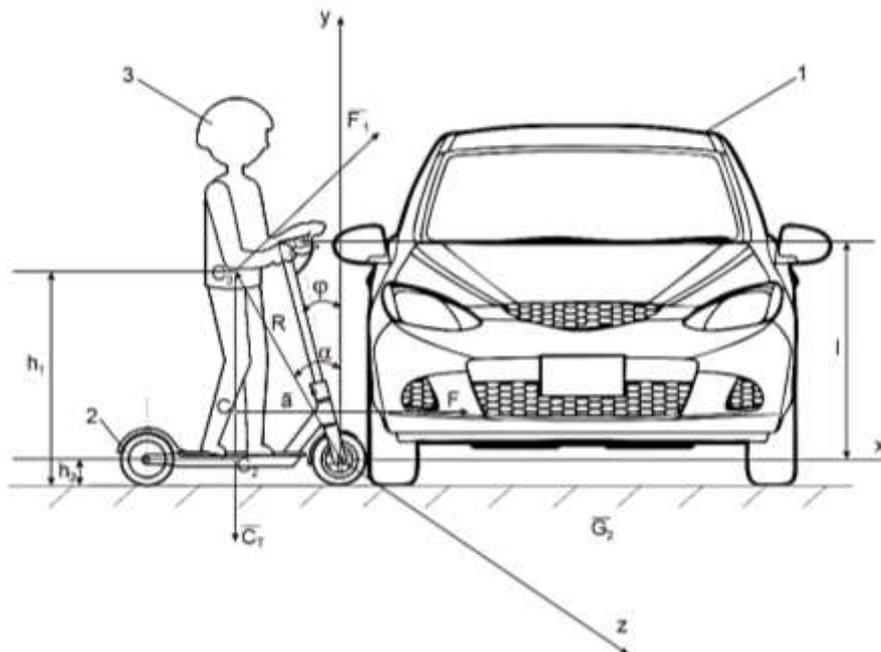


Рисунок 3 - Математическая модель: человек- электросамокат и неподвижный автомобиль:  $C_2$  – центр тяжести электросамоката;  $C_3$  – центр тяжести человека

Дифференциальное уравнение движения:

$$J_{z1} \ddot{\phi} = \sum_{k=1}^n m_z (\overline{F_k}). \tag{1}$$

Записав правую часть уравнения (1) имеем

$$J_z \ddot{\phi} = -G_1 \sqrt{x_{C1}^2 + y_{C1}^2} \sin(\alpha - \phi), \tag{2}$$

где  $G_1$  – сила тяжести;

$J_z$  – момент инерции;

$x_{C1}, y_{C1}$  – координаты центра тяжести в начальный момент времени.

$$J_{z1} = M_1 (x_{C1}^2 + y_{C1}^2).$$

Момент инерции не изменяется. Решение системы уравнений (2) осуществим методом

интегрирования дифференциальных уравнений движения.

$$M_1(x_{c1}^2 + y_{c1}^2) \frac{d\phi}{dt} = -M_1 g \sqrt{x_{c1}^2 + y_{c1}^2} \sin(\alpha - \phi);$$

$$\frac{d\phi}{dt} = -\frac{g}{\sqrt{x_{c1}^2 + y_{c1}^2}} \sin(\alpha - \phi);$$

$$\frac{d\phi}{dt} = -\frac{g}{\sqrt{x_{c1}^2 + y_{c1}^2}} \sin(\alpha - \phi);$$

$$\phi \frac{d\phi}{d\phi} = -\frac{g}{\sqrt{x_{c1}^2 + y_{c1}^2}} \sin(\alpha - \phi);$$

$$\int \phi d\phi = \int -\frac{g}{\sqrt{x_{c1}^2 + y_{c1}^2}} \sin(\alpha - \phi) d\phi.$$

В результате интегрирования и учета начальных условий решение примет вид:

$$\phi = \omega = \sqrt{\frac{g}{\sqrt{x_{c1}^2 + y_{c1}^2}}} [\cos \alpha - 2 \cos(\alpha - \phi)] + \frac{v_1^2}{2(x_{c1}^2 + y_{c1}^2)}. \quad (3)$$

Полученное уравнение представляет собой закон изменения угловой скорости на участке вращения тела 1.

### Результаты

Уравнение (3) позволяет определить динамические характеристики движения системы человек-электросамокат. В зависимости от входных параметров можно определить такие кинематические характеристики движения как начальная скорость (скорость в момент столкновения) и конечная скорость.

### Обсуждение

Проведен анализ выявления взаимосвязей элементов системы «Водитель-Автомобиль-Дорога-Среда» (ВАДС) и признаков мест возникновения дорожно-транспортного происшествия (ДТП).

### Выводы

Получена математическая модель взаимодействия человека, движущегося на электросамокате с неподвижной преградой, в данном случае автомобилем, на основе системы «человек-электросамокат», без учета деформаций системы.

Данные вычисления позволяют заложить основы методики расчета элементов системы электросамокат (человек) – автомобиль.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иларионов В.А. Судебная автотехническая экспертиза. Ч.2. М.: ВНИИСЭ., 1980. 230 с.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Механика. М.: Наука, 1979. 520 с.
3. Шебалин О.Д. Физические основы механикиакустики. Высш. школа, 1981. 269 с.
4. Стрелков С.П. Общий курс физики. Механика. М.: Наука, 1975. 215 с.
5. Поиски закономерностей в физическоммире / К. Шварц, Т. Гольдфарб; Пер. с англ. А.А. Вашмана, И.С. Пронина; Под ред. проф. Л.Л. Декабуна. М.: Мир, 1977. 127 с.
6. Иванов А.И. Закономерности удара в механических системах. М.: Природа, 1999. №10. 38 с.
7. Аппель П. Теоретическая механика. Т 2. М.: Физматиз, 1960. 487 с.
8. Даламбер Ж.М. Динамика. Л.: Гостехиздат, 1950. 343 с.
9. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Механика. М.: Наука, 1979. 312 с.
10. Шебалин О.Д. Физические основы механики и акустики. М.: Высш. школа, 1981. 269 с.
11. Стрелков С.П. Механика. М.: Наука, 1975. 215 с.
12. Григорьев А.Ю., Малякко Д.П. Соударение тел: Учебно-методическое пособие. СПб.: Питер, 2015. 43 с.
13. Кильчевский Н.А. Теория соударения твердых тел. К.: Наукова думка, 1969. 247 с.

14. Герц Г. Принципы механики, изложенные в новой связи (Соударение двух систем (288)) / Под ред. И.И. Артоболевского. М.: АН СССР, 1959. 386 с.
15. Гольдсмит В. Удар. М.: Стройиздат, 196 с.
16. Семькина А.С., Загородний Н.А. Повышение безопасности дорожного движения за счет снижения тяжести последствий ДТП // Мир транспорта и технологических машин. Орел: ОГУ им. И.С. Тургенева. 2018. №3(62). С. 88-95.
17. Болотов Р.А., Загородний Н.А. Методы снижения тяжести последствий ДТП // Автомобильная промышленность. Белгород. 2017. №11. С. 31-32.
18. Дрогачева Я.А. [и др.] Безопасное применение гироскутеров, сигвеев, электросамокатов и иных современных средств передвижения // Магистратура – автотранспортной отрасли: Материалы V Всероссийской межвузовской конференции. СПб.: Санкт-Петербург. 2021. С. 232-237.
19. Новиков А.Н. [и др.] Комплексный подход к определению механизма дорожно-транспортного происшествия // Мир транспорта и технологических машин. Орел: ОГУ им. И.С. Тургенева, 2022. №3-3(78). С. 60-67.
20. Костоглодов Д.С., Загородний Н.А. Проблема нарушения скоростного режима на дорогах // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Посвящена 165-летию В.Г. Шухова. Б.: Белгород. 2018. С. 2448-2450.

**Загородний Николай Александрович**

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Адрес: 308012, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46

К.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Эксплуатация и организация движения автотранспорта»

E-mail: n.zagorodnij@yandex.ru

**Дегтярь Андрей Николаевич**

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Адрес: 308012, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46

К.т.н., доцент, заведующий кафедрой теоретической механики и сопротивления материалов

E-mail: andrey-dandr@yandex.ru

**Колмыкова Ирина Владимировна**

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Адрес: 308012, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46

Старший преподаватель кафедры теоретической механики и сопротивления материалов

E-mail: i.kolmyk-va@yandex.ru

**Шаповалова Виктория Александровна**

Экспертно-криминалистический центр Управления министерства внутренних дел России по Белгородской области

Адрес: 308000, Россия, г. Белгород, пр. Славы, 60

Старший эксперт отдела технических экспертиз

E-mail: sevevi@mail.ru

---

N.A. ZAGORODNIJ, A.N. DEGTYAR, I.V. KOLMIKOVA, V.A. SHAPOVALOVA

**FUNDAMENTALS OF THE METHODOLOGY FOR CALCULATING  
INTERACTION BASED ON THE «MAN-ELECTRIC SCOOTER» SYSTEM WITH A  
FIXED OBSTACLE, WITHOUT TAKING INTO ACCOUNT DEFORMATIONS OF THE  
SYSTEM**

*Abstract.* The development of a mathematical model of the movement of road users, in the process of interaction with a direct central absolutely elastic impact of an object on a stationary obstacle. In this case, a model reflecting the interaction of a person moving on an electric scooter with a stationary obstacle is considered.

*Keywords:* means of individual mobility (MIM), traffic accident (road accident), the mechanism of a traffic accident, accident rate, causal relationship of accidents

**BIBLIOGRAPHY**

1. Ilarionov V.A. Sudebnaya avtotekhnicheskaya ekspertiza. CH.2. М.: VNIISE., 1980. 230 s.

2. Sivukhin D.V. Obshchiy kurs fiziki. Mekhanika. M.: Nauka, 1979. 520 s.
3. Shebalin O.D. Fizicheskie osnovy mekhaniki i akustiki. Vyssh. shkola, 1981. 269 s.
4. Strelkov S.P. Obshchiy kurs fiziki. Mekhanika. M.: Nauka, 1975. 215 s.
5. Poiski zakonornostey v fizicheskoye / K. SHvarts, T. Gol'dfarb; Per. s angl. A.A. Vashmana, I.S. Pronina; Pod red. prof. L.L. Dekabrana. M.: Mir, 1977. 127 s.
6. Ivanov A.I. Zakonornosti udara v mekhanicheskikh sistemakh. M.: Priroda, 1999. №10. 38 s.
7. Appel' P. Teoreticheskaya mekhanika. T 2. M.: Fizmatiz, 1960. 487 s.
8. Dalamber ZH.M. Dinamika. L.: Gostekhizdat, 1950. 343 s.
9. Sivukhin D.V. Obshchiy kurs fiziki. Mekhanika. M.: Nauka, 1979. 312 s.
10. Shebalin O.D. Fizicheskie osnovy mekhaniki i akustiki. M.: Vyssh. shkola, 1981. 269 s.
11. Strelkov S.P. Mekhanika. M.: Nauka, 1975. 215 s.
12. Grigor'ev A.YU., Malyavko D.P. Soudarenie tel: Uchebno-metodicheskoe posobie. SPb.: Piter, 2015. 43 s.
13. Kil'chevskiy N.A. Teoriya soudareniya tverdykh tel. K.: Naukova dumka, 1969. 247 s.
14. Gerts G. Printsipy mekhaniki, izlozhennyye v novoy svyazi (Soudarenie dvukh sistem (288)) / Pod red. I.I. Artobolevskogo. M.: AN SSSR, 1959. 386 s.
15. Gol'dsmit V. Udar. M.: Stroyizdat, 196 s.
16. Semykina A.S., Zagorodniy N.A. Povyshenie bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya za schet snizheniya tyazhesti posledstviy DTP // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. Orel: OGU im. I.S. Turgeneva. 2018. №3(62). S. 88-95.
17. Bolotov R.A., Zagorodniy N.A. Metody snizheniya tyazhesti posledstviy DTP // Avtomobil'naya promyshlennost'. Belgorod. 2017. №11. S. 31-32.
18. Drogacheva YA.A. [i dr.] Bezopasnoe primeneniye giroskuterov, sigveev, elektrosamokatov i inykh sovremennykh sredstv peredvizheniya // Magistratura - avtotransportnoy otrasli: Materialy V Vserossiyskoy mezhdunarodnoy konferentsii. SPb.: Sankt-Peterburg. 2021. S. 232-237.
19. Novikov A.N. [i dr.] Kompleksnyy podkhod k opredeleniyu mekhanizma dorozhno-transportnogo proisshestiya // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. Orel: OGU im. I.S. Turgeneva, 2022. №3-3(78). S. 60-67.
20. Kostoglodov D.S., Zagorodniy N.A. Problema narusheniya skorostnogo rezhima na dorogakh // Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya molodykh uchenykh BGTU im. V.G. Shukhova. Posvyashchena 165-letiyu V.G. Shukhova. B.: Belgorod. 2018. S. 2448-2450.

**Zagorodny Nikolay Alexandrovich**

Belgorod State Technological University  
Address: 308012, Russia, Belgorod, st. Kostyukova, 46  
Candidate of technical science  
E-mail: n.zagorodnij@yandex.ru

**Degtyar Andrey Nikolaevich**

Belgorod State Technological University  
Address: 308012, Russia, Belgorod, st. Kostyukova, 46  
Candidate of technical science  
E-mail: andrey-dandr@yandex.ru

**Kolmykova Irina Vladimirovna**

Belgorod State Technological University  
Address: 308012, Russia, Belgorod, st. Kostyukova, 46  
Senior lecturer of the department «Theoretical mechanics and resistance of materials»  
E-mail: i.kolmyk-va@yandex.ru

**Shapovalova Victoria Alexandrovna**

ECC of the Ministry of Internal Affairs of Russia in the Belgorod region  
Address: 308000, Russia, Belgorod, Slava Ave., 60  
Senior expert of the ECC of the Ministry of Internal Affairs of Russia in the Belgorod region  
E-mail: sevevi@mail.ru

Научная статья

УДК 656.13

doi:10.33979/2073-7432-2024-1-2(84)-36-42

С.С. ЕВТЮКОВ, И.С. БРЫЛЕВ, Н.О. ПОЛЕТАЕВ

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ПРОВЕДЕНИЯ ОСМОТРА МЕСТА ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОГО ПРОИСШЕСТВИЯ

**Аннотация.** Рассматриваются актуальные проблемы при проведении сотрудниками ГИБДД первичного осмотра места дорожно-транспортного происшествия и участвовавших в нем транспортных средств. Выявлены пробелы в действующих законодательных актах, которые препятствуют эффективному решению проблем, возникающих в процессе расследования причин ДТП. Предложены процессы по совершенствованию методов проведения первичного осмотра места ДТП, способствующие наиболее достоверно реконструировать механизм столкновения транспортных средств и повысить эффективность расследования причин ДТП.

**Ключевые слова:** дорожно-транспортное происшествие, безопасность дорожного движения, первичное расследование дорожно-транспортных происшествий, транспортные средства, осмотр, фото и видеосъемка

### Введение

В настоящий момент в Российской Федерации на начало 2023 года поставлено на учет около 60 450 000 транспортных средств, в том числе: легковые автомобили - 50650000 единиц, грузовые автомобили - 6700000 единиц, автобусы - 800000 единиц, мотоциклы, мопеды, квадроциклы - 2300000 единиц. В Москве зафиксировано около 4130000 транспортных средств, что при населении города 13 097 539 человек создает уровень автомобилизации 328 транспортных средств на 1000 человек населения. Несмотря на то, что в Москве в 2022 году впервые была зафиксирована убыль легкового парка (количество зарегистрированных в ГИБДД автомобилей сократилось на 16,6 тыс.) показатели аварийности и травматизма участников дорожного движения остаются достаточно высокими.

Количество и тяжесть ДТП в Российской Федерации в период с 2017 года по 2023 год (сведения об аварийности за 2023 год указаны на основании результатов за январь) представлены в таблице 1 и на рисунке 1 [1].

Таблица 1 – Количество и тяжесть ДТП в Российской Федерации

Год	Количество ДТП	Ранено	Погибло	Тяжесть ДТП
2015	184 000	231 197	23 114	9,1
2016	173 694	221 140	20 308	8,4
2017	169 432	215 374	19 088	8,1
2018	168 099	214 853	18 214	7,8
2019	164 358	210 877	16 981	7,5
2020	145 073	183 040	16 152	8,1
2021	133 331	167 856	14 874	8,1
2022	126 705	159 635	14 172	8,2
2023 (за 1 мес.)	8 382	11 118	1039	8,5

Анализ судебной экспертной практики показывает, что одним из наиболее важных аспектов установления причинно-следственной связи при расследовании ДТП по уголовным, гражданским и административным делам является осмотр места происшествия, в том числе осмотр транспортных средств - участников ДТП, от корректности и точности осуществления которого напрямую зависит установление фактических причин ДТП [2-4]. Следует отметить, что в настоящее время используемые методы осмотра места ДТП недостаточно эффективны, так как основные задачи осмотра места происшествия выполняются сотрудниками ГИБДД не в полном объеме.

Целью данного исследования является выявление основных недостатков при проведении осмотра места ДТП сотрудниками ГИБДД и формирование комплекса мер по улучшению методов проведения осмотра места происшествия.

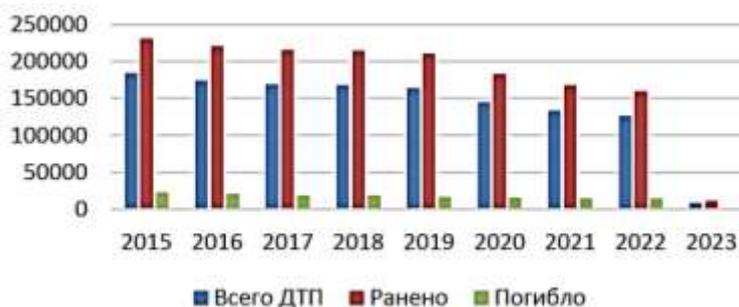


Рисунок 1 – Количество ДТП в Российской Федерации и тяжесть последствий

### Материал и методы

С целью выявления основных недостатков и совершенствования методов проведения осмотра места происшествия был произведен:

- анализ основополагающих задач и недостатков осмотра места происшествия (указан ниже по тексту);
- анализ материалов проверки по факту ДТП, в количестве 150 единиц (пример представлен ниже по тексту);
- анализ приказа МВД России N 664 от 23.08.2017 (в настоящее время действия сотрудников ГИБДД в части осмотра места ДТП регламентируются данным нормативным актом).

### Теория

Своевременный и квалифицированный осмотр места происшествия позволяет получить объективную, и поэтому несомненно ценную, информацию об обстоятельствах ДТП, которая впоследствии может быть использована экспертами при реконструкции дорожной обстановки в месте происшествия непосредственно перед наездом, столкновением, опрокидыванием ТС. При воссоздании механизма и определения причин ДТП [5]. Чем информативнее будут данные с осмотра места происшествия, тем проще методика исследования, применяемая экспертом для установления фактического механизма ДТП, и вернее его результаты.

Основополагающими задачами осмотра места происшествия являются [6]:

- фиксация трасологических следов (царапины, вмятины и т.д.), образовавшихся на поверхностях кузова ТС во время ДТП;
- фиксация трасологических следов (осыпь осколков ТС и/или грязи, а также следы торможения и/или волочения) на дорожном полотне и за его пределами;
- фиксация погодных условий и состояния проезжей части на месте ДТП;
- определение технического состояния ТС;
- осуществление подробной фото и видеосъемки на месте ДТП;
- составление схемы ДТП с указанием места происшествия, ширины проезжей части, наличие дорожной разметки и знаков, количество полос движения для каждого из направлений и их ширины, направление движения участников ДТП до момента его наступления. Осуществление привязки конечного положения ТС после ДТП и места столкновения со слов каждого из участников ДТП и очевидцев к стационарным объектам, сооружениям и элементам дороги. Следует отметить, что замеры необходимо выполнять с применением измерительного оборудования, имеющего действующую поверку средств измерений.

Не выполнение одной или нескольких задач в результате осмотра места происшествия приводит к проблемам воссоздания фактического механизма ДТП, а именно:

- усложняется и снижается достоверность графического сопоставления и выявления контактирующих пар ТС;
- усложняется и снижается достоверность установления места и угла столкновения ТС, а также их направления до наступления контакта;
- выбора корректных коэффициентов и значений, которые в дальнейшем применяются при расчете скорости ТС до момента столкновения;

- определения состоятельности версии одного из участников ДТП;
- реконструкции механизма ДТП (сближение ТС перед столкновением; их взаимодействие при ударе; отбрасывание (движение после столкновения).

На примере рассмотрим один из материалов ДТП из экспертной практики, который был составлен сотрудниками ГИБДД. При детальном изучении материала ДТП экспертом были выявлены следующие пробелы:

- в справке о ДТП отсутствует полный перечень повреждений ТС;
- на схеме места ДТП отсутствует осыпь осколков и следы торможения ТС, с их привязкой к стационарным объектам, сооружениям и элементам дороги (рис. 2 и 3);
- отсутствует подробная фото и видеосъемка на месте ДТП. На исследование представлено одно фото низкого качества (рис. 3);
- на схеме места ДТП изображено некорректное конечное положение ТС после ДТП, так как на фотографии с места ДТП конечное расположение автомобиля FORD TRANSIT зафиксировано на проезжей части в пределах правой полосы в крайнем левом положении, параллельно конечному положению автомобиля OPEL ASTRA (рис. 2 и 3);
- отсутствует указание применяемого измерительного оборудования и действующего сертификата поверки средства измерения.

Таким образом, от полноты информации, которую можно собрать на месте происшествия, в конечном итоге зависит установление причин ДТП и личности настоящего виновника [7].

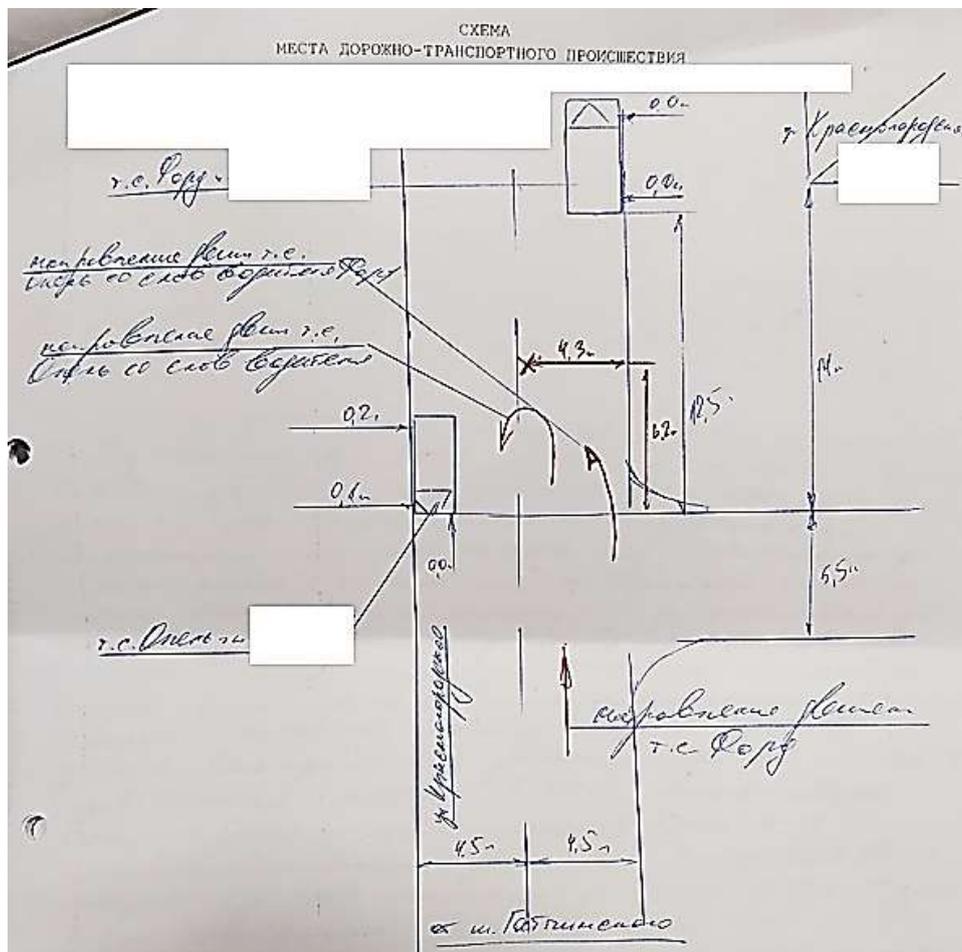


Рисунок 2 – Схема места ДТП

### Результаты и обсуждение

Описанные выше проблемы требуют решения, как на техническом уровне, так и на законодательном уровне. Для решения указанных проблем разработан описанный ниже комплекс организационных и технических мероприятий.

В настоящее время действия сотрудников ГИБДД в части осмотра места ДТП регла-

ментируются нормативным актом, а именно приказом МВД России №664 от 23.08.2017 [6]. При этом основные задачи осмотра места ДТП выполняются не в полном объеме, что в дальнейшем усложняет расследование и определение фактической причины ДТП. При наличии указанных проблем рекомендуется на законодательном уровне разработать подробный поэтапный алгоритм действий сотрудников ГИБДД при осмотре места ДТП, которым они должны будут руководствоваться.



**Рисунок 3 – Фотография с места ДТП. Желтым цветом обозначены следы торможения автомобиля FORD TRANSIT, красным – прерывистая линия разметки 1.5, синим – зона осыпи осколков деталей КТС, черным – конечное расположение автомобиля OPEL ASTRA**

Применение поэтапного алгоритма осмотра места ДТП может привести к увеличению загрузки сотрудников ДТП. В связи с этим при отсутствии пострадавших и небольшой сумме убытка предлагается выполнить оформление Европротокола, а затем направить его в ГИБДД через сайт «Госуслуги». Однако анализ опроса студентов СПбГАСУ, представленный на рисунке 4 свидетельствует о том, что 86 из 100 студентов предпочли бы оформление ДТП с участием сотрудников ГИБДД, и только 14 человек оформили бы Европротокол самостоятельно. Большинство участников опроса отказываются оформлять Европротокол, так как им не хватает специальных знаний при его заполнении, а именно затрудняются заполнить корректные объяснения водителей и обстоятельства ДТП, описать поврежденные элементы ТС, составить схему места ДТП. При наличии указанных проблем рекомендуется на законодательном уровне усовершенствовать инструкцию к Европротоколу, которая повысит доверие водителей к указанному документу и тем самым снизит нагрузку на сотрудников ГИБДД.

Более того, во многих крупных городах реализуется информационная система «Умный город», а также другие средства видеонаблюдения, установленные частными компаниями или государственными учреждениями. Данная система представляет собой инфраструктуру, которая основана на интеграции информационных и коммуникативных технологий. В результате ее функционирования происходит сбор и аналитический анализ данных. Сбор данных производится с систем видеонаблюдения в режиме реального времени. При наличии указанных технических средств рекомендуется на законодательном уровне обязать сотрудников ГИБДД на начальном этапе расследования запрашивать фото и видеоматериалы, относящиеся к ДТП.

Кроме того, при заключении полиса ОСАГО со страховой компанией на начальном этапе необходимо, чтобы клиент обозначал наличие в своем транспортном средстве видеорегистратора (если таковой имеется) с указанием его серийного номера. В дальнейшем реко-

мендуется внести изменения в законодательные акты, которые бы запрещали эксплуатировать ТС без использования видеорегистратора. Данное устройство позволит отследить дорожную ситуацию и установить важные детали ДТП. Многие спорные ситуации, которые возникают при разборе деталей происшествия, могут быть подтверждены или опровергнуты в результате просмотра и анализа видеозаписи, полученной с видеорегистратора.



Рисунок 4 – Результаты опроса студентов СПбГАСУ

### Выводы

По результатам проведенных исследований разработан следующий комплекс рекомендаций, позволяющих повысить эффективность расследования ДТП и снизить эмоциональную нагрузку на водителей в условиях его наступления:

- создать подробный поэтапный алгоритм действий сотрудников ГИБДД при осмотре места ДТП, который минимизирует пробелы осмотра места происшествия;
- усовершенствовать инструкцию к Европротоколу, которая повысит доверие водителей к указанному документу и тем самым снизит нагрузку на сотрудников ГИБДД;
- рекомендуется обязать сотрудников ГИБДД на начальном этапе расследования по средствам информационной системы «Умный город», других средств видеонаблюдения, установленных частными компаниями или государственными учреждениями, запрашивать фото и видеоматериалы, относящиеся к ДТП.
- внести изменения в законодательные акты, которые бы запрещали эксплуатировать ТС без использования видеорегистратора.

Предлагаемый к реализации комплекс рекомендаций имеет высокую актуальность как для сотрудников ГИБДД, так и для участников дорожного движения и страховых компаний.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сведения о показателях состояния безопасности дорожного движения [Электронный ресурс]. URL: <http://stat.gibdd.ru> (дата обращения: 05.04.2023).
2. Якимов А.Ю. Независимая техническая экспертиза транспортных средств // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах: Материалы 8-й международной конференции. СПб. 2008.
3. Сретенцев А.Н., Бадиков Д.А. Некоторые аспекты использования современных технических средств фиксации при осмотре места дорожно-транспортного происшествия // Среднерусский вестник общественных наук. 2014. №4 (34). С. 79-82.
4. Постановление Правительства Российской Федерации о федеральной целевой программе «Повышение безопасности дорожного движения в 2013-2020 годах» от 03.10.2013 №864 (ред. от 16.05.2020) [Электронный ресурс]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_152847/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_152847/) (дата обращения: 08.04.2023).
5. Евтюков С.А., Пучкин В.А. Судебная автотехническая экспертиза дорожно-транспортных происшествий. СПб.: ИД «Петрополис», 2017. 416 с.
6. Об утверждении Административного регламента исполнения Министерством внутренних дел Российской Федерации государственной функции по осуществлению федерального государственного надзора за соблюдением участниками дорожного движения требований законодательства Российской Федерации в области безопасности дорожного движения: Приказ МВД России от 23.08.2017 №664 (ред. от 21.12.2017) [Электронный ресурс]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_280037/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_280037/) (дата обращения: 18.04.2023).
7. Поляков В.Ю. Дифференциация ответственности за противоправное нарушение правил дорожного движения // Безопасность дорожного движения. №1. 2021. С. 46-47.
8. Алаторцева Е.М., Пеньшин Н.В. Правовые основы обеспечения безопасности дорожного движения // Вопросы экономики и управления. №1 (12). 2018. С. 41-43.

9. Григорьева М.Р., Манжукова О.А. Об основных мероприятиях, направленных на повышение безопасности дорожного движения // Актуальные вопросы юридических наук: II международная научная конференция. Челябинск. 2015.
10. Сычева В.А. Ряд проблем административной ответственности в сфере безопасности дорожного движения // Новый юридический вестник. №1(8). 2019. С. 10-11.
11. Бутаков В.Н., Радионенко А.Ю., Королёв Р. А. Разработка мероприятий по повышению безопасности дорожного движения в Кировском районе // Молодой учёный. №7 (111). 2016. С. 12-15.
12. Копыл Д.В., Шубакин А.А., Поделякин А.А. Профилактика дорожно-транспортных происшествий. // Журнал «Безопасность дорожного движения». №1. 2021. С. 21-25.
13. Лопарев Е.А., Ермаганбетов А.С., Шестериков Н.А. Результаты и направленность Федерального государственного контроля в области безопасности дорожного движения // Журнал «Безопасность дорожного движения», №1, 2021. С. 26-32.
14. Блинкин М.Я. Безопасность дорожного движения: история вопроса, международный опыт, базовые институции. М.: ИД ВШЭ, 2018. 240 с.
15. Безопасность дорожного движения // Наука и практика в обеспечении безопасности дорожного движения: вчера, сегодня, завтра: Сборник научных трудов ФКУ «НЦ БДД МВД России» по итогам научно-практической конференции. М.: ФКУ «НЦ БДД МВД России». 2020. 176 с.
16. Об утверждении Стратегии безопасности дорожного движения в Российской Федерации на 2018-2024 годы: Распоряжение Правительства РФ от 08.01.2018 №1-р [Электронный ресурс]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_288413/df7700fdc6ec2d37938dd5435543e61ffea84440/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_288413/df7700fdc6ec2d37938dd5435543e61ffea84440/) (дата обращения: 14.04.2023).
17. Евтюков С.А., Васильев Я.В. Справочник по экспертизе ДТП. СПб.: ИД «Петрополис», 2015. 512 с.
18. Евтюков С.А., Васильев Я.В. Судебная автотехническая экспертиза. Теория и практика. Том 1. СПб.: ИД «Петрополис», 2018. 244 с.
19. О государственной судебно-экспертной деятельности в Российской Федерации: Федеральный закон от 31 мая 2001 года №73-ФЗ [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/12123142/> (дата обращения: 16.04.2023).
20. Исследование автотранспортных средств в целях определения стоимости восстановительного ремонта и оценки: Методические рекомендации для судебных экспертов [Электронный ресурс]. – URL: <https://base.garant.ru/57404588/> (дата обращения: 15.04.2023).

**Евтюков Станислав Сергеевич**

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

**Брылев Илья Сергеевич**

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет  
Адрес: 190005, Россия, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., 4  
К.т.н., доцент  
E-mail: ilya2104@mail.ru

**Полетаев Никита Олегович**

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет  
Адрес: 190005, Россия, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., 4  
Аспирант  
E-mail: nekit1941@yandex.ru

---

S.S. EVTYUKOV, I.S. BRYLEV, N.O. POLETAEV

## **CURRENT PROBLEMS AND IMPROVEMENT OF METHODS OF INSPECTION OF A ROAD ACCIDENT SITE**

***Abstract.** Actual problems are considered when the traffic police officers conduct an initial inspection of the site of a traffic accident and the vehicles involved in it. The gaps in the current legislative acts that hinder the effective solution of problems arising in the process of investigating the causes of an accident are identified. Processes are proposed to improve the methods for conducting an initial inspection of the accident site, which contribute to the most reliable reconstruction of the vehicle collision mechanism and increase the efficiency of investigating the causes of an accident.*

***Keywords:** traffic accident, traffic safety, primary investigation of traffic accidents, vehicles, inspection, photography and video filming*

### **BIBLIOGRAPHY**

1. Svedeniya o pokazatelyakh sostoyaniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya [Elektronnyy resurs]. URL: <http://stat.gibdd.ru> (data obrashcheniya: 05.04.2023).
2. Yakimov A.Yu. Nezavisimaya tekhnicheskaya ekspertiza transportnykh sredstv // Organizatsiya i bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya v krupnykh gorodakh: Materialy 8-y mezhduнародnoy konferentsii. SPb. 2008.

3. Sretentsev A.N., Badikov D.A. Nekotorye aspekty ispol'zovaniya sovremennykh tekhnicheskikh sredstv fiksatsii pri osmotre mesta dorozhno-transportnogo proisshestiya // Srednerusskiy vestnik obshchestvennykh nauk. 2014. №4 (34). S.79-82.
4. Postanovlenie Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii o federal'noy tselevoy programme «Povyshenie bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v 2013-2020 godakh» ot 03.10.2013 №864 (red. ot 16.05.2020) [Elektronnyy resurs]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_152847/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_152847/) (data obrashcheniya: 08.04.2023).
5. Evtuykov S.A., Puchkin V.A. Sudebnaya avtotekhnicheskaya ekspertiza dorozhno-transportnykh proisshestiyy. SPb.: ID «Petropolis», 2017. 416 s.
6. Ob utverzhdenii Administrativnogo reglamenta ispolneniya Ministerstvom vnutrennikh del Rossiyskoy Federatsii gosudarstvennoy funktsii po osushchestvleniyu federal'nogo gosudarstvennogo nadzora za soblyudeniem uchastnikami dorozhnogo dvizheniya trebovaniy zakonodatel'stva Rossiyskoy Federatsii v oblasti bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya: Prikaz MVD Rossii ot 23.08.2017 №664 (red. ot 21.12.2017) [Elektronnyy resurs]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_280037/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_280037/) (data obrashcheniya: 18.04.2023).
7. Polyakov V.Yu. Differentsiatsiya otvetstvennosti za protivopravnoe narushenie pravil dorozhnogo dvizheniya // Bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya. №1. 2021. S. 46-47.
8. Alator'tseva E.M., Pen'shin N.V. Pravovye osnovy obespecheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya // Voprosy ekonomiki i upravleniya. №1 (12). 2018. S. 41-43.
9. Grigor'eva M.R., Manzhukova O.A. Ob osnovnykh meropriyatiyakh, napravlennykh na povyshenie bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya // Aktual'nye voprosy yuridicheskikh nauk: II mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya. Chelyabinsk. 2015.
10. Sycheva V.A. Ryad problem administrativnoy otvetstvennosti v sfere bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya // Novyy yuridicheskiy vestnik. №1(8). 2019. S. 10-11.
11. Butakov V.N., Radionenko A.Yu., Koroliov R. A. Razrabotka meropriyatiy po povysheniyu bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v Kirovskom rayone // Molodoy uchionyy. №7 (111). 2016. S. 12-15.
12. Kopyl D.V., Shubakin A.A., Podelyakin A.A. Profilaktika dorozhno-transportnykh proisshestiyy. // Zhurnal «Bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya». №1. 2021. S. 21-25.
13. Loparev E.A., Ermaganbetov A.S., Shesterikov N.A. Rezul'taty i napravlenno'st' Federal'nogo gosudarstvennogo kontrolya v oblasti bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya // Zhurnal «Bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya», №1, 2021. S. 26-32.
14. Blinkin M.Ya. Bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya: istoriya voprosa, mezhdunarodnyy opyt, bazovye institutsii. M.: ID VSHE, 2018. 240 c.
15. Bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya // Nauka i praktika v obespechenii bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya: vchera, segodnya, zavtra: Sbornik nauchnykh trudov FKU «NTS BDD MVD Rossii» po itogam nauchno-prakticheskoy konferentsii. M.: FKU «NTS BDD MVD Rossii». 2020. 176 s.
16. Ob utverzhdenii Strategii bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v Rossiyskoy Federatsii na 2018-2024 gody: Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 08.01.2018 №1-r [Elektronnyy resurs]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_288413/df7700fdc6ec2d37938dd5435543e61ffea84440/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_288413/df7700fdc6ec2d37938dd5435543e61ffea84440/) (data obrashcheniya: 14.04.2023).
17. Evtuykov S.A., Vasil'ev Ya.V. Spravochnik po ekspertize DTP. SPb.: ID «Petropolis», 2015. 512 s.
18. Evtuykov S.A., Vasil'ev Ya.V. Sudebnaya avtotekhnicheskaya ekspertiza. Teoriya i praktika. Tom 1. SPb.: ID «Petropolis», 2018. 244 s.
19. O gosudarstvennoy sudebno-ekspertnoy deyatel'nosti v Rossiyskoy Federatsii: Federal'nyy zakon ot 31 maya 2001 goda №73-FZ [Elektronnyy resurs]. URL: <https://base.garant.ru/12123142/> (data obrashcheniya: 16.04.2023).
20. Issledovanie avtomototransportnykh sredstv v tselyakh opredeleniya stoimosti vosstanovitel'nogo remonta i otsenki: Metodicheskie rekomendatsii dlya sudebnykh ekspertov [Elektronnyy resurs]. - URL: <https://base.garant.ru/57404588/> (data obrashcheniya: 15.04.2023).

**Evtuykov Stanislav Sergeevich**

St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering  
Address: 190005, Russia, St. Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya st., 4  
Doctor of technical sciences  
E-mail: ese-89@yandex.ru

**Brylev Ilya Sergeevich**

St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering  
Address: 190005, Russia, St. Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya st., 4  
Candidate of technical sciences  
E-mail: ilya2104@mail.ru

**Poletaev Nikita Olegovich**

St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering  
Address: 190005, Russia, St. Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya st., 4  
Graduate student  
E-mail: nekit1941@yandex.ru

Научная статья

УДК 656.13

doi:10.33979/2073-7432-2024-1-2(84)-43-50

Н.А. ЗАГОРОДНИЙ, В.А. ШАПОВАЛОВА

## АНАЛИЗ ФАКТОРОВ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ АВАРИЙНОСТИ С УЧАСТИЕМ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ МОБИЛЬНОСТИ (СИМ) В РОССИИ

***Аннотация.** Рассмотрено состояние вопроса и проведен анализ причин аварийности и следствий с участием средств индивидуальной мобильности (МИ) в России. Произведен анализ статистических данных применения СИМ.*

***Ключевые слова:** средства индивидуальной мобильности (СИМ), дорожно-транспортное происшествие (ДТП), механизм дорожно-транспортного происшествия, аварийность, причинно-следственная связь аварийности*

### **Введение**

В России с марта 2023 года, в соответствии с постановлением Правительства №1769 от 06 октября 2022 года, установлен новый вид транспортного средства и правила дорожного движения официально был принят термин «Средство индивидуальной мобильности» (СИМ) – транспортное средство, имеющее одно или несколько колес (роликов), предназначенное для индивидуального передвижения человека посредством использования двигателя (двигателей) (электросамокаты, электроскейтборды, гироскутеры, сигвеи, моноколеса и иные аналогичные средства).

Однако в реальности мы сталкиваемся с неопределенностью статуса СИМ препятствующему его развитию. При движении по тротуару электротранспорт создает опасность пешеходам, пользователи СИМ зачастую игнорируют меры предосторожности. Можно сказать, что сейчас отсутствует как культура управления электротранспортом, так и его административное регулирование.

В настоящее время данный вид транспорта широко используется участниками дорожного движения практически во всех городах мира.

Такой вид передвижения становится все более привлекательным для городских дорожных сетей, в основном за счёт своей мобильности. СИМ подходят для поездок на работу, на прогулку и т.д.

Приведем основные преимущества перемещения человека на СИМ:

- не используется общественный транспорт;
- не является участником транспортных заторов на забитых городских улицах;
- не тратит физическую энергию, в отличие от передвижения на велосипедах/самокатах;
- маршрут движения можно построить не привязываясь к уличной дорожной сети;
- возможно перемещение людей с ограничением возможностей здоровья, которым сложно передвигаться пешком;
- использование в качестве прогулок, например, для поездки в парк, на природу или осмотр достопримечательностей.

Следовательно, по мере увеличения и распространения использования СИМ растет и частота дорожно-транспортных происшествий (ДТП) с их участием.

Использование СИМ на дорогах становится серьезным источником повышенной опасности, как для пешеходов, так и для лиц, управляющих такими устройствами. Важно отметить, что такой транспорт может развивать значительную скорость, что при ограниченной маневренности создает высокую вероятность потери управления.

### Материал и методы

Опасная дорожно-транспортная ситуация как правило оканчивается ДТП, вследствие нарушения или ошибки одного или нескольких участников движения. Основной сложностью в таких ДТП в котором одним из участников представлен устройством СИМ является незначительная следовая информация, либо ее полное отсутствие, что не позволяет в действительности установить механизм дорожно-транспортного происшествия на всех трех стадиях что затрудняет впоследствии установить истину и виновность.

Установление механизма на всех этапах дорожно-транспортного происшествия на стадии сближения, непосредственного контактирования и отбрасывания – важный аспект при установлении причин, приведших к опасной обстановке и в последствии установления приоритетного проезда в дорожно-транспортной ситуации и соответствие действий участников ДТП правилам дорожного движения.

Дорожно-транспортные происшествия с участием СИМ отличаются высокой травмоопасностью для «водителей» управляющих данными видами устройств. Повреждения могут быть получены как при столкновении с автомобилем, при этом основная площадь контакта приходится на тело «водителя» управляющего СИМ, так и при перемещении по покрытию дорожного полотна после контактирования.

В настоящее время в действующей экспертной практике России отсутствует какая-либо методика при расследовании дорожно-транспортных происшествий, в которых участником является СИМ. В свою очередь в отечественной практике отсутствуют научные исследования в области механизма взаимодействия СИМ и транспортных средств.

### Теория

Официальная статистика МВД России информирует, что за 12 месяцев 2022 года в Российской Федерации зарегистрировано 941 ДТП с участием средств индивидуальной мобильности. По сравнению с аналогичным периодом прошлого года прирост данного вида ДТП составил 40%. В том числе в 2022 году погибло 19 человек (-1%) и ранены 976 (+38,6%) человек (рис. 1). Наибольшее количество ДТП с участием средств индивидуальной мобильности, оснащенных электродвигателем, зарегистрировано в г. Москве (94), г. Санкт-Петербурге (57). Доля от всех ДТП, происшествия с участием СИМ составляет 3%.

При этом неофициальная статистика отражает еще большие цифры, так как часть дорожно-транспортных происшествий с участием СИМ, при оформлении определяют как столкновение транспортных средств, чаще как наезд на пешехода.

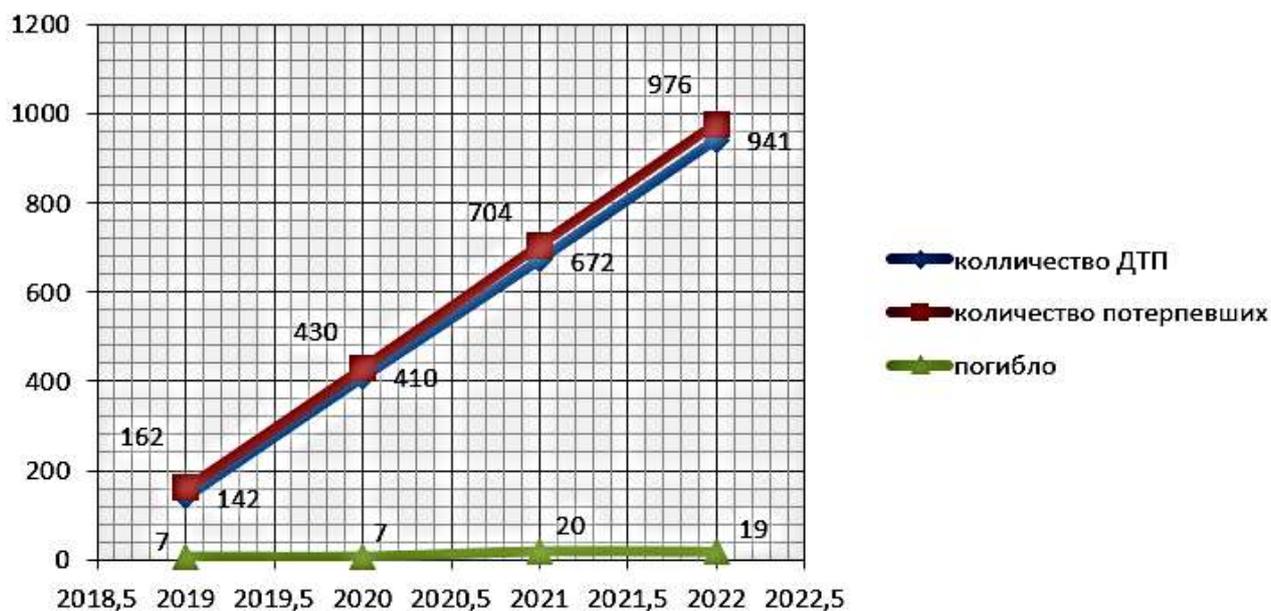


Рисунок 1 - Динамика основных показателей аварийности с участием СИМ

По имеющейся статистике 99 % дорожно-транспортных происшествий (ДТП) такого

рода зарегистрированы в населенных пунктах и обусловлено тем, что СИМ является преимущественно городским способом передвижения (рис. 2).

Основными точками концентрации ДТП с участием СИМ являются:

- выезды с прилегающих территорий;
- перекрестки;
- пешеходные переходы.

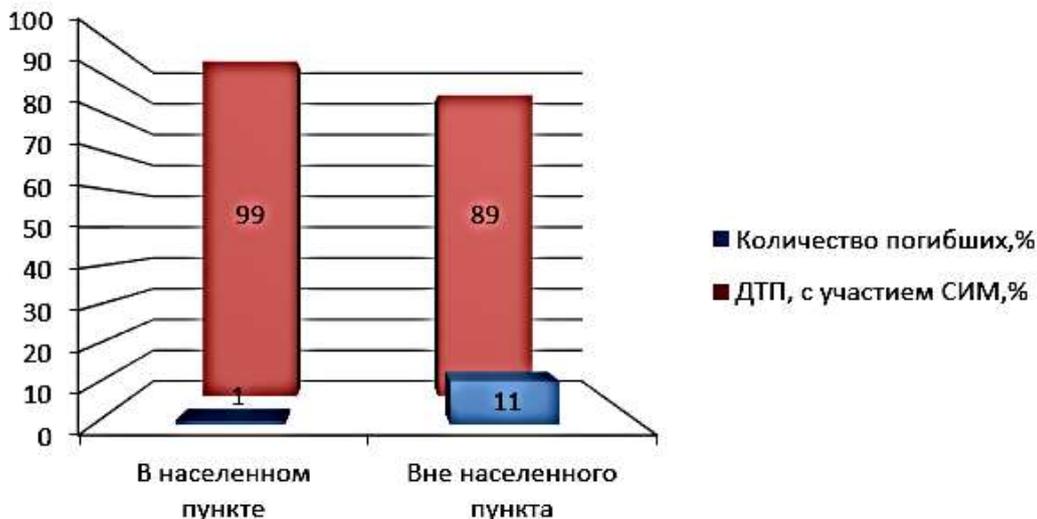


Рисунок 2 - Показатели аварийности с участием СИМ

Более 80 % смертей «водителей» передвигающихся на СИМ происходят в результате столкновений с более «тяжелыми» транспортными средствами. При этом чем выше скорость перемещения СИМ, тем тяжелее последствия для «водителей» (рис. 3).

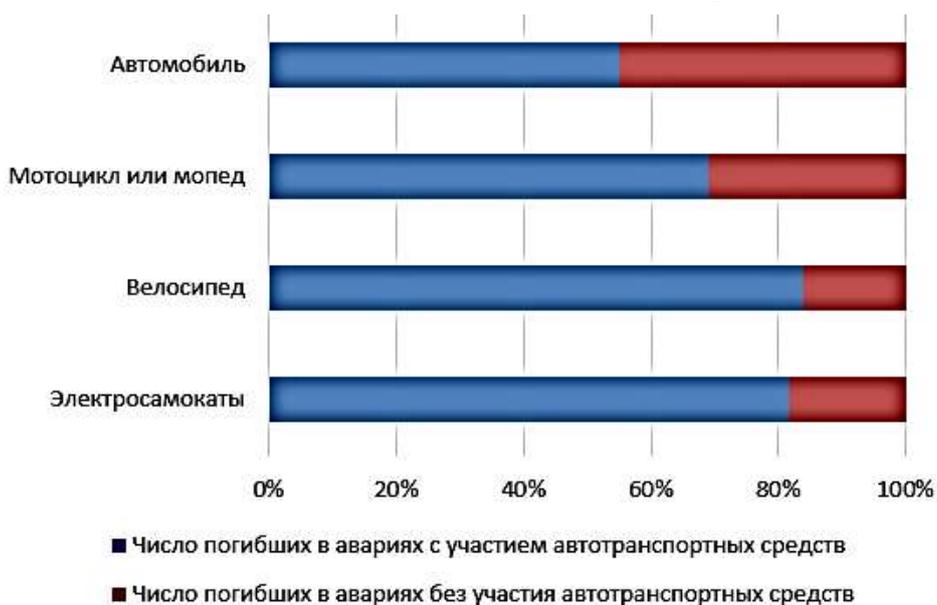


Рисунок 3 - Анализ смертности участников дорожного движения

В период с 2018 по 2022 годы увеличилось в 6,6 раз количество ДТП внесенных в госстатотчетность с участием средств индивидуальной мобильности, при этом количество погибших увеличилось в 2,7 раза, а количество раненых – в 6 раз.

Несмотря на снижение аварийности в общем (рис. 4), наблюдается значительный рост аварийности с участием СИМ.

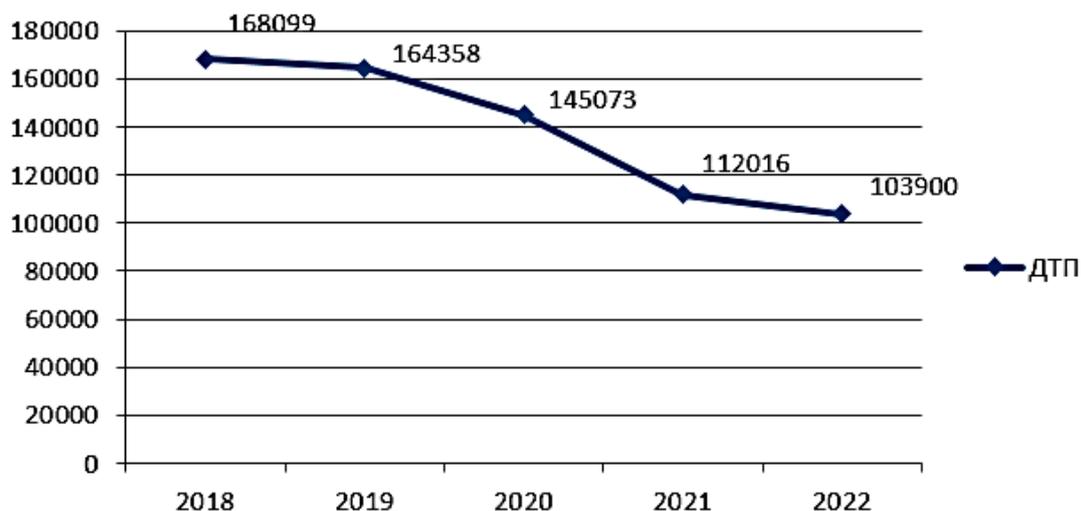


Рисунок 4 - Анализ аварийности в России

Согласно статистике, наибольшее количество дорожно-транспортных происшествий с участием СИМ происходит в основном в теплые сезоны, обусловленное сезонным характером использования данных средств передвижения и в летний период показатель аварийности имеет пиковые значения. При этом наиболее аварийными днями недели являются субботы и воскресенья – 64 %; самое аварийное время происшествий приходится в период с 12.00 до 19.00 часов.

Более активными пользователями СИМ являются мужчины в возрасте от 18-39 лет (рис. 5).

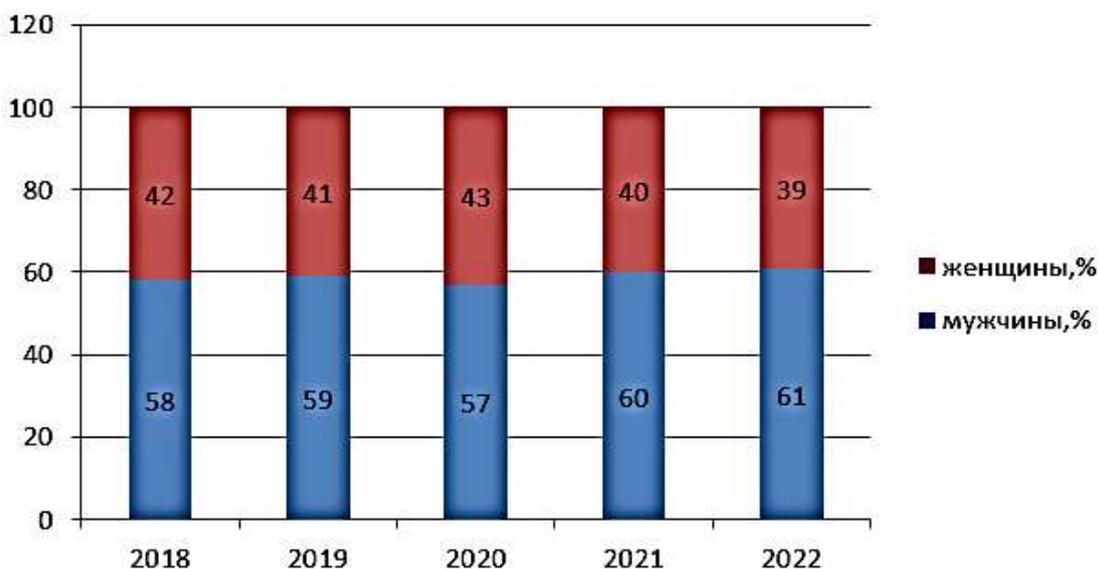


Рисунок 5 - Анализ «водителей» СИМ по половому признаку

«Водители» СИМ в возрасте от 14 до 18 лет являются источником повышенного риска для пешеходов. В 2022 году, на эту возрастную категорию пришлось около 60 % участвующих в ДТП (рис. 6).

Необходимо учитывать что СИМ может развивать высокую скорость передвижения и как видно из анализа (рис. 7) она варьируется в пределах от 16 до 55 км/ч, при этом максимальную скорость развивают электросамокаты, которые наиболее часто используются в городской среде, благодаря, в том числе, и развивающейся услуге проката данных средств передвижения.

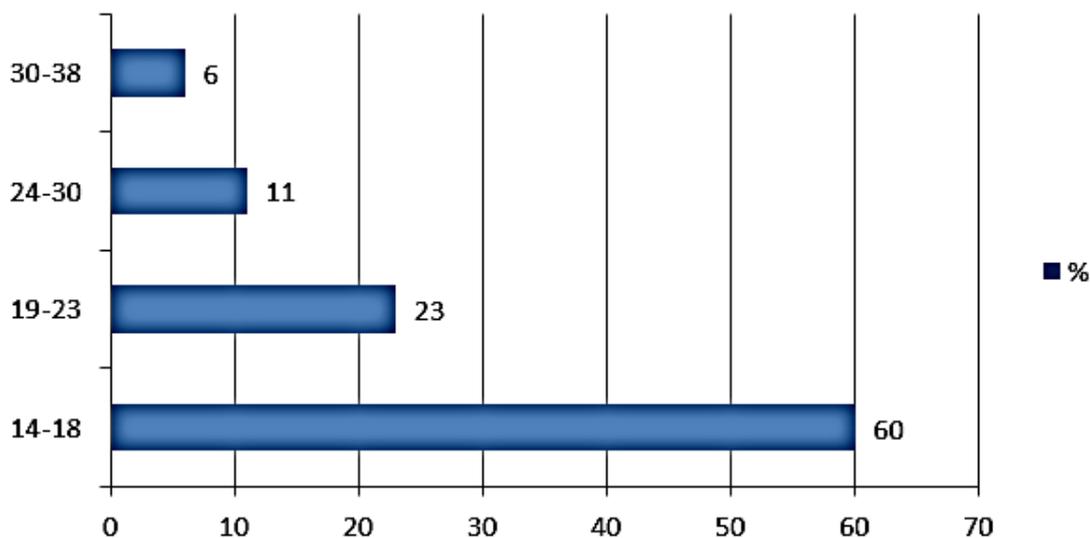


Рисунок 6 - Анализ возраста «водителей» СИМ

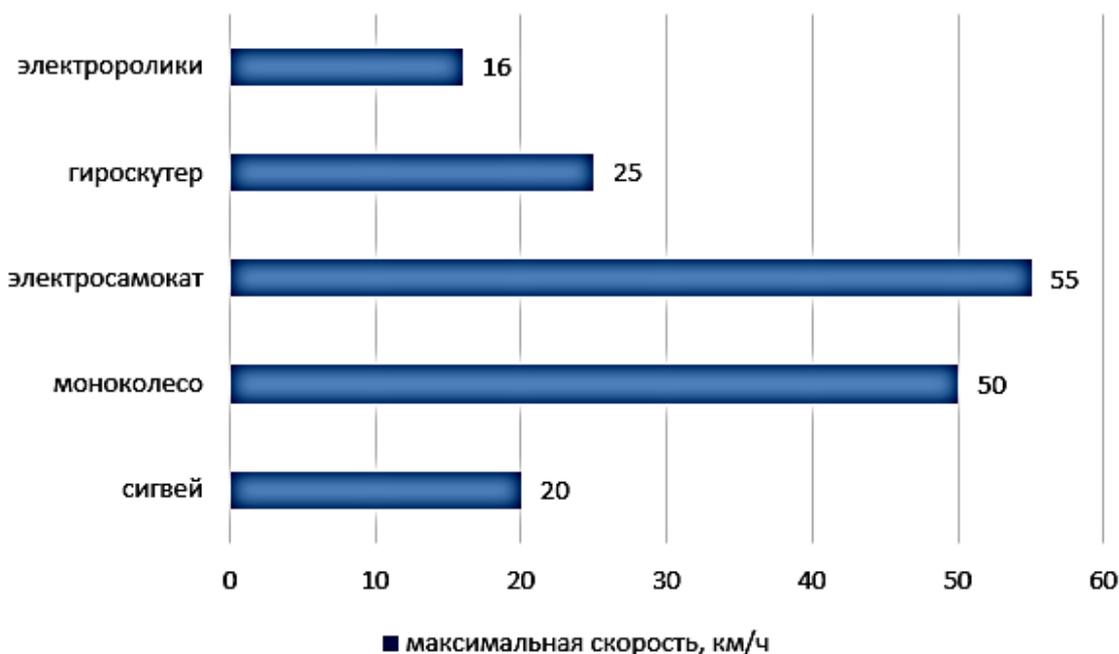


Рисунок 7 - Анализ зависимости скорости от вида СИМ

### Результаты

На основе анализа ДТП с участием СИМ можно выделить пять основных причин аварийности:

- 1) недостаточное нормативно-правовое регулирование процедуры передвижения средств данной категории;
- 2) недостаточно развитая дорожная инфраструктура для передвижения СИМ;
- 3) низкая заметность средства СИМ в потоке дорожного движения по причине малогабаритности устройств;
- 4) высокая скорость передвижения СИМ;
- 5) неуверенное управление и недостаточность или отсутствие знаний правил дорожного движения «водителей» СИМ.

### Обсуждение

Высокий риск травматичности, при движении на СИМ, обусловлен отсутствием на данных средствах передвижения, в настоящее время, эффективных систем безопасности.

Развитие скорости до 55 км/ч (в зависимости от мощности модели СИМ), при ограниченной маневренности создает высокую вероятность потери управления и представляет опасность, как для пешеходов, так и для самих лиц, использующих СИМ. Согласно статистики разных стран, лишь незначительный процент при передвижении на СИМ использует средства индивидуальной защиты – наколенники, налокотники, шлем и т.д.

На данный момент в свод правил для обеспечения безопасности включены некоторые ограничения по передвижению на СИМ – передвижение по пешеходным переходам передвигаться на СИМ запрещено; в темное время суток необходимо чтобы СИМ были оснащены фарами или фонарями; лицам передвигающимся на СИМ необходимо на себе иметь предметы со световозвращающими элементами; к лицам управляющим СИМ относятся те же пункты правил, которые относятся к велосипедистам.

### **Выводы**

Вышеизложенный анализ подтверждает актуальность исследования проблемы безопасности дорожного движения с участием СИМ в связи с уверенным ростом травматизма и аварийности. Проведенное исследование указывает на проведение более детальной и углубленной проработки нормативно-правовой базы, регулирующей движение СИМ, а также необходимость разработки методики исследования механизма дорожно-транспортных происшествий с участием СИМ.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Иларионов В.А. Судебная автотехническая экспертиза. Ч.2. М.: ВНИИСЭ, 1980. 230 с.
2. Правила дорожного движения Российской Федерации. Основные положения по допуску транспортных средств к эксплуатации и обязанности должностных лиц по обеспечению безопасности дорожного движения. М., 2023. 43 с.
3. Российская академия транспорта: официальный сайт [Электронный ресурс]. М. URL: <https://rosacademtrans.ru/itogi-sim>.
4. Министерства внутренних дел Российской Федерации: официальный сайт [Электронный ресурс]. М. URL: <http://stat.gibdd.ru/>.
5. Голубев А.В. [и др.] Проблемы экологической безопасности автомобилей / Под ред. Е.В. Агеева // Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2018): Сборник статей X Международной научно-технической конференции. Курск: ЮЗГУ. 2018. С. 71-74.
6. А.С. Семькина [и др.] Исследование транспортных характеристик автомобильного транспорта / Под ред. Е.В. Агеева // Автомобили, транспортные системы и процессы: настоящее, прошлое и будущее: Сборник статей 4-й Международной научно-технической конференции. Курск: ЮЗГУ. 2022. С. 115-118.
7. Загородний Н.А., Головкин М.В. Применение автоматизированных средств фиксации нарушений как способ снижения аварийности / Под ред. Е.Е. Витвицкого // Техника и технологии наземного транспорта: Сборник трудов аспирантов (с международным участием). Омск. 2022. С. 41-46.
8. Новиков А.Н. [и др.] Комплексный подход к определению механизма дорожно-транспортного происшествия // Мир транспорта и технологических машин. 2022. №3-3(78). С. 60-67.
9. Лозовой Н.М. [и др.] Технология создания цифровой модели участка улично-дорожной сети для выявления мест вероятного возникновения ДТП с использованием географической информационной системы QGIS // Воронежский научно-технический Вестник. 2022. Т. 3. №3(41). С. 91-101.
10. Загородний Н.А. [и др.] К вопросу определения момента возникновения опасности для движения водителю АТС по видеозаписи регистратора // Информационные технологии и инновации на транспорте: Материалы VII Международной научно-практической конференции. 2 тома. Орел. 2021. С. 350-363.
11. Мягченко А.А., Семькина А.С., Загородний Н.А. Повышение экологической безопасности при эксплуатации автомобилей / Под ред. Е.В. Агеева // Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2018): Сборник статей X Международной научно-технической конференции. Курск: ЮЗГУ. 2018. С. 174-177.
12. Костоглодов Д.С., Загородний Н.А., Костоглодов Д.С. Проблема нарушения скоростного режима на дорогах // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород. 2018. С. 2448-2450.
13. Проблемы экологической безопасности автомобилей. А.В. Голубева [и др.] // Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2018): Сборник статей X Международной научно-технической конференции. Курск: ЮЗГУ, 2018. С. 71-74.
14. Семькина А.С., Загородний Н.А. Повышение безопасности дорожного движения за счет снижения тяжести последствий ДТП // Мир транспорта и технологических машин. 2018. №3(62). С. 88-95.

15. Болотов Р.А., Загородний Н.А. Методы снижения тяжести последствий ДТП // Автомобильная промышленность. 2017. №11. С. 31-32.
16. Загородний Н.А., Болотов Р.А. Метод снижения тяжести последствий ДТП на примере Белгородского района // Научные технологии и инновации: Сборник докладов Международной научно-практической конференции. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. С. 83-86.
17. Загородний Н.А. Повышение эффективности эксплуатации автомобилей обеспечением рациональных значений эксплуатационных параметров их шин: Дис. ... канд. техн. наук. Белгород: Орловский государственный технический университет, 2010.
18. Дрогачева Я.А., Новиков И.А., Лазарев Д.А. Безопасное применение гироскутеров, сигвеев, электросамокатов и иных современных средств передвижения // Магистратура автотранспортной отрасли: Материалы V Всероссийской межвузовской конференции. Сбп., 2021. С. 232-237.
19. Новиков И.А. [и др.] Использование интеллектуальных транспортных систем для повышения качества организации дорожного движения // Мир транспорта и технологических машин. Орел. 2022. №3-4(78). С. 49-54.
20. Новиков А.Н. [и др.] Комплексный подход к определению механизма дорожно-транспортного происшествия // Мир транспорта и технологических машин. Орел. 2022. №3-3(78). С. 60-67.

**Загородний Николай Александрович**

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

**Шаповалова Виктория Александровна**

ЭКЦ УМВД России по Белгородской области  
Адрес: 308000, Россия, г. Белгород, пр. Славы, 60  
Старший эксперт ЭКЦ УМВД России по Белгородской области  
E-mail: sevevi@mail.ru

---

N.A. ZAGORODNIJ, V.A. SHAPOVALOVA

**ANALYSIS OF FACTORS AND INDICATORS OF ACCIDENTS INVOLVING MEANS OF INDIVIDUAL MOBILITY (MIM) IN RUSSIA**

*Abstract.* The state of the issue is considered and the analysis of the causes of accidents and consequences with the participation of means of individual mobility (MIM) in Russia is carried out. The analysis of statistical data on the use of MIM's.

*Keywords:* means of individual mobility (MIM), traffic accident (road accident), the mechanism of a traffic accident, accident rate, causal relationship of accidents

**BIBLIOGRAPHY**

1. Ilarionov V.A. Sudebnaya avtotekhnicheskaya ekspertiza. CH.2. M.: VNIISE, 1980. 230 s.
2. Pravila dorozhnogo dvizheniya Rossiyskoy Federatsii. Osnovnye polozheniya po dopusku transportnykh sredstv k ekspluatatsii i obyazannosti dolzhnostnykh lits po obespecheniyu bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya. M., 2023. 43 s.
3. Rossiyskaya akademiya transporta: ofitsial`nyy sayt [Elektronnyy resurs]. M. URL: <https://rosacademtrans.ru/itogi-sim>.
4. Ministerstva vnutrennikh del Rossiyskoy Federatsii: ofitsial`nyy sayt [Elektronnyy resurs]. M. URL: <http://stat.gibdd.ru/>.
5. Golubev A.V. [i dr.] Problemy ekologicheskoy bezopasnosti avtomobiley / Pod red. E.V. Ageeva // Sovremennye avtomobil`nye materialy i tekhnologii (SAMIT-2018): Sbornik statey X Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. Kursk: YUZGU. 2018. S. 71-74.
6. A.S. Semykina [i dr.] Issledovanie transportnykh kharakteristik avtomobil`nogo transporta / Pod red. E.V. Ageeva // Avtomobili, transportnye sistemy i protsessy: nastoyashchee, proshloe i budushchee: Sbornik statey 4-y Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konfe-rentsii. Kursk: YUZGU. 2022. S. 115-118.
7. Zagorodniy N.A., Golovkin M.V. Primenenie avtomatizirovannykh sredstv fiksatsii narusheniy kak sposob snizheniya avariynosti / Pod red. E.E. Vitvitskogo // Tekhnika i tekhnologii nazemnogo transporta: Sbornik trudov aspirantov (s mezhdunarodnym uchastiem). Omsk. 2022. S. 41-46.

8. Novikov A.N. [i dr.] Kompleksnyy podkhod k opredeleniyu mekhanizma dorozhno-transportnogo proissh-estviya // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2022. №3-3(78). S. 60-67.
9. Lozovoy N.M. [i dr.] Tekhnologiya sozdaniya tsifrovoy modeli uchastka ulichno-dorozhnoy seti dlya vy-yavleniya mest veroyatnogo vozniknoveniya DTP s ispol'zovaniem geo-graficheskoy informatsionnoy sistemy QGIS // Voronezhskiy nauchno-tekhnicheskoy Vestnik. 2022. T. 3. №3(41). S. 91-101.
10. Zagorodniy N.A. [i dr.] K voprosu opredeleniya momenta vozniknoveniya opasnosti dlya dvizheniya voditelyu ATS po videozapisi registratora // Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte: Materialy VII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 2 toma. Orel. 2021. S. 350-363.
11. Myagchenko A.A., Semykina A.S., Zagorodniy N.A. Povyshenie ekologicheskoy bezopasnosti pri eksplu-atatsii avtomobiley / Pod red. E.V. Ageeva // Sovremennye avtomobil'nye materialy i tekhnologii (SAMIT-2018): Sbornik statey H Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. Kursk: YUZGU. 2018. S. 174-177.
12. Kostoglodov D.S., Zagorodniy N.A., Kostoglodov D.S. Problema narusheniya skorostnogo rezhima na dorogakh // Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya molodykh uchenykh BGTU im. V.G. Shukhova. Belgorod. 2018. S. 2448-2450.
13. Problemy ekologicheskoy bezopasnosti avtomobiley. A.V. Golubeva [i dr.] // So-vremennye avtomobil'nye materialy i tekhnologii (SAMIT-2018): Sbornik statey H Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. Kursk: YUZGU, 2018. S. 71-74.
14. Semykina A.S., Zagorodniy N.A. Povyshenie bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya za schet snizheniya tyazhesti posledstviy DTP // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2018. №3(62). S. 88-95.
15. Bolotov R.A., Zagorodniy N.A. Metody snizheniya tyazhesti posledstviy DTP // Avtomobil'naya promysh-lennost'. 2017. №11. S. 31-32.
16. Zagorodniy N.A., Bolotov R.A. Metod snizheniya tyazhesti posledstviy DTP na primere Belgorodskogo rayona // Naukoemkie tekhnologii i innovatsii: Sbornik dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konfer-entsii. Belgorod: BGTU im. V.G. Shukhova. 2016. S. 83-86.
17. Zagorodniy N.A. Povyshenie effektivnosti ekspluatatsii avtomobiley obespecheniem ratsional'nykh znacheniy ekspluatatsionnykh parametrov ikh shin: Dis. ... kand. tekhn. nauk. Belgorod: Orlovskiy gosudarstvennyy tekhnicheskoy universitet, 2010.
18. Drogacheva YA.A., Novikov I.A., Lazarev D.A. Bezopasnoe primenenie giroskuterov, sigveev, elektros-amokatov i inykh sovremennykh sredstv peredvizheniya // Magistratura avtotransportnoy otrasli: Materialy V Vse-rossiyskoy mezhvuzovskoy konferentsii. Sbp., 2021. S. 232-237.
19. Novikov I.A. [i dr.] Ispol'zovanie intellektual'nykh transportnykh sistem dlya povysheniya kachestva or-ganizatsii dorozhnogo dvizheniya // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. Orel. 2022. №3-4(78). S. 49-54.
20. Novikov A.N. [i dr.] Kompleksnyy podkhod k opredeleniyu mekhanizma dorozhno-transportnogo proissh-estviya // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. Orel. 2022. №3-3(78). S. 60-67.

**Zagorodniy Nikolay Alexandrovich**

Belgorod State Technological University  
Address: 308012, Russia, Belgorod, st. Kostyukova, 46  
Candidate of technical sciences  
E-mail: n.zagorodnij@yandex.ru

**Shapovalova Victoria Alexandrovna**

ECC of the Ministry of Internal Affairs of Russia in the Belgorod region  
Address: 308000, Russia, Belgorod, Slava Ave., 60  
Senior expert of the ECC of the Ministry of Internal Affairs of Russia in the Belgorod region  
E-mail: sevevi@mail.ru

Научная статья

УДК.629.331

doi:10.33979/2073-7432-2024-1-2(84)-51-57

С.В. ЕРЕМИН, В.Л. МАХОНИН

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ ПРИ ПОТЕРЕ ВЕРТИКАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ НА ПРИМЕРЕ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОГО ПРОИСШЕСТВИЯ В РАМКАХ ПРОВЕДЕНИЯ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

***Аннотация.** В данной работе проведен анализ проблемных вопросов, возникающих при производстве дорожно-транспортной экспертизы. Возникает необходимость расчета перемещения транспортных средств (далее ТС) в не стандартных условиях в рамках исследований механизма дорожно-транспортного происшествия (далее ДТП), поскольку стандартные инструменты расчета не позволяют сейчас решать некоторые стоящие перед экспертом задачи. Определены основные уравнения и системы уравнений, позволяющие решать данную задачу на различных уровнях сложности. Предложено решение для получения необходимых исходных данных для данной задачи.*

***Ключевые слова:** вертикальная устойчивость, дорожно-транспортное происшествие, неконтролируемое перемещение, транспортное средство, экспертное исследование, автомобильная техника*

### **Введение**

Одним из востребованных исследований в рамках проведения дорожно-транспортной экспертизы является исследование причин и следствия событий, связанных с потерей курсовой (приводящей к заносу) и вертикальной (приводящей к опрокидыванию) устойчивости транспортных средств. Последнее исследовано в настоящее время очень скудно, ограничиваясь только расчетами критических скоростей при возникновении опрокидывания. При этом в данных расчетах отсутствует возможность расчета длительных многооборотных затухающих опрокидываний, поскольку математического аппарата в этой части в настоящее время просто не имеется [1, 2]. В связи с этим предложена модель решения данной задачи, которая была апробирована на реальном примере.

### **Материал и методы**

С целью проверки предложенной авторами модели, было рассмотрено дорожно-транспортное происшествие с участием автомобиля Volkswagen Golf, который при движении на закруглении автомобильной дороги потерял возможность к управлению своим транспортным средством и совершил съезд за пределы проезжей части, опрокинувшись несколько раз.

Краткая фабула происшествия: «В поселке Ровеньки Белгородской области водитель Н..., управляя автомобилем Volkswagen Golf, при перемещении по автодороге «Еремовка - Ровеньки - Нижняя Серебрянка - Лозная» на 2 км + 710 м данной автодороги на ул. Степана Разина, не выбрал скорость, позволяющую ему передвигаться безопасно на данном участке, потерял возможность к управлению своим транспортным средством и допустил съезд в кювет с последующим неконтролируемым опрокидыванием автомобиля не менее одного раза.

В результате данного дорожно-транспортного происшествия два пассажира данного транспортного средства получили тяжкие телесные повреждения, были госпитализированы в ОГБУЗ «Ровеньская ЦРБ», однако в результате полученных травм скончались» (рис. 1).

Происшествие имело место на закруглении дороги ул. Степана Разина, в населенном пункте на территории пос. Ровеньки в районе дома №14 по ул. Ленина, проезжая часть горизонтальная, покрытие асфальтобетонное, сухое, проезжая часть шириной - 6,0 м. К проезжей части прилегает грунтовая обочина, шириной 4,6 метров.

На месте происшествия автомобилем оставлены следы и четыре выбоины, образованные от опрокидывания автомобиля. Очевидцы происшествия давали показания о том, что автомобиль Volkswagen Golf двигался со значительной скоростью.

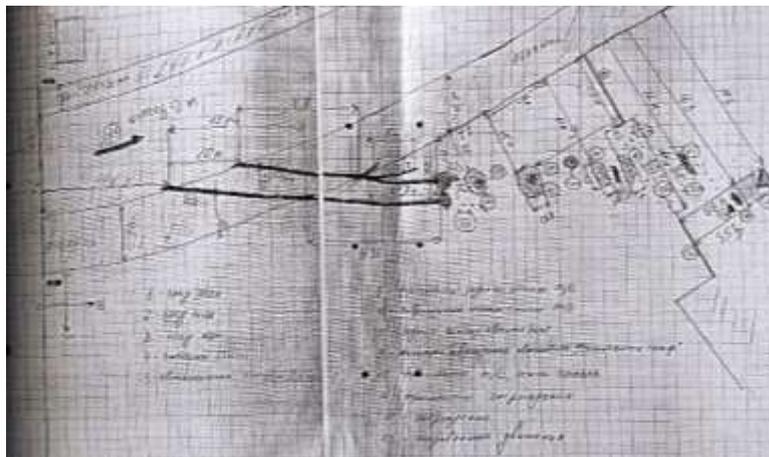


Рисунок 1 - Вид схемы места дорожно-транспортного происшествия

Для расчета данного дорожно-транспортного происшествия не подходят классические методы расчета, поэтому авторами на основе математического и теоретического подходов был предложен метод расчета параметров вертикальной устойчивости транспортного средства на основе постулатов теоретической механики.

**Теория**

Теория расчета параметров вертикальной устойчивости ТС при исследовании дорожно-транспортных происшествий авторами приводилась в отдельной статье [3, 4, 21]. Силовой баланс транспортного средства при опрокидывании отражен на рисунке 2 и разбит поэтапно на стадии.

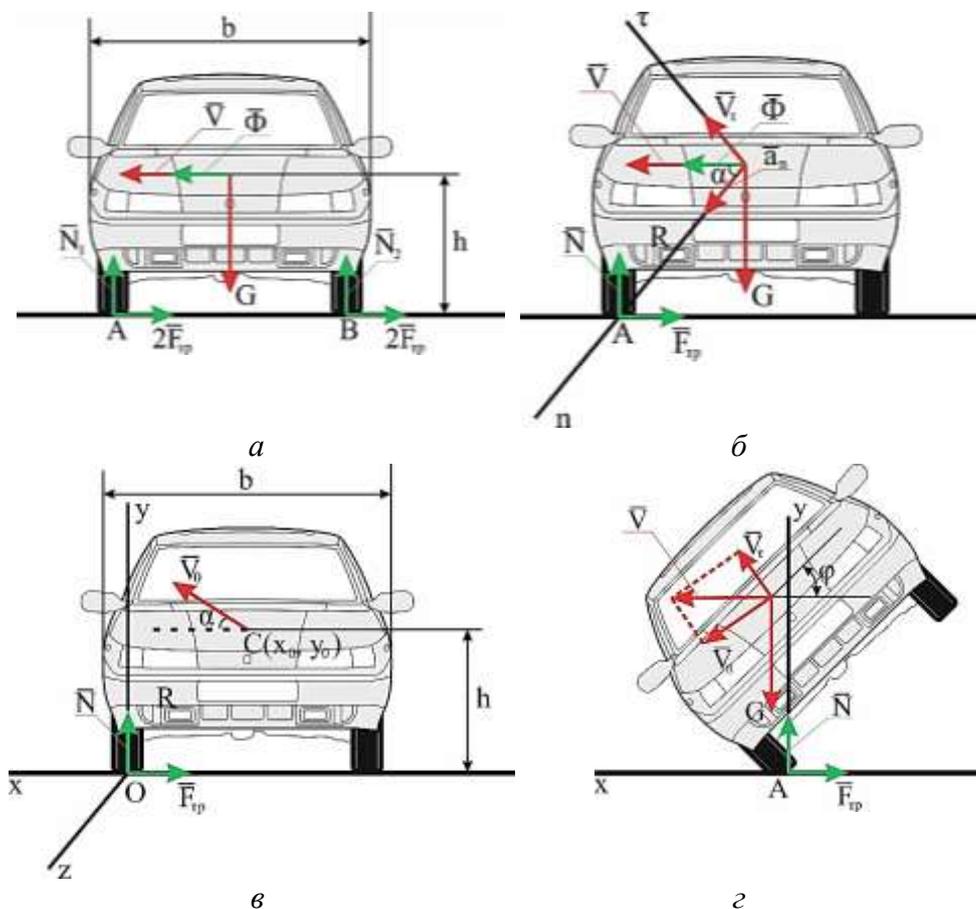


Рисунок 2 - Расчетная схема опрокидывания транспортного средства

Ориентируясь на выше обозначенные расчетные схемы были определены зависимости и системы уравнений, описывающие процесс сложного перемещения автомобиля при потере вертикальной устойчивости. Данные зависимости позволяют определять ряд параметров пе-

ремещения ТС в состоянии инерционного опрокидывания без участия водителя. [7-10]

Так, было определено условие опрокидывание транспортного средства, которое находится в прямой зависимости от характеристик ТС:

$$\Phi \geq \frac{m \cdot g \cdot b}{2 \cdot h}, \quad (1)$$

где  $m$  – снаряженная масса транспортного средства;

$g$  – постоянная величина, ускорение свободного падения;

$b$  – поперечный размер транспортного средства;

$h$  – высота центра масс.

Для параметров динамического перемещения установлена критическая скорость потери вертикальной устойчивости:

$$V_1 \geq \sqrt{\frac{g \cdot b \cdot R^3}{2 \cdot h^3}}, \quad (2)$$

где  $R$  – радиус (плечо) опрокидывающей силы.

Дифференциальные уравнения движения тела согласно законам теоретической механики имеют вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} m \cdot \frac{dV}{dt} = \sum F_{k\tau}; \\ m \cdot \frac{V^2}{\rho} = \sum F_{kn}; \\ J_z \cdot \frac{d^2\varphi}{dt^2} = \sum M_z(\bar{F}_k), \end{array} \right. \quad (3)$$

где  $\rho$  – радиус кривизны траектории.

Преобразуя полученную систему уравнений, используя ранее полученные зависимости [3, 4, 21], можно определить угловую скорость при одном обороте транспортного средства:

$$\omega = \sqrt{2 \cdot \frac{G}{J_z} \cdot \frac{1}{\sqrt{4 \cdot h^2 + b^2}} \cdot (2 \cdot h - b) + \omega_0^2}, \quad (4)$$

где  $\omega_0$  – угловая скорость при входе в критическую фазу;

$J_z$  – момент инерции при входе в критическую фазу.

При более одном обороте опрокидывание ТС выглядит как затухающая волновая траектория и скорость в этом случае по фазам также можно определить

$$V_{0\tau} = V \cdot k; \quad V = \omega \cdot R, \quad (5)$$

где  $k$  – коэффициент восстановления.

### **Результаты и обсуждение**

Для проверки предложенного метода была построена в масштабе схема дорожно-транспортного происшествия. При изучении схемы осмотра места происшествия было выявлено, что организация движения на данном перекрестке имеет сложную конфигурацию (закругление), отображение которой в материалах дела не отражает реальной конфигурации участка дороги. С целью восполнения недостающей (для реконструкции масштабной схемы) информации использовалась масштабная спутниковая карта местности из общедоступного интернет-сервиса <https://yandex.ru/maps/> (рис. 3) [17].



Рисунок 3 - Спутниковая схема участка дороги, на котором произошло дорожно-транспортное происшествие

Края проезжей части, разметка обрисовывались в графическом редакторе «Corel Draw» версии 2018 (рис. 4), после чего полученное схематическое изображение перекрестка было приведено к необходимому масштабу 1:100 (рис. 5). Далее на схему наносились зафиксированные на месте происшествия следы.



Рисунок 4 - Спутниковая схема участка дороги, на котором произошло дорожно-транспортное происшествие, с обрисовкой

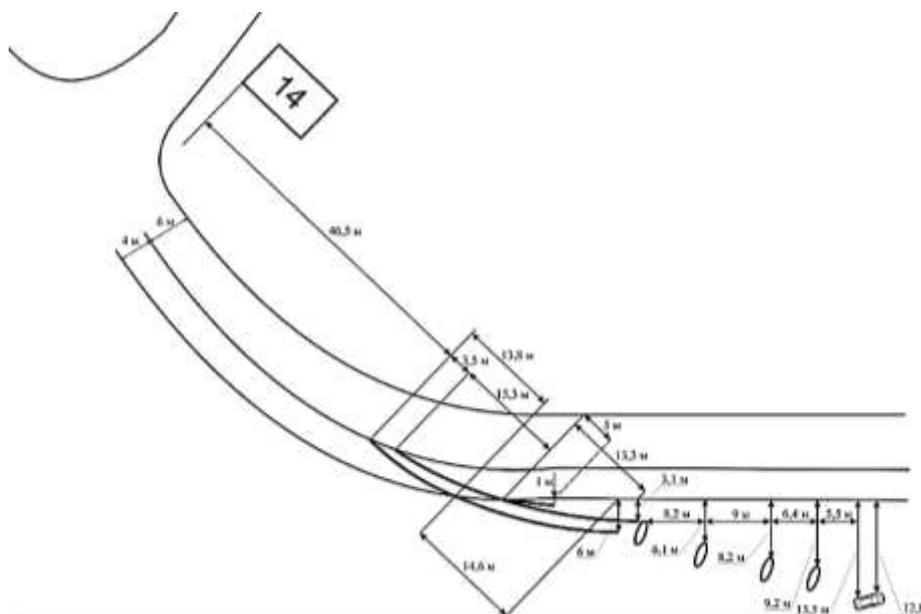


Рисунок 5 - Масштабная реконструкция схемы места дорожно-транспортного происшествия

Для расчета перемещения автомобиля Volkswagen Golf используем формулы (4) и (5). Исходные данные для расчета и полученные результаты расчетов были сведены в таблицу 1.

Таблица 1 - Исходные данные и полученные значения расчета

Исходные данные					
$J_z$	$h$	$G$	$b$	$\omega_0$	$k$
958,65 кг·м <sup>2</sup>	1,77 м	1249 кг	1,79 м	16,1 м/с	0,3
Полученные результаты					
$\omega$	$R$	$V$	$V_{01}$	$V_{02}$	$V_{03}$
16,1 м/с	1,98 м	31,9 м/с	9,57 м/с	2,87 м/с	0,86 м/с

Проведенные расчеты, основанные на постулатах теоретической механики, а также конкретных исходных данных, позволяют сделать вывод о том, что непосредственно перед опрокидыванием (без учета затрат на занос ТС) скорость движения автомобиля Volkswagen Golf была не менее 114,8 км/ч ( $31,9 \cdot 3,6$ ).

### **Выводы**

Предложенный способ позволяет исследовать сложные неконтролируемые перемещения, вызванные потерей вертикальной устойчивости транспортных средств с целью определения параметров перемещения транспортных средств до наступления атипичного состояния перемещения. Это позволит повысить качество проводимых исследований механизма дорожно-транспортных происшествий и выявления причинно-следственных связей с фактом их возникновения.

### **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. McHenry R.R. Development of a computer program to aid the investigation of highway accidents. Tech.Rep.DOT/HS 800 621, Contact Number FH-11-7526, Cornell Aeronautical Laboratory, Inc. (CALSPAN Corp.), 1971.
3. 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 Conferences 341, 00070. 2021. URL: [https:// DOI:10.1051/mateconf/202134100070](https://doi.org/10.1051/mateconf/202134100070).
4. Новиков А.Н., Новиков И.А., Лазарев Д.А., Махонин В.Л. Исследование потери курсовой и вертикальной устойчивости транспортного средства при проведении дорожно-транспортной экспертизы // Мир транспорта и технологических машин. 2022. №3-1(78). С. 41-49.
5. McHenry R.R. Mathematical Reconstruction of highway accidents. Washington, D.C.: DOT HS 801-405, Calspan Report №ZQ-5341-V-2, 1975.
6. Суворов Ю.Б. Судебная дорожно-транспортная экспертиза: Учебное пособие. М.: Экзамен, Право и закон, 2003. 208.
7. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики: Учебник для вузов. М.: Высш. шк., 15-е изд., стер. 2007. 415 с.
8. Раус Э. Динамика системы твердых тел / Под ред. Ю.А. Архангельского и В.Г. Демина; Пер. с англ. В 2-х томах. Т. 1. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1983. 467 с.
9. Eichenwald A.A. Theoretical Physics: General Mechanics, PH Librokom. Moscow. 2016. 328 P.
10. Eichenwald A.A. Theoretical Physics: Solid State Mechanics, PH Librokom. Moscow. 2011. 224 P.
11. 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.
12. Novikov I.A., Lazarev D.A., Kudinov D.V. The estimation of friction coefficient of vehicle's blocked wheel given with contact patch of the tread with the road surface // International Journal of Applied Engineering Research. V. 21. 2015. P. 42721-42724.
13. Valishchev M.G., Povzner A.A. General Physics Course // PH Lan. Moscow. 2010. P. 576.
14. Яблонский А.А., Никифорова В.М. Курс теоретической механики: Учебное пособие для вузов. 13-е изд., исправ. М.: Интеграл-Пресс, 2009. 603 с.
15. Евтюков С.С., Глушневский И.С. Совершенствование методики исследования замедления ТС при эксплуатации летних шин с разной высотой протектора // Мир транспорта и технологических машин. 2020. №1. С.72-78.
16. Глушневский И.С., Евтюков С.С. Оценка свойств замедления автомобиля при использовании зимнего типа шин на укатанном снежном покрытии // Вестник гражданских инженеров. 2019. №5. С. 217-221.
17. Евтюков С.А., Голов Е.В. Реконструкция дорожно-транспортных происшествий. СПб.: Издательский дом «Петрополис», 2017. 204 с.
18. ГОСТ 33078-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Методы измерения сцепления колеса автомобиля с покрытием.

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.

21. Совершенствование дорожно-транспортной экспертизы на основе исследования процесса перемещения автомобиля в состоянии потери управляемости / И.А. Новиков, А.Н. Дегтярь, Д.А. Лазарев, В.Л. Махонин.

**Еремин Сергей Васильевич**

Государственной Думы Федерального Собрания Российской Федерации

Адрес: 103265, Россия, г. Москва, ул. Охотный ряд, д. 1

Д.т.н., Депутат

E-mail: eremin@duma.gov.ru

**Махонин Виталий Леонидович**

Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева

Адрес: 302030, Россия, г. Орел, ул. Московская, д. 77

Аспирант

E-mail: triumph.expert@bk.ru

---

S.V. EREMIN, V.L. MAKHONIN

## INVESTIGATION OF THE PROCESS OF VEHICLE MOVEMENT IN CASE OF LOSS OF VERTICAL STABILITY USING THE EXAMPLE OF ROAD TRAFFIC ACCIDENT AS PART OF ROAD TRANSPORT EXAMINATION

***Abstract.** In this work, an analysis of problematic issues arising during the production of road transport expertise was carried out. The need arises to calculate the movement of vehicles (hereinafter referred to as vehicles) in non-standard conditions within the framework of studies of the mechanism of a road traffic accident (hereinafter referred to as an accident), since standard calculation tools do not allow solving some problems facing the expert now. Basic equations and systems of equations have been identified that allow solving this problem at various levels of complexity. A solution has been proposed to obtain the necessary input data for this task.*

***Keywords:** vertical stability, road traffic accident, uncontrolled movement, vehicle, expert study, motor vehicles*

### BIBLIOGRAPHY

1. Evtuykov S.A., Vasil`ev YA.V. Rassledovanie i ekspertiza dorozhno-transportnykh proissheshtviy. SPb.: OOO «Izdatel'stvo DNK». 2-e izdanie, 2005. 288 s.
2. McHenry R.R. Development of a computer program to aid the investigation of highway accidents. Tech.Rep.DOT/HS 800 621, Contact Number FH-11-7526, Cornel Aeronautical Laboratory, Inc. (CALSPAN Corp.), 1971.
3. 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 Conferences 341, 00070. 2021. URL: <https://doi.org/10.1051/mateconf/202134100070>.
4. Novikov A.N., Novikov I.A., Lazarev D.A., Makhonin V.L. Issledovanie poteri kursovoy i vertikal'noy ustoychivosti transportnogo sredstva pri provedenii dorozhno-transportnoy ekspertizy // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2022. №3-1(78). S. 41-49.
5. McHenry R.R. Mathematical Reconstruction of highway accidents. Washington, D.C.: DOT HS 801-405, Calspan Report №ZQ-5341-V-2, 1975.
6. Suvorov YU.B. Sudebnaya dorozhno-transportnaya ekspertiza: Uchebnoe posobie. M.: Ekzamen, Pravo i zakon, 2003. 208.
7. Targ S.M. Kratkiy kurs teoreticheskoy mekhaniki: Uchebnik dlya vtuzov. M.: Vyssh. shk., 15-e izd., ster. 2007. 415 s.

8. Raus E. Dinamika sistemy tverdykh tel / Pod red. Yu.A. Arkhangel'skogo i V.G. Demina; Per. s angl. V 2-kh tomakh. T. 1. M.: Nauka. Glavnaya redaktsiya fiziko-matematicheskoy literatury, 1983. 467 s.
9. Eichenwald A.A. Theoretical Physics: General Mechanics, PH Librokom. Moscow. 2016. 328 P.
10. Eichenwald A.A. Theoretical Physics: Solid State Mechanics, PH Librokom. Moscow. 2011. 224 P.
11. 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.
12. Novikov I.A., Lazarev D.A., Kudinov D.V. The estimation of friction coefficient of vehicle's blocked wheel given with contact patch of the tread with the road surface // International Journal of Applied Engineering Research. V. 21. 2015. R. 42721-42724.
13. Valishchev M.G., Povzner A.A. General Physics Course // PH Lan. Moscow. 2010. P. 576.
14. Yablonskiy A.A., Nikiforova V.M. Kurs teoreticheskoy mekhaniki: Uchebnoe posobie dlya vuzov. 13-e izd., isprav. M.: Integral-Press, 2009. 603 s.
15. Evtyukov S.S., Gladushevskiy I.S. Sovershenstvovanie metodiki issledovaniya zamedleniya TS pri ekspluatatsii letnikh shin s raznoy vysotoy protektora // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2020. №1. S.72-78.
16. Gladushevskiy I.S., Evtyukov S.S. Otsenka svoystv zamedleniya avtomobilya pri ispol'zovanii zim-nego tipa shin na ukatannom snezhnom pokrytii // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. 2019. №5. S. 217-221.
17. Evtyukov S.A., Golov E.V. Rekonstruktsiya dorozhno-transportnykh proissheshtviy. SPb.: Izdatel'skiy dom «Petropolis», 2017. 204 s.
18. GOST 33078-2014. Dorogi avtomobil'nye obshchego pol'zovaniya. Metody izmereniya stsepleniya koleasa avtomobilya s pokrytiem.
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.
21. Sovershenstvovanie dorozhno-transportnoy ekspertizy na osnove issledovaniya protsessa peremeshcheniya avtomobilya v sostoyanii poteri upravlyaemosti / I.A. Novikov, A.N. Degtyar', D.A. Lazarev, V.L. Makhonin.

**Eremin Sergey Vasilyevich**

State Duma of the Federal Assembly of the Russian Federation  
Address: 103265, Russia, Moscow, Okhotny Ryad str., 1  
Doctor of technical sciences  
E-mail: eremin@duma.gov.ru

**Makhonin Vitaly Leonidovich**

Orel State university  
Address: 302030, Russia, Orel, Moskovskaya str., 77  
Graduate student  
E-mail: triumph.expert@bk.ru

Научная статья

УДК 656.13

doi: 10.33979/2073-7432-2024-1-2(84)-58-64

ШЭН ЦЗИНСЯН

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАЛЫХ И СРЕДНИХ ГОРОДОВ НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

***Аннотация.** На основе традиционных методов планирования дорожного движения в сочетании с интеллектуальной системой управления дорожным движением предложено интеллектуальное улучшение дорожного движения в малых и средних городах КНР, а также предложен план улучшения планирования дорожного движения для решения транспортных проблем, существующих в городах Китая, и повышения эффективности транспортного потока, как одного из способов решения проблем с мобильностью.*

***Ключевые слова:** транспортное планирование, интеллектуальная транспортная система (ИТС), малые и средние города*

### **Введение**

С ускорением урбанизации и экономическим развитием малых и средних городов в Китае, а также с быстрым увеличением количества и частоты использования частных автомобилей, проблемы дорожного движения в малых и средних городах становятся все более очевидными. Согласно данным национальной статистики, к концу 2018 года количество автотранспортных средств в Китае превысило 300 миллионов, тем самым становится очевидной важная проблема быстрорастущей автомобилизации для развития малых и средних городов. Возникающие проблемы с дорожным движением накладывают большие ограничения на развитие городов и повседневную жизнь городских жителей. Прошлый опыт показал, что трудно устранить противоречие между спросом на общественный транспорт в малых и средних городах и предложением инфраструктуры общественного транспорта путем увеличения инвестиций только в транспортное строительство. Вступив в 21 век, с растущей зрелостью новых технологий, таких как большие данные и искусственный интеллект, некоторые малые и средние города в стране и за рубежом начали уделять особое внимание проектам создания интеллектуальных транспортных систем. Основываясь на ее построении в качестве предпосылки, в данной статье изучается транспортное планирование и проектирование малых и средних городов и предлагается подсистема интеллектуальной транспортной системы для построения новой системы - «Городской Транспортный Мозг».

### **Материал и методы**

#### Предпосылки исследования

#### Ускорение развитие малых и средних городов

В последнем издании плана урбанизации КНР государство четко указало, что для построения более эффективной городской структуры необходимо сосредоточиться на развитии малых и средних городов в городских агломерациях, в то время как всесторонняя конкурентоспособность региональных основных городов продолжает расти. Фокус новой модели урбанизации заключается в развитии малых и средних городов. Следовательно, распределение ресурсов в регионе должно увеличить развертывание малых и средних городов для ключевого развития и увеличить инвестиции в строительство общественных объектов.

#### Типизация городов в Китае

С энергичным развитием экономики и общества КНР, также увеличилась миграция населения между городами и сельскими районами, что привело к постепенному размыванию определения между городским и сельским населением, а крупномасштабное перемещение сельского населения в города привело к тому, что число постоянных жителей во многих небольших округах превысило установленное значение в 500 тыс. человек.

Так, «Отчет о развитии малых и средних городов в Китае» и серия докладов о развитии городов под названием «Зеленая книга для малых и средних городов» основаны на текущей численности городского населения нашей страны и содержат в себе наиболее разумный стандарт для определения типизации городов: города с постоянным населением менее 500 тыс. человек - это малые города; города среднего размера - от 500 тыс. до 1 млн. человек; крупные города - от 1 до 3 млн.; сверхбольшие города - от 3 до 10 млн. и огромные города с постоянным населением более 10 млн. чел. Согласно определению этой «зеленой книги», малые и средние города относятся к городам с постоянным населением менее одного миллиона человек в городских районах.

### **Теория / Расчет**

#### Создание новой система «Центр управление ИТС» для решения транспортных проблем

Стремительное развитие интеллектуальных транспортных систем в последние годы сделало их наилучшим способом решения транспортных проблем в малых и средних городах. При планировании дорожного движения необходимо создание принципиально «Центр управление ИТС» для решения транспортных проблем.

Интеллектуальная система мониторинга дорожного движения, система управления городского транспортного потока, электронная полицейская система, интеллектуальная система управления общественным транспортом, система реагирования на чрезвычайные ситуации, интеллектуальная система управления сигналами дорожного движения, интеллектуальная система сбора информации о дорожном движении, транспортная информационная система - вместе образуют «Городской Транспортный Мозг». Рисунок 1 представляет собой содержание этой городской интеллектуальной системы управления дорожным движением и ее подсистемы. В систему в основном входят следующие восемь подсистем:

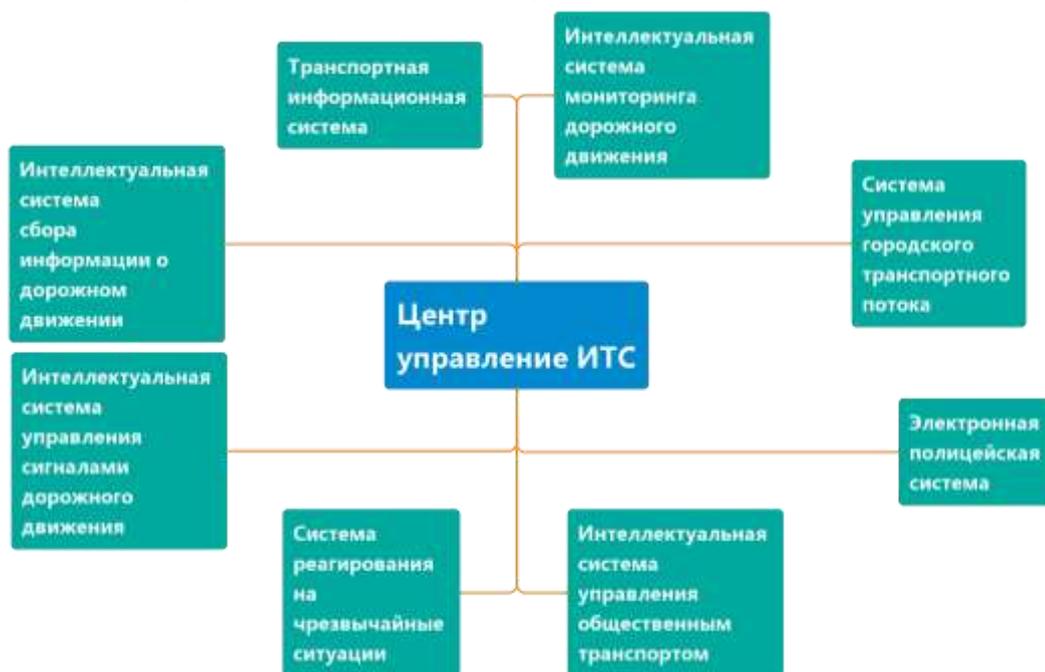


Рисунок 1 - «Центр управление ИТС» в Г. Цзясян

- интеллектуальная система мониторинга дорожного движения может меняться в соответствии с изменениями всеобъемлющей информации о дорогах. Она будет собирать информацию о городском движении в режиме реального времени, а затем помогать транспортным инженерам предоставлять информацию о регулировании дорожного движения на участках дорог, где происходят дорожно-транспортные происшествия, заторы на дорогах и другие чрезвычайные ситуации, при этом позволит специалистам понять работу городского транспорта. Таким образом, интеллектуальная система контроля дорожного движения явля-

ется центром всей интеллектуальной системы дорожного движения, и с ее помощью необходимо собирать и учитывать большое количество информации о дорожном движении;

- система управления городского транспортного потока - это своего рода метод управления городским движением. Она сочетает в себе новейшие технологии обработки больших данных, анализа информации и комплексной обработки данных. В основном она предоставляет участникам дорожного движения ориентировочную информацию, которая меняется в зависимости от ситуации на дороге в режиме реального времени. Система основывается на сборе данных о дорожном движении в режиме реального времени, позиционирования транспортного средства, выдачи управляющей информации и анализа управляющей информации;

- электронная полицейская система - это вспомогательная система управления, которая анализирует полученные данные о дорожном движении, чтобы определить, есть ли нарушения. В основном она состоит из четырех частей: анализ нарушений, сбор доказательств нарушений, проверка нарушений и обработка нарушений, и их обнародование;

- интеллектуальное управление общественным транспортом очень необходимо для автобусных систем малых и средних городов. Это может существенно повысить эффективность городских автобусов и упростить управление автобусными объектами. Комплексное и упорядоченное управление городским общественным транспортом может повысить комфорт всей системы общественного транспорта для городских жителей. Кроме того, интеллектуальная система управления автобусами может предоставлять информацию о существующей автобусной системе для планирования городского транспорта, что положительно влияет на планирование городского общественного транспорта;

- система реагирования на чрезвычайные ситуации. Чрезвычайные ситуации в городском движении сильно влияют на эффективность работы городского транспорта. Система реагирования на чрезвычайные ситуации может помочь городам своевременно и эффективно справляться с этими чрезвычайными ситуациями, тем самым сокращая время воздействия на транспортную систему и уменьшая повышенную нагрузку на движение, вызванную чрезвычайными ситуациями;

- интеллектуальная система управления сигналами дорожного движения состоит из управляющего ядра, дисплея дорожных сигналов и сети передачи сигнальных данных. Среди них общее ядро управления включает в себя операционную систему, ретрансляционную станцию Интернета вещей, обработку информации и т.д.

Интеллектуальная система управления сигналами дорожного движения является наиболее прямой и базовой прикладной системой в управлении дорожными сетями, а также наиболее важным и эффективным средством интеллектуального управления дорожным движением. Научное управление световыми сигналами объединяет ИТ-технологии, технологии автоматизированного управления и технологии передачи данных в режиме реального времени, которые могут повысить эффективность дорожного движения и скорость движения транспортных средств, обеспечить интеллектуальное управление дорожным движением и отводом дорог, а также уменьшить заторы на городских дорогах. Кроме того, данная система также улучшить и оптимизировать городскую транспортную среду. Основные функции заключаются в следующем:

- сетевое преобразование отображения сигнала светофора на перекрестке. Система должна принять унифицированные и открытые стандарты протокола связи для эффективно повышения совместимости и расширяемости системы, а также реализовать унифицированное управление и мониторинг в режиме реального времени работы сигнальных знаков в городе;

- сегментированный контроль магистрального движения - «зеленая волна». «Полоса зеленой волны», или «технология многоточечного управления сигнальными огнями», основана на интеллектуальном управлении компьютерами для увеличения продолжительности зеленого сигнала светофора на участке дороги, где возникает пробка, чтобы заблокированные транспортные средства могли быстро проехать все перекрестки на участке, где располо-

жена дорога. Благодаря реконструкции дорог, совершенствованию транспортных средств, факторы, мешающие движению, будут максимально устранены. На этой основе, в соответствии с изменениями в транспортном потоке на каждом перекрестке главной дороги, сигнальные огни на всей линии главной дороги являются интеллектуальными по времени, и реализуется сегментированное управление «полосой зеленой волны»;

- скоординированное и интеллектуальное управление светофорами в субрегионах. Чтобы максимально увеличить пропускную способность городской дорожной сети, уменьшить заторы на дорогах, обеспечить безопасность городского движения и предоставить услуги секретной службы в чрезвычайных ситуациях, региональная скоординированная система управления построена на основе современных передовых международных и отечественных теорий и практик управления. В соответствии со структурой и характеристиками транспортных потоков малых и средних городских дорожных сетей, а также в соответствии с актуальностью и своевременностью соответствующих перекрестков, зоны контроля разделены рационально и научно, а сигнальные огни в этом районе унифицированы для создания органично интегрированной и всеобъемлющей системы. В соответствии с изменениями нагрузки на региональную дорожную сеть время подачи сигнала на каждом соседнем перекрестке регулируется автоматически, что не только позволяет избежать огромной нагрузки на систему, вызванной ручной регулировкой, но и обеспечивает гарантию сбалансированной работы дорожной сети города;

- система имеет функцию приоритетного доступа транспортных средств для специальных служб. Функция приоритетного доступа транспортных средств специальных служб относится к уровню приоритета, установленному для того, чтобы позволить городским транспортным средствам, таким как автобусы, первыми проезжать через сигнальные огни. В соответствии с фактическим городским движением некоторые участки дороги могут быть выбраны для создания специальных автобусных полос, а также могут быть построены сигнальные перекрестки с приоритетным управлением автобусом и использованием технологии система «Бэйдоу» или RFID;

- интеллектуальная система сбора информации о дорожном движении. Информация о городском движении, подлежащая сбору, включает данные о состоянии дорог, о дорожном движении, о скорости движения транспортных средств, о плотности транспортного потока и т.д. В первую очередь необходимо получить исчерпывающую, насыщенную информацию о дорожном движении в режиме реального времени с помощью радаров, видео, инфракрасного излучения и датчиков заземления, а затем выполнить отказоустойчивую обработку, фильтрацию, форматирование, упаковку и передачу собранных данных, а также анализ отчетов предварительной обработки необработанных данных от точки к точке для оценки работы. Сети автомобильных дорог города на современном этапе могут своевременно обнаруживать внезапные дорожно-транспортные происшествия, определять направление управления дорожным движением и обеспечивать необходимую базу данных для разработки норм управления городским движением и услуг по вводу в эксплуатацию новых транспортных средств для достижения цели разумного и научного функционирования системы дорожного движения;

- центр обработки данных по сбору информации. Создание единой системы сбора информации о дорожном движении в центре управления должно обеспечить полный доступ и долговременное хранение всех видов данных, связанных с городским движением. Он имеет такие функции, как сбор данных о дорожном движении, анализ и обработка данных, хранение данных и всестороннее отображение графики движения дорожной сети на основе ГИС-систем. В конечном итоге, динамическая информация о транспортных средствах и другая информация о городском движении подвергаются комплексной обработке и анализу;

- транспортная информационная система. Происходит с помощью установленных информационных экранов на основных въездах в городские районы и из них, а также на узлах городских дорог. Кроме того, для своевременного оповещения также создаются веб-сайты интеллектуальных транспортных служб в Интернете. Применение динамического ин-

формационного табло и Интернета для публикации следующей информации в режиме реального времени имеет преимущества для большинства участников дорожного движения, поскольку формируется прямой доступ к информации и первоисточникам данных. Появляется возможность просматривать или проверять информацию онлайн через мобильные терминалы (мобильные телефоны/планшеты) и т.д., тем самым участники дорожного движения могут самостоятельно выбирать маршрут и время поездки и осуществлять разумное перенаправление трафика, чтобы принимать активное участие в «отвлечении трафика».

### **Результаты**

По сравнению с традиционными методами планирования перевозок, новый метод, основанный на интеллектуальной транспортной системе, позволяет избежать различных недостатков традиционных методов.

1. Объективность значительно улучшается. 2. Повысится эффективность работы по планированию дорожного движения. 3. Значительно улучшается стабильность.

### **Обсуждение**

Оценка будущей транспортной ситуации в городе с помощью интеллектуальной транспортной системы основана на огромных, в режиме реального времени и точных данных, полученных интеллектуальной системой сбора транспортной информации путем анализа и сравнения интеллектуальной системы обработки транспортной информации, что позволяет избежать ошибок прогнозирования, вызванных ручным использованием неполной выборки данные опроса традиционными методами и повышение объективности плана планирования дорожного движения.

Внедрение интеллектуальной информации о дорожном движении позволило выполнять работу, которая ранее не могла быть выполнена традиционными методами планирования.

Интеллектуальный транспорт может продолжать собирать и анализировать данные о ключевых атрибутах городского транспорта с помощью интеллектуальной системы сбора информации о транспорте на этапе внедрения после завершения планирования, отслеживать, выполняется ли план планирования так, как ожидалось, проверять, является ли план планирования правильным и разумным, и решать и проанализируйте проблемы при внедрении в режиме реального времени, и разработайте меры по их устранению. Таким образом, внедрение интеллектуальных транспортных систем может повысить общую стабильность городского планирования.

### **Выводы**

С момента создания системы «Мозг городского транспорта» прошло уже 6 месяцев. В случае дорожно-транспортного происшествия или заторов на улице Чэнсян в округе Цзясян светофоры на 15 перекрестках автоматически подают сигнал тревоги, после чего дорожная полиция спешит на место происшествия в момент получения информации, а время движения автоматически корректируется системой. Система регулирует 58 сигнальных перекрестков в крупных городских районах, увеличивая скорость на 15 %, при этом сокращая время движения транспортных средств на 16,1 %, а время в пути в среднем на 5,2 минуты. Судя по результатам тестирования, данная система может облегчить дорожные проблемы в городе Цзясян.

Основываясь на тенденциях создания интеллектуальных транспортных систем в стране и за рубежом в последние годы, данная статья преследует главную цель, а именно улучшение транспортного планирования малых и средних городов в Китае и повышение рациональности подключения городских интеллектуальных транспортных систем. На основе анализа данных о дорожном движении в малых и средних городах на момент 2023 года, были обобщены нерешенные транспортные проблемы в малых и средних городах, и предложены соответствующие и эффективные интеллектуальные методы транспортировки для решения этих проблем. На основе предварительного анализа и внедрения интеллектуальных транспортных методов были сформированы принципы и способы улучшения транспортного планирования в малых и средних городах на основе интеллектуальных транспортных систем и построена новая система управления трафиком. Наконец, путем оценки и сравнения про-

ходимости городских дорог до и после использования системы «Мозг городского транспорта» подтверждено, что внедрение подобных систем может облегчить проблему пробок на дорогах в малых и средних городах. В крупных городах, благодаря совершенствованию планирования дорожного движения, улучшилась взаимосвязь между планированием дорожного движения и интеллектуальными транспортными системами.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лу Хуапу, Ли Жуйминь. Состояние и тенденции развития городской интеллектуальной транспортной системы. Инженерные исследования // Инженерия с междисциплинарной точки зрения. 2014. №6(01). С. 6-19.
2. Пан Ци. Интеллектуальный транспорт: лучший способ способствовать устойчивому развитию городского транспорта: Интервью с профессором Ян Чжаошэном, директором Центра исследований и разработок интеллектуальных транспортных систем Цзилиньского университета // Интегрированный транспорт, 2010. №07. С. 85-89.
3. Torin M. War Room of the Street: Practices in Transportation Control Centres // The Communication Review. 2007. №10(4). С. 367-389.
4. Godoy J. Milanes V, Joshue Perez et. al. An Auxiliary V2I network for road transport and dynamic environments // Transportation Research. Part C. 2013. №37. С.145-155.
5. Mitretek Systems. Intelligent Transportation System Benefits: 2001 Update. 2001.№7.
6. Mitretek Systems. Intelligent Transportation System Benefits and Costs 2003 Update. 2003.5.
7. Safety Working Group. Safety: Final Report of the e Safety Working Group on Road Safety [Электронный ресурс]. URL: [http://www.Europa.eu.int/information\\_society/activities/esafety/doc/wg/safety\\_wg\\_final\\_report](http://www.Europa.eu.int/information_society/activities/esafety/doc/wg/safety_wg_final_report)
8. John V Winters. Why Are Smart Cities Growing? Who Moves And Who Stays. Journal of Regional Science. 2011. №51(2). P. 253-270.
9. M.Kobayashi, T.Tajima. Development of a New Signal Control Algorithm and the Verification Experiment in Nagoya. The 11thWorld Congress on ITS. Nagoya. Japan. 2004. 11
10. Yamada Harutoshi etc. A Proving Test of the Advanced Cruise-Assist Highway System on a Highway Curve Section. The 11th World Congress on ITS. Nagoya. Japan. 2004. 11
11. Qi Zhang, Tetsuo Tezuka, Keiichi N. Ishihara, Benjamin C. Mclellan. Integration of PV Power into Future Low-carbon Smart Electricity Systems with EV and HP in Kansai Area, Japan. RenewableEnergy. 2012(44). 77-108.
12. Ван Цинбинь, Чжун Ронхуа. Исследования в области интеллектуального транспорта и городского развития // Городские дороги и борьба с наводнениями. 2015 (5). С. 3-8.
13. Чэнь Кун, Ян Цзяньго. Исследование значения и характеристик интеллектуального транспорта // Информатизация коммуникаций в Китае. 2014 (9). С. 27-32.
14. Цай Цуй. Анализ и предложения по текущей ситуации развития интеллектуального транспорта в нашей стране // Технология дорожного движения (издание по прикладным технологиям). 2013 (6). С. 8-16.
15. Ли Чжэ, Ван Пинша, Чжан Чуньхуэй и др. Анализ общей модели построения структуры внутреннего интеллектуального транспорта // Энергосбережение на транспорте и защита окружающей среды. 2014. №2. С. 66-68.
16. Чэнь Наньпин, Цуй Лиюань. Существует ли еще разнообразие в эпоху полностью интеллектуального транспорта - Индустрия мобильных интеллектуальных устройств вступила в эру «Интернет+» // Транспортное строительство и управление им. 2015. №15. С. 20-27.
17. Чжао Цзюньцзюэ, Лю Фаньюй, Хуан Цзяньци, Пэн Юй. Исследование архитектуры верхнего уровня интеллектуального транспорта. Технология проектирования почты и телекоммуникаций. 2013. №6. С. 5-6.
18. Яо Фэй, Лю Цинъюань, Гун Синсин. Исследование показателей транспортного планирования устойчивого развития на различных уровнях городского планирования // Транспортные технологии. 2017. №1. С. 145-147
19. Ван Цзянь. Основы операционной практики транспортных услуг по реагированию на спрос. Мировой менеджер по перевозкам. 2015. №11. С. 48-51.
20. Ван Юаньцин, Ли На, Чжан Хэ. В каком транспортном планировании нуждаются китайские города. Городская стража. 2010. С. 7-14.
21. Ван Хуан. Текущая ситуация и контрмеры в области транспортного планирования и проектирования в малых и средних городах // Транспортные технологии и управление. 2021. 2.

#### **Шэн Цзинсян**

Донской Государственный Технический Университет  
Адрес: 344000, Россия, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1  
Аспирант  
E-mail: 409566609@qq.com

SHENG JINGXIANG

## RESEARCH OF TRANSPORT PLANNING AND DESIGN OF SMALL AND MEDIUM-SIZED CITIES BASED ON AN INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEM

**Abstract.** *With the growth of motorization and the increase in the urban population, the problem of mobility is becoming more and more serious. Transport-related difficulties, such as traffic jams and long travel times, not only affect people's lives, but also have serious economic consequences.*

*Through a comprehensive baseline survey of the current traffic patterns in small and medium towns, we are gaining a more complete and accurate understanding of the spatial and temporal changes and existing traffic problems associated with traffic in small and medium towns. Based on traditional traffic planning methods, combined with an intelligent traffic management system, the intelligent improvement of traffic in small and medium cities in the PRC is proposed, and a road planning improvement plan is proposed to solve the traffic problems existing in small and medium cities and improve efficiency. as a way to solve transport problems.*

**Keywords:** *transport planning; Intelligent transport system (ITS); small and medium cities*

### BIBLIOGRAPHY

1. Lu Huapu, Li ZHUYmin`. Sostoyanie i tendentsii razvitiya gorodskoy intellektual`noy transportnoy sistemy. Inzhenernye issledovaniya // Inzheneriya s mezhdistsiplinarnoy tochki zreniya. 2014. №6(01). S. 6-19.
2. Pan Tsi. Intellektual`nyy transport: luchshiy sposob sposobstvovat` ustoychivomu razvitiyu gorodskogo transporta: Interv`yu s professorom YAn CHzhaoshenom, direktorom Tsentra issledovaniy i razrabotok intellektual`nykh transportnykh sistem TSzilin`skogo universiteta // Integrirovanny transport, 2010. №07. S. 85-89.
3. Torin M. War Room of the Street: Practices in Transportation Control Centres // The Communication Review. 2007. №10(4). S. 367-389.
4. Godoy J. Milanés V, Joshue Perez et. al. An Auxiliary V2I network for road transport and dynamic environments // Transportation Research. Part C. 2013. №37. S.145-155.
5. Mitretek Systems. Intelligent Transportation System Benefits: 2001 Update. 2001.№7.
6. Mitretek Systems. Intelligent Transportation System Benefits and Costs 2003 Update. 2003.5.
7. Safety Working Group. Safety: Final Report of the e Safety Working Group on Road Safety [Elektronnyy resurs]. URL: [http://www.Europa.eu.int/information\\_society/activities/esafety/doc/wg/safety\\_wg\\_final\\_report](http://www.Europa.eu.int/information_society/activities/esafety/doc/wg/safety_wg_final_report)
8. John V Winters. Why Are Smart Cities Growing? Who Moves And Who Stays. Journal of Regional Science. 2011. №51(2). R. 253-270.
9. M.Kobayashi, T.Tajima. Development of a New Signal Control Algorithm and the Verification Experiment in Nagoya. The 11thWorld Congress on ITS. Nagoya. Japan. 2004. 11
10. Yamada Harutoshi etc. A Proving Test of the Advanced Cruise-Assist Highway System on a Highway Curve Section. The 11th World Congress on ITS. Nagoya. Japan. 2004. 11
11. Qi Zhang, Tetsuo Tezuka, Keiichi N. Ishihara, Benjamin C. Mclellan. Integration of PV Power into Future Low-carbon Smart Electricity Systems with EV and HP in Kansai Area, Japan. RenewableEnergy. 2012(44). 77-108.
12. Van Tsinbin`, Chzhun Ronkhua.Issledovaniya v oblasti intellektual`nogo transporta i gorodskogo razvitiya // Gorodskie dorogi i bor`ba s navodneniyami. 2015 (5). S. 3-8.
13. Chen` Kun, Yan TSzyan`go. Issledovanie znacheniya i kharakteristik intellektual`nogo transporta // Informatizatsiya kommunikatsiy v Kitae. 2014 (9). S. 27-32.
14. TSay TSuy.Analiz i predlozheniya po tekushchey situatsii razvitiya intellektual`nogo transporta v nashey strane // Tekhnologiya dorozhnogo dvizheniya (izdanie po prikladnym tekhnologiyam). 2013 (6). S. 8-16.
15. Li CHzhe, Van Pinsha, CHzhan Chun`khuey i dr. Analiz obshchey modeli postroeniya struktury vnutrennego intellektual`nogo transporta // Energoberezhenie na transporte i zashchita okruzhayushchey sredy. 2014. №2. S. 66-68.
16. Chen` Nan`pin, TSuy Liyuan`.Sushchestvuet li eshche raznoobrazie v epokhu polnost`yu intellektual`nogo transporta - Industriya mobil`nykh intellektual`nykh ustroystv vstupila v eru «Internet+» // Transportnoe stroitel`stvo i upravlenie im. 2015. №15. S. 20-27.
17. Chzhao Tsyun`tszyue, Iyu fan`yuy, huan tszyan`tsi, pen yuy.issledovanie arkhitektury verkhnego urovnya intellektual`nogo transporta.tekhnologiya proektirovaniya pochty i telekommunikatsiy. 2013. №6. s. 5-6.
18. Yao Fey, Lyu Tsin`yuan`, Gun Sinsin. Issledovanie pokazateley transportnogo planirovaniya ustoychivogo razvitiya na razlichnykh urovnyakh gorodskogo planirovaniya // Transportnye tekhnologii. 2017. №1. S. 145-147
19. Van TSzyan`.Osnovy operatsionnoy praktiki transportnykh uslug po reagirovaniyu na spros. Mirovoy menedzher po perevozkam. 2015. №11. S. 48-51.
20. Van YUan`tsin, Li Na, CHzhan He.V kakom transportnom planirovanii nuzhdayutsya kitayskie goroda. Gorodskaya strazha. 2010. S. 7-14.
21. Van Huan. Tekushchaya situatsiya i kontrmery v oblasti transportnogo planirovaniya i proektirovaniya v malykh i srednikh gorodakh // Transportnye tekhnologii i upravlenie. 2021. 2.

**Sheng Jingxiang**

Don State Technical University

Address: 344000, Russia, Rostov-on-Don, str. Gagarin, 1

Graduate student

E-mail: 409566609@qq.com

Научная статья

УДК 620.164.1

doi:10.33979/2073-7432-2024-1-2(84)-65-72

Д.В. ИВАНОВ, Е.Д. КАЛИНИН, М.Г. КОРЧАЖКИН, А.Н. АРХИПОВ

## МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ КУЗОВНЫХ МАТЕРИАЛОВ, СОЕДИНЕННЫХ РАЗЛИЧНЫМИ ВИДАМИ СВАРОК

**Аннотация.** Рассмотрены методы определения прочности сварных соединений, выполненные за счет различных видов сварки, посредством лабораторных испытаний. Рассмотрены различные методы контроля сварных соединений. Выбран оптимальный метод разрушающего контроля – испытания на срез (разрыв), отрыв и ударную вязкость. Описана методика испытаний, проведен лабораторный эксперимент. Приведены диаграммы разрушения, выполнено сравнение результатов лабораторных испытаний с допустимой прочностью сварных точек. Прочность образцов, полученных с помощью электрозаклепок, и с помощью контактной точечной сварки превысила минимально допустимую прочность сварных точек соединений. Рассмотренный метод определения прочности сварных соединений позволяет осуществить оптимальный выбор вида сварки для кузовного ремонта автомобиля.

**Ключевые слова:** кузов автомобиля, лонжерон, лабораторные испытания, виды соединений, прочность сварных соединений

### **Введение**

Кузов автомобильного транспортного средства представляет собой сложный конструктивный элемент. В его задачи входит обеспечение должного уровня безопасности, как водителя, так и находящихся в нем пассажиров.

Зачастую, при эксплуатации транспортного средства могут возникнуть ситуации, которые требуют вмешательства посредством в кузовного ремонта. Задача состоит в том, чтобы применить ремонтные воздействия, правильно и качественно восстановить конструктивный элемент, который утратил работоспособность, с целью безопасной дальнейшей эксплуатации. Для этих целей чаще всего используют различные методы сварки.

### **Материал и методы**

Небольшая толщина кузовного металла [1-5] – представляет собой наибольшую сложность. При реализации ремонтного сварочного воздействия может произойти искривление металла, тепловая деформация и прожигание. Самые большие сложности появляются при сваривании лонжеронных конструкций [6-10]. У тяжелых и больших транспортных средств лонжероны являются главным силовым элементов корпуса. К лонжеронам применяются различные требования, в том числе наименьший вес, при котором конструкция обеспечивает необходимую жесткость и приемлемый уровень пассивной безопасности посредством поглощения энергии удара.

Особенности лонжерона:

- существуют складки в конструкции, которые при ударе, во время ДТП, реализуют смятие лонжерона и поглощают энергию столкновения;
- на определенных участках лонжерон изменяется по толщине и ширине сечения;
- существуют отверстия в местах с наименьшими статическими нагрузками.

Из-за данных особенностей, неправильная сварка влечет за собой изменение качества и прочности изделия, как получаемого результата. Требуется определять качество свариваемых кузовных деталей автомобиля [11-16].

Определение прочности сварных соединений, которые выполнены посредством различных видов сварок, проверенных с помощью лабораторных испытаний является целью данной работы.

Методы контроля сварных соединений

С помощью разрушающего и неразрушающего метода контроля сварных соединений можно проверить качество сварных соединений.

К неразрушающим методом контроля сварных соединений могут относиться магнитная дефектоскопия, ультразвуковая дефектоскопия, вихретоковая дефектоскопия и другие. Испытания на срез (разрыв), отрыв и ударную вязкость являются одним из основных методов разрушающего контроля, который представлен в данной работе. На разрывных машинах фиксируется прикладываемое усилие и проводятся испытания.

**Теория**

Выбор методики испытаний

Обратившись к ГОСТ 6996-66 [17], можно сделать вывод о том, что сварные соединения, реализованные за счет точечной сварки и электрозаклепок, необходимо испытывать методом на срез на разрывных машинах с помощью растяжения испытываемого образца (рис. 1). Размеры испытываемых деталей приведены в таблице 1. Испытание электрозаклепок накладывает ограничения на ширину образца - 50 мм. При испытании определяются разрушающая нагрузка на одну тонну в ньютонах (килограммах). По завершению испытаний требуется сравнить полученные значения со стандартными, эталонными, указанными в ОСТ 92-1114-80 [18].

В итоге, опираясь на указанные нормативные документы, можно сделать заключение о качестве сварного соединения, наложенного при ремонте кузова автомобиля. С помощью данных испытаний можно сделать вывод в части наилучшего для конкретной ситуации вида сварки.

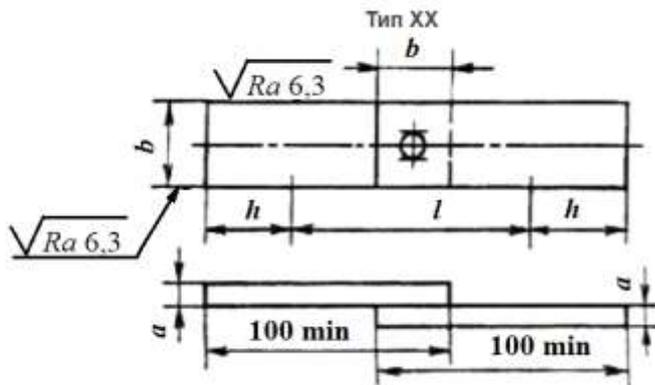


Рисунок 1 - Образец испытания на срез

Таблица 1- Размеры образцов

Толщина основного металла <i>a</i> , мм	Ширина образца <i>b</i> , мм, не менее
До 1	20
1...2	25
2...3	30
3...4	35
4...5	40
Более 5	45

Обратившись к пункту 3.6 ГОСТ 6996-66 [17], определение размеров образцов по соответствующим методикам, нормативы и требования, предназначенные для оборудования, с целью испытаний, а также условия проведения испытаний и подведение итогов испытаний, должны соответствовать ГОСТ 1497- 84 [19].

Относительно данного нормативно-регулирующего документа, испытание на растяжение реализуется на разрывной машине.

Чтобы определить геометрические размеры, требуется штангенциркуль и измерительная линейка из стали, длиной 500 мм.

Руководствуясь порядком проведения испытаний, необходимо:

- определить настоящие размеры образца;
- закрепить изделие на разрывной машине;
- реализовать поступательно нагружение образца;
- зафиксировать моменты, когда без движения регулятора скорости, нагрузка перестает изменяться. Фиксируется соответствующая нагрузка  $P_t$ , отвечающая пределу текучести стали;
- продолжить нагружение до окончательного разрыва образца. Требуется выделить максимальную нагрузку  $P_b$ .

**Результаты и обсуждение**

**Результаты испытаний образцов**

В части описанной методики были реализованы натурные испытания в научных лабораториях Нижегородского Государственного Технического Университета им. Р.Е. Алексеева.

При проведении данных испытаний были подготовлены образцы для испытания на срез в рамках с ГОСТ 6996-66 [17] (отображены на рисунке 2). Для вырезанных образцов была использована марка стали 08. Прокат сортовой, калиброванный, со специальной отделкой поверхности из углеродистой качественной конструкционной стали. Общие технические условия» [20].

Образцы испытывались в разрывной машине, крепление которых осуществлялось с помощью специальных приспособлений, показанных на рисунке 3.

В результате, образцы, испытанные в вышеописанном эксперименте, были подвержены разрушению (пример приведен на рисунке 4) Были получены соответствующие результаты.

Результаты лабораторных стендовых испытаний приведены в таблице 2. Результаты представлены в виде максимального нагружения, которое выдержала сварочная точка.



Рисунок 2 – Образцы для лабораторных испытаний



Рисунок 3 – Приспособление для крепления образцов

Таблица 2 – Итог проведенных лабораторных испытаний в части измерения прочности сварных точек

Способ сварки	Электроконтактная	Полуавтоматическая в среде CO <sub>2</sub> (электрозаклепка)
	Усилие разрыва, Н	
Образец №1	3645,21	
Образец №2		3981,917
Образец №3		3781,845
Образец №4	3713,528	

Диаграммы растяжения, полученные испытаниями образцов, приведены на рисунках 5-8.

Результаты проведенных экспериментов, в части растяжения образцов, подверженных сварным воздействиям позволяют сделать вывод о том, что прочность сварных точек, которые выполнены электрозаклепками в среде защитного газа, не уступает по качеству точечной сварке, которая выполнена с помощью аппарата контактной точечно сварки.

Результаты проведенных испытаний требуется сравнить с наименее допустимой прочностью сварных точек, которые выполнены контактной точечной сваркой для изделий из стали, (ОСТ 92-1114-80) [2]. Минимальная прочность сварных точек, допустимая в рамках нормативных документов, реализованных за счет контактной точечной сварки для изделий из стали для толщины 1 мм составляет 3430 Н или 350 кгс.

В конечном итоге можно сделать вывод о том, что результаты лабораторных испытаний реализованы успешно.

Зафиксировано превышение минимально допустимой прочности сварных соединений с помощью точек и электрозаклепок.



Рисунок 4 – Разрушенные образцы: №1 – электроконтактная сварка; №2 – электрозаклепка; №3 – электрозаклепка; №4 – электроконтактная сварка

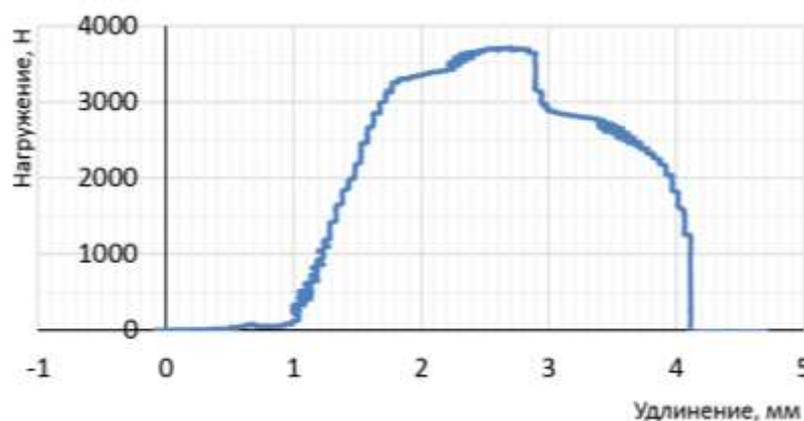


Рисунок 5 – Диаграмма растяжения образца №1

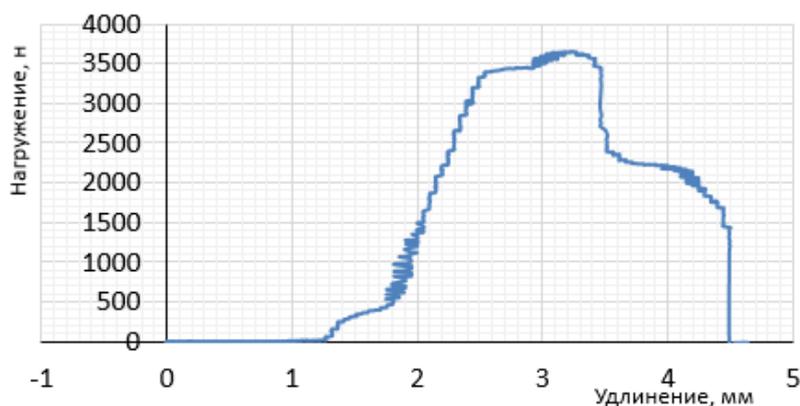


Рисунок 6 – Диаграмма растяжения образца №2

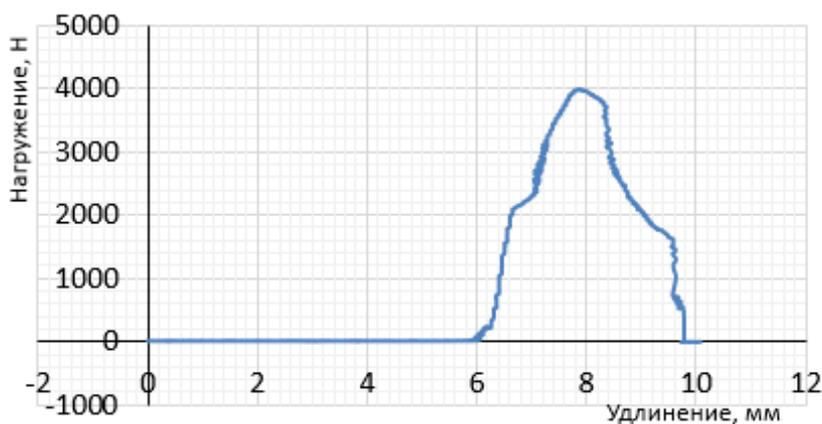


Рисунок 7 – Диаграмма растяжения образца №3

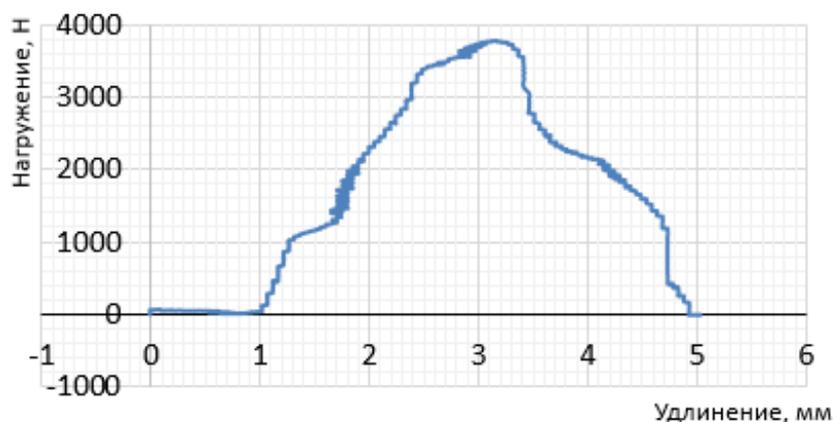


Рисунок 8 - Диаграмма растяжения образца №4

Опираясь на нормативные документы (ГОСТ 6996-66) можно сделать вывод о том, что при проведении испытаний реализованного соединения с помощью сварки, в части проверки на статическое растяжение, можно определить временное сопротивление по наиболее слабому участку. Данное временное сопротивление подсчитывается по ГОСТ 1497-84 [3]. В соответствии с пунктом 4.7.2 ГОСТа 1497-84 временное сопротивление  $\sigma_B$  рассчитывается по формуле:

$$\sigma_B = \frac{P_{\max}}{F_0}, \quad (1)$$

где  $P_{\max}$  - разрушающее усилие, Н;

$F_0$  - площадь поперечного сечения основного металла образца до приложения нагрузки, мм<sup>2</sup>.

Временное сопротивление для стали марки 08 составляет  $\sigma_B=315...410$  МПа.  
Временное сопротивление образцов:

образец № 1  $\sigma_B = \frac{3713,528}{8} = 464,19$  МПа;

образец № 2  $\sigma_B = \frac{3645,21}{8} = 455,65$  МПа;

образец № 3  $\sigma_B = \frac{3981,917}{8} = 497,74$  МПа;

образец № 4  $\sigma_B = \frac{3781,845}{8} = 472,73$  МПа.

Как можно заметить, образцы, которые подверглись лабораторным испытаниям в виде растяжения имеют положительные значения временного сопротивления и превышают нормативный показатель временного сопротивления для стали марки 08, что ещё раз подтверждает и показывает положительное качество сварки с помощью электрозаклепки, выполненной полуавтоматической сваркой в среде углекислого газа, а также контактной сварки.

### **Вывод**

Рассмотренный метод определения прочности соединений, реализованный с помощью сварки, выполненный различными видами с помощью лабораторных испытаний позволяет осуществить оптимальный выбор вида сварки, а также качество выполнения сварочного процесса для кузовного ремонта автомобиля, которые позволят выполнять технологию сварочного ремонта, не уступающую по качеству и прочности процессу завода-изготовителя.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Автомобили ВАЗ. Ремонт кузовов / Под редакцией Б.В. Прохорова. Часть 1. Издание первое. Тольятти: ОАО НВП «ИТЦ АВТО», 2001.
2. Диагностика и техническое обслуживание машин / А.Д. Ананьин, В.М. Михлин, И.И. Габитов и др. М.: Проспект, 2008. 440 с.
3. Клейнер Б.С. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей. М.: Транспорт, 1986. 289 с.
4. Михлин В.М. Прогнозирование технического состояния машин. М.: Колос, 1976. 287 с.
5. Якунин Н.Н. Методологические основы контроля и управления техническим состоянием автомобилей в эксплуатации. М.: Машиностроение. 1, 2003. 178 с.
6. Бажанов Ю.В., Бажанов М.Ю. Прогнозирование остаточного ресурса конструктивных элементов автомобилей в условиях эксплуатации // Фундаментальные исследования. №4. 2015. С. 16-21.
7. Корчажкин М.Г., Кузьмин Н.А., Кустиков А.Д. Совершенствование нормативов технической эксплуатации городских автобусов // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. №4(97). 2012. С. 168-174.
8. Кузьмин Н.А., Борисов Г.В. Научные основы процессов изменения технического состояния автомобилей: монография. Н.Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2012. 270 с.
9. Пачурин Г.В., Гончарова Д.А., Филиппов А.А., Нуждина Т.В., Деев В.Б. Исследование процесса усталости автомобильных материалов // Известия вузов. Черная металлургия. №9. 2019. С. 732-738.
10. Кузов современного автомобиля: материалы, проектирование и производство: Учебное пособие / Под ред. Г.В. Пачурина. 3-е изд., перераб. и доп. СПб.: Издательство «Лань», 2016. 316 с.
11. Гончарова Д.А., Пачурин Г.В., Филиппов А.А., Нуждина Т.В. Сравнительная оценка эксплуатационных свойств автомобильных конструкционных материалов // Наука сегодня глобальные вызовы и механизмы развития: материалы международной научно-практической конференции. 2019. С. 27-29.
12. Гончарова, Филиппов А.А., Пачурин Г.В. Выбор материала листовых деталей автомобиля по кривым прогиба образцов при циклическом нагружении // Автомобилестроение: проектирование, конструирование, расчет и технологии ремонта и производства: Материалы V Всероссийской научно-практической конференции. Ижевск. 2021. С. 108-116.
13. Гончарова Д.А., Пачурин Г.В. Исследование процесса усталостного разрушения листовых материалов // Механические свойства современных конструкционных материалов: Сборник материалов. М: ИМЕТ РАН, 2020. С. 171.
14. Гончарова Д.А., Пачурин Г.В., Филиппов А.А. Усталостное разрушение автомобильных конструкционных материалов // Academic science problems and achievements XVII «Академическая наука - проблемы и достижения». USA, North Charleston. 2018. С. 74-77.

15. Пачурин Г.В., Гончарова Д.А., Кузьмин Н.А., Филиппов А.А., Нуждина Т.В. Процесс усталостной повреждаемости листовых автомобильных сталей // Технология металлов. 2019. №8. С. 16-22.
16. Пачурин Г.В. Технология исследования разрушения конструкционных материалов в разных условиях нагружения: Учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп. М.: ИНФРА-М, 2021. 204 с.
17. ГОСТ 6996-66. Сварные соединения. Методы определения механических свойств. М.: Стандартинформ, 2006.
18. ОСТ 92-1114-80. Соединения сварные. Общие технические условия, 1980
19. ГОСТ 12004-81. Сталь арматурная. Методы испытания на растяжение. М.: Стандартинформ, 2009.
20. ГОСТ 1050-88. Прокат сортовой, калиброванный, со специальной отделкой поверхности из углеродистой качественной конструкционной стали. Общие технические условия. М: Стандартинформ, 2010.

**Дмитрий Владимирович Иванов**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева (НГТУ)  
Адрес: Россия, 603155, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24  
Студент  
E-mail: ivanov.dv2017dv@yandex.ru

**Евгений Дмитриевич Калинин**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева (НГТУ)  
Адрес: Россия, 603155, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24  
Студент  
E-mail: Johnn.Kalinin@yandex.ru

**Михаил Георгиевич Корчажкин**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева (НГТУ)  
Адрес: Россия, 603155, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24  
К.т.н., доцент кафедры «Автомобильный транспорт»  
E-mail: kormg@list.ru

**Александр Николаевич Архипов**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева (НГТУ)  
Адрес: Россия, 603155, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24  
Заведующий лабораторией кафедры «Автомобильный транспорт»  
E-mail: kafedraat@gmail.com

---

D.V. IVANOV, E.D. KALININ, M.G. KORCHAZHKIN, A.N. ARKHIPOV

## **METHODS OF TESTING AUTOMOTIVE BODY MATERIALS CONNECTED BY VARIOUS TYPES OF WELDS**

***Abstract.** Methods for determining the strength of welded joints are considered. The welded joints are made by different types of welding and tested in laboratory conditions. Methods of inspection of welded joints are described. The method of destructive testing – tests for shear (rupture), separation and impact strength is selected. The test procedure is described. A laboratory experiment was conducted. The diagrams of destruction are given, the results of laboratory tests are compared with the permissible strength of welded points. The strength of the samples obtained with the help of electric rivets and with the help of contact spot welding exceeded the minimum permissible strength of the welded points of the joints. The considered method of determining the strength of welded joints makes it possible to make an optimal choice of the type of welding for car body repair.*

***Keywords:** car body, spar, laboratory tests, types of joints, strength of welded joints*

### **BIBLIOGRAPHY**

1. Avtomobili VAZ. Remont kuzovov / Pod. redaktsiey B.V. Prokhorova. Chast` 1. Izdanie pervoe. Tol`yatti: OAO NVP «ITTS AVTO», 2001.
2. Diagnostika i tekhnicheskoe obsluzhivanie mashin / A.D. Anan`in, V.M. Mikhlin, I.I. Gabitov i dr. M.: Prospekt, 2008. 440 s.
3. Kleynner B.S. Tekhnicheskoe obsluzhivanie i remont avtomobiley. M.: Transport, 1986. 289 s.
4. Mikhlin V.M. Prognozirovaniye tekhnicheskogo sostoyaniya mashin. M.: Kolos, 1976. 287 s.

5. Yakunin N.N. Metodologicheskie osnovy kontrolya i upravleniya tekhnicheskim sostoyaniem avtomobiley v ekspluatatsii. M.: Mashinostroenie. 1, 2003. 178 s.
6. Bazhanov Yu.V., Bazhanov M.Yu. Prognozirovaniye ostatochnogo resursa konstruktivnykh elementov avtomobiley v usloviyakh ekspluatatsii // Fundamental'nye issledovaniya. №4. 2015. S. 16-21.
7. Korchazhkin M.G., Kuz'min N.A., Kustikov A.D. Sovershenstvovaniye normativov tekhnicheskoy ekspluatatsii gorodskikh avtobusov // Trudy NGTU im. R.E. Alekseeva. №4(97). 2012. S. 168-174.
8. Kuz'min N.A., Borisov G.V. Nauchnye osnovy protsessov izmeneniya tekhnicheskogo sostoyaniya avtomobiley: monografiya. N.Novgorod: Nizhegorod. gos. tekhn. un-t im. R.E. Alekseeva, 2012. 270 s.
9. Pachurin G.V., Goncharova D.A., Filippov A.A., Nuzhdina T.V., Deev V.B. Issledovaniye protsessa ustalosti avtomobil'nykh materialov // Izvestiya vuzov. Chernaya metallurgiya. №9. 2019. S. 732-738.
10. Kuzov sovremennogo avtomobilya: materialy, proektirovaniye i proizvodstvo: Uchebnoye posobie / Pod red. G.V. Pachurina. 3-e izd., pererab. i dop. SPb.: Izdatel'stvo «Lan», 2016. 316 s.
11. Goncharova D.A., Pachurin G.V., Filippov A.A., Nuzhdina T.V. Sravnitel'naya otsenka ekspluatatsionnykh svoystv avtomobil'nykh konstruktivnykh materialov // Nauka segodnya global'nye vyzovy i mekhanizmy razvitiya: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 2019. S. 27-29.
12. Goncharova, Filippov A.A., Pachurin G.V. Vybor materiala listovykh detaley avtomobilya po krivym progiba obraztsov pri tsiklicheskom nagruzhении // Avtomobilestroeniye: proektirovaniye, konstruirovaniye, raschet i tekhnologii remonta i proizvodstva: Materialy V Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Izhevsk. 2021. S. 108-116.
13. Goncharova D.A., Pachurin G.V. Issledovaniye protsessa ustalostnogo razrusheniya listovykh materialov // Mekhanicheskie svoystva sovremennykh konstruktivnykh materialov: Sbornik materialov. M: IMET RAN, 2020. S. 171.
14. Goncharova D.A., Pachurin G.V., Filippov A.A. Ustalostnoye razrusheniye avtomobil'nykh konstruktivnykh materialov // Academic science problems and achievements XVII «Akademicheskaya nauka - problemy i dostizheniya». USA, North Charleston. 2018. S. 74-77.
15. Pachurin G.V., Goncharova D.A., Kuz'min N.A., Filippov A.A., Nuzhdina T.V. Protsess ustalostnoy povrezhdaemosti listovykh avtomobil'nykh staley // Tekhnologiya metallov. 2019. №8. S. 16-22.
16. Pachurin G.V. Tekhnologiya issledovaniya razrusheniya konstruktivnykh materialov v raznykh usloviyakh nagruzheniya: Uchebnoye posobie. 2-e izd., ispr. i dop. M.: INFRA-M, 2021. 204 s.
17. GOST 6996-66. Svarnye soedineniya. Metody opredeleniya mekhanicheskikh svoystv. M.: Standartinform, 2006.
18. OST 92-1114-80. Soedineniya svarnye. Obshchie tekhnicheskie usloviya, 1980
19. GOST 12004-81. Stal' armaturnaya. Metody ispytaniya na rastyazheniye. M.: Standartinform, 2009.
20. GOST 1050-88. Prokat sortovoy, kalibrovanny, so spetsial'noy otdelkoy poverkhnosti iz uglerodistoy kachestvennoy konstruktivnoy stali. Obshchie tekhnicheskie usloviya. M: Standartinform, 2010.

**Dmitry Vladimirovich Ivanov**

Nizhny Novgorod State Technical University  
Address: 603155, Russia, Nizhny Novgorod, Minina str., 24  
Student  
E-mail: ivanov.dv2017dv@yandex.ru

**Evgeny Dmitrievich Kalinin**

Nizhny Novgorod State Technical University  
Address: 603155, Russia, Nizhny Novgorod, Minina str., 24  
Student  
E-mail: Johnn.Kalinin@yandex.ru

**Mikhail Georgievich Korchazhkin**

Nizhny Novgorod State Technical University  
Address: 603155, Russia, Nizhny Novgorod, Minina str., 24  
Candidate of technical sciences  
E-mail: kormg@list.ru

**Alexander Nikolaevich Arkhipov**

Nizhny Novgorod State Technical University  
Address: 603155, Russia, Nizhny Novgorod, Minina str., 24  
Head of the laboratory  
E-mail: kafedraat@gmail.com

Научная статья

УДК 621.31

doi:10.33979/2073-7432-2024-1-2(84)-73-80

В.В. БАРСКОВ, В.С. КОТОВ, Р.К. РЕЗНИКОВА, М.Д. ЦВЕТКОВ

## ОБЗОР ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГАЗОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЗАРЯДКИ АККУМУЛЯТОРНЫХ СИСТЕМ ГРАЖДАНСКОГО ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА

***Аннотация.** Рассмотрены вопросы энергосбережения на примере эксплуатации городского электротранспорта. Проведен обзор различных зарядных устройств, станций для электротранспорта, представлены различные сравнительные характеристики микротурбинных и газопоршневых установок. Проанализированы технические особенности электротранспорта различных производителей, приведена классификация энергоустановок электромобилей, указаны результаты использования опытных образцов городской электротехники, обзор микротурбинных технологий на российском рынке.*

***Ключевые слова:** микротурбинная установка, энергетика, стационарные энергетические установки, зарядные станции, электротранспорт*

### **Введение**

В современном мире огромное внимание уделяется ресурсосбережению и экологически чистым способам генерации электроэнергии. Создание системы распределенной энергетики является одним из путей решения экологических проблем.

В настоящее время возрастает популярность концепции распределенной энергетики, которая предлагает новые технологии создания более эффективных, экологически чистых и доступных источников энергии. Экологическая проблема, связанная с использованием транспорта, базирующегося на традиционной энергосистеме, становится все более заметной и значимой, в том числе, в связи с растущим дефицитом и стоимостью топлива. Для решения этих вопросов общество начинает искать новые пути и подходы, например, использование общественного электротранспорта. Анализ результатов научных исследований подтверждает, что использование традиционных двигателей внутреннего сгорания с использованием ископаемого топлива на автотранспорте является одним из главных источников загрязнения окружающей среды. Эксперты отмечают, что переход к использованию общественного электротранспорта будет способствовать снижению уровня загрязнения в городах, т. к. снижается количество выбросов материалов, образующихся в результате цикла работы двигателя внутреннего сгорания (ДВС).

В России распределенная энергетика имеет потенциал для роста, существенно превышающий среднемировые показатели. Это объясняется совокупностью объективных факторов и особенностей текущего этапа развития экономики страны. Огромные размеры страны при низкой плотности населения приводят к недопустимым в современных условиях затратам на транспорт, электроэнергию и тепло в централизованных системах. В то же время широкая доступность газа и дизельного топлива на большей части территории страны облегчает построение локальных генерирующих мощностей.

### **Материал и методы**

В данной работе мы рассмотрим использование электромобилей как один из видов распределенных энергоресурсов, проведем обзор необходимых параметров обслуживания электромобилей для их бесперебойной эксплуатации, проанализируем достоинства электротранспорта. Установленные в таком автомобиле батареи на базе литий-ионных аккумуляторных ячеек позволяют производить зарядку в ночное время, что выравнивает среднесуточное потребление электричества, т. к. ночью существует большой недостаток потребителей. Такой подход способствует уменьшению потребления природных ресурсов.

### 1. Обзор стационарных энергетических установок для зарядки электротранспорта

Электрические генерирующие установки (обычно в диапазоне от 3 кВт до 50 МВт), расположенные в электрической распределенной системе у конечного пользователя или рядом с ним составляют основу распределенной энергетики страны. Они просты, надежны, эффективны, экологичны, относительно недорогие, могут работать параллельно существующей электросети или как автономный агрегат. Сегодня существует широкий спектр технологий, который может удовлетворить потребности покупателя, таких как солнечные батареи, топливные элементы, фотогальванические системы, но особое распространение получили микротурбины и поршневые двигатели (табл. 1). Основным видом топлива для многих распределительных систем служит природный газ, а также водород, который может сыграть важную роль в будущем.

Основными достоинствами распределенных систем являются:

- повышенная надежность электрической системы;
- высокая технологическая и экономическая эффективность;
- модульность, масштабируемость, мобильность;
- короткие сроки ввода в эксплуатацию;
- независимость и контроль;
- предоставление вспомогательных услуг, в том числе реактивной мощности;
- улучшения качества электроэнергии;
- снижение уязвимости к терроризму и повышение устойчивости инфраструктуры.

Далее, остановимся подробнее на сравнении газопоршневых и микротурбинных установок.

Большим спросом на рынке распределенной энергетики пользуются газопоршневые (ГПУ) и микротурбинные (MTU) установки. Первые представлены фирмами из Европы (Guasor, Waukesha, MAN, MTU, Caterpillar, Doosan, Aksa и др.). Вторые производят такие фирмы, как Calnetix Power Solutions (бывшая Elliott), Capstone Turbine Corporation, Ingersoll-Rand и Turbec. Область применения – жилищно-коммунальное хозяйство, крупномасштабное строительство, нефтегазовая отрасль, пищевая промышленность, сельское хозяйство, спортивно-оздоровительные объекты, мобильные электростанции.

#### Теория

Для осуществления выбора подходящего агрегата автономного энергоснабжения необходимо провести анализ граничных условий, определить достоинства и недостатки каждого типа установки (рис. 1), рассмотреть оптимальное соотношение цены и качества (табл. 1).

Сравнительная диаграмма двух разных типов установок на основе восьми параметров показывает, что в большинстве случаев MTU имеет преимущества перед газопоршневой установкой. При выборе между этими устройствами стоит обращать внимание на следующие факторы:

- мощность, отнесенная к единицам занимаемой площади ниже у MTU, что дает преимущество на ограниченном участке эксплуатации;

- газопоршневые установки значительно уступают по уровню выбросов NO<sub>x</sub> (в 15-20 раз больше), т. к. при эксплуатации моторное масло выгорает в значительных объемах.

- мощность MTU при повышении температуры окружающей среды падает, а при уменьшении становится выше (рис. 2);



Рисунок 1 – Зависимость КПД при различном уровне нагрузки

- загрузка установок в процессе эксплуатации может меняться. При различных нагрузках меняется КПД (рис. 3), что ведет к изменению расхода топлива;
- оценочная стоимость капитальных вложений и стоимости обслуживания представлены в таблице 2. ГПУ имеет стоимость ниже (до 2-3 раз), но более шумная чем МТУ, которая в свою очередь оправдает себя при использовании в плотной городской застройке.

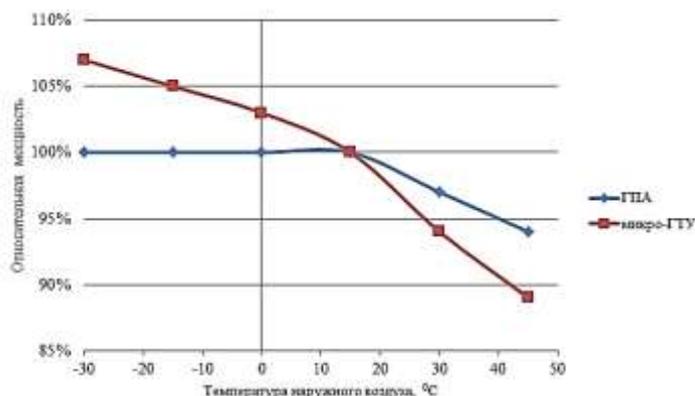


Рисунок 2 – Относительная мощность при различной температуре окружающей среды

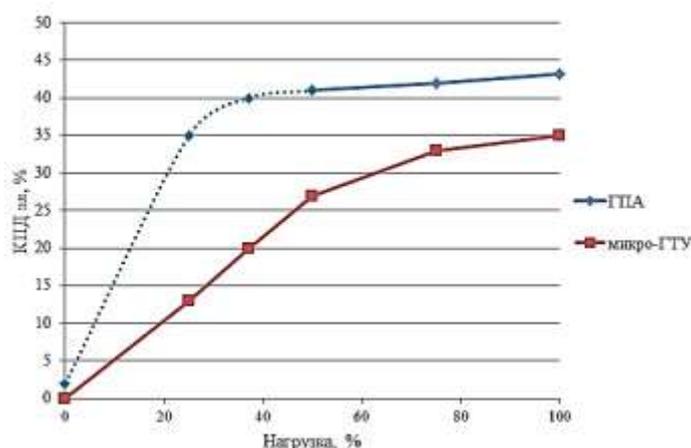


Рисунок 3 – Зависимость КПД при различном уровне нагрузки

### Результаты

Хотя капитальные затраты на МТУ выше (согласно таблице 1), средняя стоимость его обслуживания в дальнейшей эксплуатации будет значительно ниже, что в итоге приведет к примерно равным затратам в будущем.

Таблица 1 Сравнение рыночных предложений

Капитальные затраты на выбранное оборудование		Затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание	
Оборудование	Капитальные затраты (\$/кВт)	Время до техобслуживания (часы работы)	Средняя стоимость обслуживания (\$/кВт*ч)
Микротурбинная установка	700-1100	5000-8000	0,5-1,6 (по оценкам).
Газопоршневая установка	300-800	750-1000 (включает замену масла и масляного фильтра); 8000 (восстановление головки двигателя); 16000 (восстановление блока двигателя)	0,7-1,5 (природный газ); 0,5-1,0 (дизельное топливо)

Таким образом, на основании вышеизложенного, можно сделать вывод, что для обеспечения автономного энергоснабжения в городской среде и зарядки электротранспорта более подходящим вариантом является МТУ.

### 2. Обзор зарядных станций для электротранспорта

Рынок станций зарядных устройств содержит широкую номенклатуру позиций, отличающихся по силе тока, номинальному напряжению, потребляемой мощности, используемой

технологии зарядки. Наиболее часто встречающейся и доступной на рынке является зарядная станция мощностью 22 кВт (соответствует напряжению 400 В, силе тока 32 А). Данная станция имеет широкое распространение в Европе и представлена следующими моделям производителей ABB, ABL SURSUM, SHNEIDER Electric, ALFEN ICU EVE и ICU EVE Mini, Urban Post от CIRCONTROL, AMTRON, KOSOS, TESLA. Время зарядки таких устройств составляет от 6 до 22 часов. Подходят для малоразмерных электромобилей, которые удобно для использования в городской среде, такие как Nissan Leaf, BMW i3, Tesla Model S, Model X и др. Могут использоваться в быту или на автозаправочных комплексах. Работают на переменном токе, способны заряжать в режимах Mode 2, 3, имеет характерный разъем Type 2 (Mennekes).

Зарядка обычно сводится к двум одинаково важным факторам: время и деньги. Время зарядки электромобиля напрямую зависит от того, насколько большой емкости ваши батареи и насколько большим напряжением вы можете их заряжать. Стоимость самой электроэнергетики очень часто зависит от того в какое время вы заряжаете автомобиль и собственно, где вы производите зарядку. Ниже приведена сравнительная таблица с технической информацией о электромобилях, наглядно показывающая их потенциал по дальности хода (табл. 2)

Таблица 2 Технические характеристики электромобилей

Модель электромобиля	Мощность двигателя, кВт (л. с.)	Емкость батареи, кВт*ч	Запас хода при полной зарядке, км
Nissan Leaf	80 (108)	24	160
Tesla Model S	416 л. с.	60 85	335 426
Tesla Model X			
70D	-	70	354
90D	259	90	414
P90D	772	90	402
BMW i3	125 (170 л. с.)	33	До 300

Многоэтажная городская застройка может содержать от 1 до 7 зарядных устройств в одной зарядной станции. Такое количество зарядных устройств позволяет заряжать несколько автомобилей параллельно за один и тот же промежуток времени. Совокупная мощность 5 ЗУ по 22 кВт составляет 110 кВт. На мировом рынке микротурбин не представлены модели, способные обеспечить данный показатель, за исключением многосоставных пакетов из нескольких установок.

### 3. Обзор МТУ для использования в системах электротранспорта

В течении многих лет ведущие компании, производящие электрические грузовики – от автофургонов до пикапов и тяжелых грузовиков. – были стартапами. В 2020 году происходят изменения: стоимость батарей падает, правительства стран наращивают стимулирование тяжелого транспорта с низким уровнем выбросов. Ежедневно в СМИ появляются публикации, что известные компании делают предзаказы на десятки таких грузовиков для доставки своей продукции.

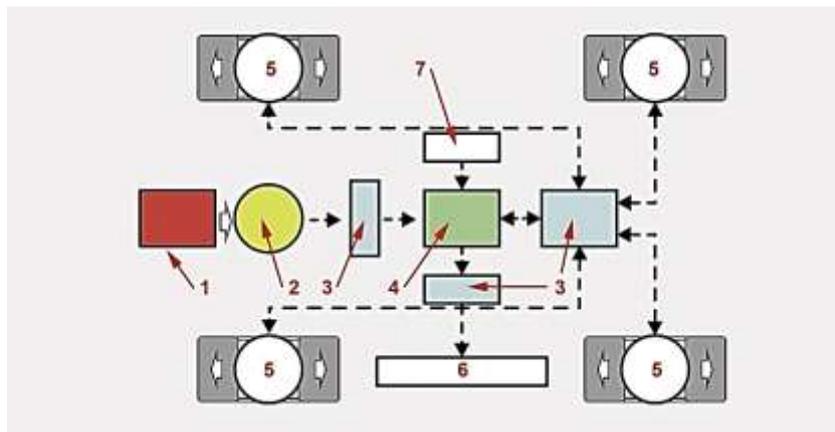
Компания Nicola с моделью One также заявила о себе. Предполагается, что данная машина будет подзаряжаться с помощью турбины, работающей на любом жидком топливе. Аккумулятор емкостью 320 киловатт-часов в паре с гибридной силовой установкой должен обеспечить 1900 км пробега. На данный момент компания имеет опытный образец, работающий на водороде, серийная сборка не налажена.

Принципиальная схема гибридной силовой установкой с газотурбинной установкой приведена на рисунке 4.

#### Обсуждение

На сегодняшний день опыт эксплуатации МТУ в гибридных установках автомобилей отсутствует: имеются только отдельные случаи опытной эксплуатации, таких как:

Опытный образец грузового автомобиля класса 3/4 (массой 4,5-7,5 т) с микротурбиной Capstone C30 – выпущен в рамках совместного проекта Capstone и Greenkraft.



**Рисунок 4 - Принципиальная схема гибридной силовой установки**

1 – микротурбина; 2- генератор; 3- инверторы (преобразователи тока и напряжения);  
4 - аккумуляторная батарея; 5 - мотор-колеса (предусмотрена подзарядка АКБ в режиме рекуперации);  
6- бортовые потребители электроэнергии

Гибридный автобус ТролЗА-5250 «ЭКОбус», опытная эксплуатация: ГУП «Мосгортранс» 24.12.2010-20.03.2011 г (рис. 5). Из выводов: «Расход газа автобусом «Тролза-5250» в зимнее время превышает расход автобуса ЛиАЗ-52937 (норма Евро-4) в среднем на 12-18 %» [2].



**Рисунок 5 - Опытный образец гибридного автобуса ТролЗА-5250 с турбиной Capstone C65**

### Выводы

В ходе изучения результатов научных исследований, посвященных проблемам энергосбережения, были выделены основные достижения энергетической промышленности в данном направлении, произведена сравнительная характеристика микротурбинных и поршневых установок для использования в стационарном режиме заряда аккумуляторных батарей электротранспорта, выполнен обзор современных зарядных устройств, осуществлен обзор проблемы использования газотурбинных установок для зарядки электромобилей и рассмотрены качественные характеристики МТУ для использования в электромобилях, выделены положительные и отрицательные особенности.

Можно отметить, что использование газотурбинной установки для зарядки аккумуляторных систем электротранспорта является одной из перспективных областей развития энергетики и исследований на сегодняшний день, их отличают повышенная надежность, экономическую эффективность, мобильность, самостоятельность и технологичность. Однако, проблемы, связанные с экологической безопасностью и высокой стоимостью капитальных затрат на такие установки, могут ограничивать их практическое использование в некоторых городах.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Project Sciurus Trial Insights: Findings from 300 Domestic V2G Units in 2020. Loughborough: Cenex, 2021. 43 p.
2. Самойлов А. Газовая турбина возвращается? [Электронный ресурс]. URL: <https://newsland.com/post/5369508-gazovaia-turbina-vozvrashchaetsiaysclid=lrqg2aygc8498030370/>
3. Ganiger M., Pandey M., Wagh R., Govindasamy R. Gas turbine based electric vehicle charging station // Proceedings of the ASME Turbo Expo 2021: Turbomachinery Technical Conference and Exposition. Vol. 6. New York: The american society of mechanical engineers. 2021. P. 36-42.
4. Brown A., Levene J., Schayowitz A., Klotz E. Electric vehicle charging infrastructure trends from the alternative fueling station locator: Second Quarter 2021. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory, 2021. 38p.
5. Лебедев А.С. Энергетические газовые турбины в России: проекты и реальность. Рыбинск: Газотурбинные технологии, 2021. 240 с.
6. Халатов А.А., Борисов И.И. Микротурбинные установки децентрализованного энергоснабжения. Рыбинск: Газотурбинные технологии, 2008. №1(62). С. 8-14.
7. Соколов С.В. Опыт применения микротурбинных установок. - Рыбинск: Газотурбинные технологии, 2008. №12(73). С. 6-12.
8. Суханкин А.А., Попова А.А., Ахатов М.М. и др. Микротурбинная установка для эффективного энергоснабжения автономных индивидуальных потребителей // Российская наука в современном мире: Сборник статей I международной научно-практической конференции. М.: ООО «Актуальность.РФ». 2022.
9. Быстрицкий Г.Ф., Хлебникова Е.А. Микротурбинные установки в малой энергетике // Главный энергетик. М: Панорама. 2010. №6.
10. Константинова С.В. Электрогенерирующие установки нового поколения для пиковых мини-энергокомплексов. Энергетика // Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. Минск: Министерство образования Республики Беларусь. 2012. №1.
11. Рыбачук В.Г. Актуальность применения микротурбинных установок в качестве автономных источников энергии // Молодой ученый. М: ООО «Издательство Молодой ученый». 2020. №6(296).
12. Балтиков Д.Ф., Курбангалеев А.Р. Анализ микротурбинных установок для энергообеспечения предприятий. Уфа: «Интернаука», 2022. №12-3(235).
13. Лихачева К.А., Кишалов А.Е. Обзор автономных энергетических установок малой мощности на российском рынке // Молодежный вестник. Уфа: Уфимского государственного авиационного технического университета. 2016. №2(15).
14. Рассохин В.А., Забелин Н.А., Матвеев Ю.В. Основные направления развития микротурбинных технологий в России и за рубежом // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. СПб: Санкт-Петербургский государственный политехнический университет. 2011. №4(135).
15. Меншиков И.А., Кравчук А.И. Накопители электрической энергии в системе наземного городского электротранспорта // Техническая электродинамика и электроника: Сборник научных трудов. Саратов: Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А. 2014.
16. Руди Д.Ю., Ткачук А.А. Проблема стабилизации тягового напряжения городского электротранспорта // Наука молодых - будущее России: сборник научных статей международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых. В 3 томах. Том 3. Курск: ЗАО «Университетская книга». 2016.
17. Жулина, Е.Г., Ф.Е. Кальницкий Перспективы применения автономных энергетических газотурбинных установок на транспорте // Вестник Мининского университета. Нижний Новгород: Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина. 2013. №1(1).
18. Константинова С.В. Электрогенерирующие установки нового поколения для пиковых мини-энергокомплексов // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. Минск: Министерство образования Республики Беларусь. 2012. №1.
19. Налбандян Г.Г., Жолнерчик С.С. Ключевые факторы эффективного применения технологий распределенной генерации в промышленности // Стратегические решения и риск-менеджмент. М: ООО «Издательский дом «Реальная экономика». 2018. №1(104).
20. Ховалова Т.В. Моделирование эффективности перехода на собственную генерацию. М: Эффективное антикризисное управление, 2017. №3(102).

### **Барсков Виктор Валентинович**

Высшая школа энергетического машиностроения Института энергетики Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого

Адрес: 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29

К.т.н., доцент

E-mail: viktorbarskov@mail.ru

**Котов Валентин Сергеевич**

Военный институт (военно-морской политехнический) военного учебно-научного центра Военно-Морского Флота «Военно-морская академия им. Адмирала Флота Советского Союза Н.Г. Кузнецова»  
Адрес: 196604, Россия, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Кадетский бульвар, 1  
К.т.н., доцент кафедры  
E-mail: drcattt@ya.ru

**Резникова Римма Константиновна**

Военный институт (военно-морской политехнический) военного учебно-научного центра Военно-Морского Флота «Военно-морская академия им. Адмирала Флота Советского Союза Н.Г. Кузнецова»  
Адрес: 196604, Россия, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Кадетский бульвар, 1  
Старший преподаватель  
E-mail: lovecoffetea@ya.ru

**Цветков Максим Дмитриевич**

Высшая школа энергетического машиностроения Института энергетики Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого  
Адрес: 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29  
Студент  
E-mail: legkieshagi@ya.ru

---

V.V. BARSKOV, V.S. KOTOV, R.K. REZNIKOVA, M.D. TSVETKOV

**REVIEW OF THE PROBLEM OF USING A GAS TURBINE  
INSTALLATION FOR CHARGING BATTERY SYSTEMS OF CIVIL  
ELECTRIC VEHICLES**

***Abstract.** The issues of energy saving are considered on the example of the operation of urban electric transport. The review of various chargers, stations for electric transport is carried out, various comparative characteristics of microturbine and gas piston installations are presented. The technical features of electric vehicles of various manufacturers are analyzed, the classification of electric vehicle power plants is given, the results of using prototypes of urban electrical engineering are indicated, and a review of microturbine technologies on the Russian market is given.*

***Keywords:** microturbine installation, power engineering, stationary power plants, charging stations, electric transport*

**BIBLIOGRAPHY**

1. Project Sciurus Trial Insights: Findings from 300 Domestic V2G Units in 2020. Loughborough: Cenex, 2021. 43 p.
2. Samoylov A. Gazovaya turbina vozvrashchaetsya? [Elektronnyy resurs]. URL: <https://newsland.com/post/5369508-gazovaia-turbina-vozvrashchaetsia?ysclid=lrq2aygc8498030370/>
3. Ganiger M., Pandey M., Wagh R., Govindasamy R. Gas turbine based electric vehicle charging station // Proceedings of the ASME Turbo Expo 2021: Turbomachinery Technical Conference and Exposition. Vol. 6. New York: The American Society of Mechanical Engineers. 2021. P. 36-42.
4. Brown A., Levene J., Schayowitz A., Klotz E. Electric vehicle charging infrastructure trends from the alternative fueling station locator: Second Quarter 2021. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory, 2021. 38p.
5. Lebedev A.S. Energeticheskie gazovye turbiny v Rossii: proekty i real'nost'. Rybinsk: Gazoturbinnye tekhnologii, 2021. 240 c.
6. Halatov A.A., Borisov I.I. Mikroturbinnye ustanovki detsentralizovannogo energosnabzheniya. Rybinsk: Gazoturbinnye tekhnologii, 2008. №1(62). С. 8-14.
7. Sokolov S.V. Opyt primeneniya mikroturbinnyykh ustanovok. - Rybinsk: Gazoturbinnye tekhnologii, 2008. №12(73). S. 6-12.
8. Sukhankin A.A., Popova A.A., Akhatov M.M. i dr. Mikroturbinnaya ustanovka dlya effektivnogo energosnabzheniya avtonomnykh individual'nykh potrebiteley // Rossiyskaya nauka v sovremennom mire: Sbornik statey L mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. M.: OOO «Aktual'nost'.RF». 2022.
9. Bystritskiy G.F., Hlebnikova E.A. Mikroturbinnye ustanovki v maloy energetike // Glavnyy energetik. M: Panorama. 2010. №6.

10. Konstantinova S.V. Elektrogeneriruyushchie ustanovki novogo pokoleniya dlya pikovykh mini-energokompleksov. Energetika // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy i energeticheskikh ob"edineniy SNG. Minsk: Ministerstvo obrazovaniya Respubliki Belarus`. 2012. №1.

11. Rybachuk V.G. Aktual`nost` primeneniya mikroturbinykh ustanovok v kachestve avtonomnykh istochnikov energii // Molodoy uchenyy. M: OOO «Izdatel'stvo Molodoy uchenyy». 2020. №6(296).

12. Baltikov D.F., Kurbangaleev A.R. Analiz mikroturbinykh ustanovok dlya energoobespecheniya predpriyatiy. Ufa: «Internauka», 2022. №12-3(235).

13. Likhacheva K.A., Kishalov A.E. Obzor avtonomnykh energeticheskikh ustanovok maloy moshchnosti na rossiyskom rynke // Molodezhnyy vestnik. Ufa: Ufimskogo gosudarstvennogo aviatsionnogo tekhnicheskogo universiteta. 2016. №2(15).

14. Rassokhin V.A., Zabelin N.A., Matveev Yu.V. Osnovnye napravleniya razvitiya mikroturbinykh tekhnologiy v Rossii i za rubezhom // Nauchno-tekhnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. SPb: Sankt-Peterburgskiy gosudarstvennyy politekhnicheskiy universitet. 2011. №4(135).

15. Menshchikov I.A., Kravchuk A.I. Nakopiteli elektricheskoy energii v sisteme nazemnogo gorodskogo elektrotransporta // Tekhnicheskaya elektrodinamika i elektronika: Sbornik nauchnykh trudov. Saratov: Saratovskiy gosudarstvennyy tekhnicheskiy universitet imeni Gagarina YU.A. 2014.

16. Rudi D.YU., Tkachuk A.A. Problema stabilizatsii tyagovogo napryazheniya gorodskogo elektrotransporta // Nauka molodykh - budushchee Rossii: sbornik nauchnykh statey mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii perspektivnykh razrabotok molodykh uchenykh. V 3 tomakh. Tom 3. Kursk: ZAO «Universitetskaya kniga». 2016.

17. Zhulina, E.G., F.E. Kal`nitskiy Perspektivy primeneniya avtonomnykh energeticheskikh gazoturbinykh ustanovok na transporte // Vestnik Mininskogo universiteta. Nizhniy Novgorod: Nizhegorodskiy gosudarstvennyy pedagogicheskiy universitet im. K. Minina. 2013. №1(1).

18. Konstantinova S.V. Elektrogeneriruyushchie ustanovki novogo pokoleniya dlya pikovykh mini-energokompleksov // Energetika. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy i energeticheskikh ob"edineniy SNG. Minsk: Ministerstvo obrazovaniya Respubliki Belarus`. 2012. №1.

19. Nalbandyan G.G., Zholnerchik S.S. Klyuchevye faktory effektivnogo primeneniya tekhnologiy raspredelennoy generatsii v promyshlennosti // Strategicheskie resheniya i risk-menedzhment. M: OOO «Izdatel'skiy dom «Real'naya ekonomika». 2018. №1(104).

20. Hovalova T.V. Modelirovanie effektivnosti perekhoda na sobstvennyuyu generatsiyu. M: Effektivnoe anti-krizisnoe upravlenie, 2017. №3(102).

**Kotov Valentin Sergeevich**

Military Institute (Naval Polytechnic) Military Training and Scientific Center of the Navy «N.G. Kuznetsov Naval Academy»

Address: 196604, Russia, St. Petersburg, Pushkin, Kadetsky Boulevard, 1

Candidate of technical sciences

E-mail: drcattt@ya.ru

**Barskov Viktor Valentinovich**

Higher School of Power Engineering, Institute of Power Engineering, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

Address: 195251, Russia, St. Petersburg, Politechnicheskaya str., 29

Candidate of technical sciences

E-mail: viktorbarskov@mail.ru

**Reznikova Rimma Konstantinovna**

Military Institute (Naval Polytechnic) Military Training and Scientific Center of the Navy «N.G. Kuznetsov Naval Academy»

Address: 196604, Russia, St. Petersburg, Pushkin, Kadetsky Boulevard, 1

Senior Lecturer

E-mail: lovecoffetea@ya.ru

**Tsvetkov Maxim Dmitrievich**

Higher School of Power Engineering, Institute of Power Engineering, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

Address: 195251, St. Petersburg, Politechnicheskaya str., 29

Student

E-mail: legkieshagi@ya.ru

Научная статья

УДК 656.131:343.983.25

doi:10.33979/2073-7432-2024-1-2(84)-81-90

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

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СРЕДСТВ ФИКСАЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННО-СЛЕДОВОЙ ИНФОРМАЦИИ С МЕСТА ДТП НА ПРИМЕРЕ НАЕЗДОВ НА ДОРОЖНЫЕ ОГРАЖДЕНИЯ И ЭЛЕМЕНТЫ ДОРОЖНОГО ОБУСТРОЙСТВА

***Аннотация.** Рассмотрена первичная пространственно-следовая информация с места дорожно-транспортного происшествия. Произведён анализ показателей по выполненным дорожно-транспортным экспертизам, а также выполнен анализ эффективности технологий и средств фиксации пространственно-следовой информации места дорожно-транспортного происшествия и объектов исследования по индексированным критериям.*

***Ключевые слова:** дорожно-транспортная экспертиза, дорожно-транспортное происшествие, транспортное средство*

### **Введение**

В общем ракурсе на процессы сопряженные с исследованием ДТП, при расследовании дорожно-транспортных происшествий обычно проводят следующие неотложные следственные действия: осмотр места происшествия, допрос водителей (при возможности), допрос свидетелей-очевидцев, допрос потерпевших (при возможности), назначение судебно-медицинской экспертизы (при наличии пострадавших), назначение автотехнической экспертизы (при необходимости). Общим вопросам реконструкции, моделирования и анализа ДТП посвящены работы [1-14].

Учитывая вышеизложенное, в целом по РФ, уровень полноты, качества и точности исходных данных и в частности пространственно-следовой информации (ПСИ), предоставляемых экспертам для анализа и реконструкции ДТП (при проведении автотехнических, комплексных трасолого-автотехнических исследований, совместно с техническими, дорожными экспертизами и судебно-медицинскими исследованиями, при их необходимости в конкретном случае) можно в целом охарактеризовать как крайне низкий, создающий возможность внесения в процесс исследования субъективных искажений и не всегда обладающий допустимой точностью измерений. При этом инструментальный (цифровой) сбор первичной пространственно-следовой информации в РФ не применяется.

### **Материал и методы**

Как отмечалось ранее, а также в работах [18, 19] качество сбора (получения и фиксации с использованием средств измерения) первичной пространственно-следовой информации (ПСИ) с места ДТП (в категориях таких её свойств, как полнота и достоверность) в значительной мере определяет семантическую емкость исследовательского объема ПСИ, её репрезентативность и как следствие влияет на качество экспертного исследования, формально при этом являясь мерой влияющей на достижимую и необходимую точность и достоверность исследования (сходимость с фактическими данными, особенно при наличии видеофиксации).

В обобщенном виде ПСИ, предоставляемая на исследование судебному автотехническому эксперту может быть охарактеризована как условно-определенная в минимально-достаточном для расчета объеме. Свойство ее условной определенности возникает из размытости и нечеткости категорий определения таких важных для расчета значений как, например, коэффициент сцепления, дальность конкретной видимости и многих других, в том числе и повреждений ТС (в первичных документах оформляемых ГИБДД или следствием обычно

это просто перечень, не всегда полный и не описывающий повреждение, который не достаточен для исследования, если ТС на момент исследования продано, утилизировано или отремонтировано, а фотоматериал по нему отсутствует) [15, 16].

Минимальная достаточность возникает из скудности технического оснащения и точности применяемых средств измерения при первоначальном процессе собора ПСИ (осмотр места ДТП, осмотр объектов исследования, выполнение следственных экспериментов и т.п.), при этом часто в представляемом на исследование судебному эксперту объеме ПСИ отсутствуют дополнительные данные влияющие на расчеты: величины фактических уклонов в месте ДТП, местоположения тела пешехода после ДТП и т.п.

При этом как практике государственных судебных экспертов, так и практике коммерческих организаций, выполняющих дорожно-технические судебные экспертизы, фактически нет практики оценки погрешности вычислений, основанных на нечетких данных, выполняемых в рамках проведенных исследований экспертами, что формально не отвечает требованиям федерального закона 73-ФЗ [23], в части оценки достоверности результатов исследования. Накопление расчетной ошибки связанной с изначальной погрешностью измерений при осмотре места ДТП, например, при расчете скоростей движения объектов исследования может приводить к результирующим значениям, сильно отличным от фактических [19, 21, 22].

Вышесказанное, при рассмотрении проблемы максимизации точности и полноты фиксации ПСИ с места ДТП и с объектов исследования (ОИ), сильно сдерживает процессы цифровизации процедур модельно-ориентированной реконструкции ДТП (МОР) и в целом перехода к цифровой трансформации экспертного анализа и профилактики ДТП.

#### Теория / Расчет

С целью поиска взаимосвязи между категоричностью полученных выводов по результатам дорожно-транспортной экспертизы (ДТЭ), объемом (качеством) исходной пространственно-следовой информации (ПСИ) с места ДТП и методами решения, использованными экспертами при производстве ДТЭ, а также для определения эффективности методов анализа и оптимизации решений, наиболее часто используемых в ДТЭ, были исследованы более 8500 ДТЭ (за период с 2010 по 2021 годы), выполнявшихся в рамках гражданского, административного и уголовного производства в государственных экспертных организациях Северо-западного федерального округа РФ (СЗФО РФ).

В обобщенном виде основные результаты проведенного анализа ДТЭ, выполненных в экспертных организациях СЗФО, за вышеуказанный период, показаны в таблице 1.

Таблица 1- Основные результаты анализа выборки ДТЭ

Анализируемые показатели по выполненным ДТЭ в СЗФО		Период исследования		
		с 2010 по 2013 годы	с 2014 по 2017 годы	с 2018 по 2021 годы
В рамках ДТЭ по ДТП со столкновением ТС, в % от общего их числа:	Дан отказ от установления фактической скорости движения ТС	56%	48%	45%
	Дан отказ от установления фактического места столкновения	52%	47%	43%
	Механизм столкновения реконструирован частично, преимущественно в описательной форме	62%	54%	51%
	Механизм столкновения не реконструировался, исследование полностью опирается на исходные данные, определенные по субъективным данным	59%	51%	47%
	Механизм столкновения реконструирован полностью и определены все его ПВХ стадий	10%	16%	18%
	В исследовании использованы данные EDR, БУРС по ГОСТ Р 58840	0%	0,4%	0,6%
	Использованы индексы травмирования для оценки риска и установления причинной связи между фактической скоростью ТС и полученными травмами (водителем и/или пассажирами)	0%	0%	0,2%
В рамках ДТЭ по ДТП с наездом на пешехода, в	Дан отказ от установления фактической скорости движения ТС (пешехода)	62%	59%	55%

% от общего их числа:	Дан отказ от установления фактического места наезда на пешехода	51%	50%	48%
	Механизм наезда реконструирован частично, преимущественно в описательной форме	53%	56%	53%
	Механизм наезда не реконструировался, исследование полностью опирается на исходные данные, определенные по субъективным данным	45%	39%	39%
	Механизм наезда реконструирован полностью и определены все его ПВХ стадий	2%	5%	8%
	Исследование опирается на данные полученные из анализа видеозаписи	0%	1%	2%
	Исследование опирается на данные следственного эксперимента	4%	10%	14%
	В исследовании использованы данные EDR, БУРС по ГОСТ Р 58840	0%	0,1%	0,1%
	Использованы индексы травмирования для оценки риска и установления причинной связи между фактической скоростью ТС в момент наезда и полученными травмами	0%	0%	0%
Причины, использованные экспертами в мотивации отказа от определения места наезда или столкновения и скорости движения	Отсутствие научно-обоснованной и апробированной методики	51%	50%	51%
	Отсутствие необходимых исходных данных	7%	10%	12%
	Вышеперечисленное одновременно	42%	40%	37%

Во многих случаях по уголовным делам по ДТП широко встречается практика отказа эксперта от категоричных выводов (в частности по задачам: установления скорости движения ТС в момент столкновения или в момент наезда на пешехода, установления места начала контактно-следового взаимодействия). При этом в обоснование такого отказа в подавляющем большинстве случаев отсутствие вывода (или вероятностный вывод) эксперт мотивирует и аргументирует отсутствием научно-обоснованной и апробированной методики для решения предмета экспертного исследования (табл. 1).

Кроме представленного, по данной выборке ДТЭ, выполненных в СЗФО, в указанный период, была проанализирована частота использования различных методов получения первичной и вторичной ПСИ, с учетом основных процедур, используемых в модельно-ориентированной реконструкции ДТП по [20]. Результаты данного анализа методов получения ПСИ показаны в таблице 2.

В ракурсе на указанные методы следует также оценить влияние погрешности измерений на результаты ДТЭ. Оценке неопределенности в экспертизе ДТП ранее были посвящены весьма немногочисленные работы [21, 22], среди которых следует выделить общую черту, а именно то, что в них не выполнялся анализ точности сбора ПСИ с места ДТП с использованием современных технологий. В этом ключе, следует также выделить наиболее типовые виды ошибок фиксации ПСИ, при различных видах осмотра места ДТП и ТС (первичный, вторичный), результаты обработки полученных данных показаны в таблице 3.

Таблица 2 - Частота применения различных методов фиксации ПСИ

процедура в МОР	вид получения ПСИ	Период исследования		
		с 2010 по 2013	с 2014 по 2017	с 2018 по 2021
при первичном осмотре ТС на месте ДТП	использован LIDAR	0%	0%	1%
	применена фотограмметрия	0%	1%	2%
	определено только высотное положение	39%	42%	44%
	измерений не проводилось	61%	57%	53%
при дополнительном осмотре ТС	использован LIDAR	0%	0%	1%
	применена фотограмметрия	0%	0%	1%
	определено только высотное положение	42%	54%	67%
	измерений не проводилось	56%	46%	43%
при осмотре места ДТП	все измерения выполнены рулеткой и/или дорожным курвиметром	76%	69%	65%
	использован LIDAR	3%	5%	5%
	применена фотограмметрия	2%	6%	5%

	Конечное положение ТС (иных объектов) не определено (убраны с места ДТП)	19%	20%	25%
при дополнительном осмотре места ДТП	все измерения выполнены рулеткой и/или дорожным курвиметром	99%	98%	96%
	использован LIDAR	0%	0%	1%
	применена фотограмметрия	1%	2%	3%
при реконструкции перемещений ОИ в стадиях механизма ДТП	использованы измерения первичного осмотра	94%	72%	69%
	использованы измерения дополнительного осмотра (совместно с первичным)	6%	28%	31%
	использованы цифровые данные	0%	0%	0%
при сопоставлении повреждений ТС	использованы данные о высотном положении очагов	96%	91%	84%
	применена фотограмметрия	4%	9%	15%
	использованы цифровые данные	0%	0%	1%

Таблица 3 - Результаты обработки

вид действия по получению и обработке ПСИ	типичная ошибка или типичная оценка качества фиксации ПСИ	период исследования		
		с 2010 по 2013	с 2014 по 2017	с 2018 по 2021
при осмотре ТС с использованием ручного измерительного инструмента	при оценке глубины внедрения, профиль недеформированного состояния нанесен условно	87%	74%	62%
	измерения выполнены на неподготовленной поверхности (уклоны, неровности, грязь, снег)	68%	64%	57%
	при осмотре процесс измерений зафиксирован на фото или видеозаписи	0,5%	1,2%	3,4%
	при определении высоты линейка установлена под углом	59%	52%	49%
при осмотре места ДТП измерения выполнены	с использованием рулетки и/или дорожного курвиметра	96%	95%	94%
	с использованием фотограмметрии	3,1%	3,2%	4,4%
	лазерным сканированием	0,2%	0,7%	0,8%
	привязкой к координатам GPS/ГЛОНАСС	0%	0,6%	0,7%
при масштабном воспроизведении выполненных замеров:	размеры привязки объектов полностью сходятся	68%	73%	77%
	размеры привязки объектов не сходятся, среди них не сходятся 1-2 измерения	20%	16%	15%
	размеры привязки объектов не сходятся, среди них не сходятся более 3 измерений	12%	11%	8%
оценка доли неопределенности при воспроизведении схемы	часть необходимых привязок не выполнена	65%	58%	53%
	часть необходимых привязок установлена дополнительным осмотром	87%	77%	67%
	часть необходимых привязок установлена по спутниковым фото	12%	17%	23%

Соответственно в границах вышеуказанной выборки по ДТЭ, были определены: доли вноса в погрешность расчета скорости движения ТС (при расчете по следам торможения, а также через закон сохранения количества движения по [1-3, 10, 12, 19] – с учетом вноса ошибки в построение линий отброса), доли вноса в расчет наличия или отсутствия технической возможности избежать ДТП. Результаты данной оценки показаны в таблице 4.

Таблица 4 - Результаты данной оценки

Ошибка измерения при фиксации ПСИ	Итоговая ошибка построения линий отброса	Доля вноса в погрешность				
		расчета скорости		при определении ТВ		
		по следам торможения	через закон сохранения количества движения	в значение останочного пути	в значение удаления	
одного размера	на 0,1 м	±0,35 м	±0,2 км/ч	±0,17÷1,23 км/ч	±0,671÷1,912 м	±0,07÷1,4 м
	на 0,3 м	±0,89 м	±0,6 км/ч	±0,5÷3,45 км/ч	±1,104÷4,97 м	±0,15÷2,6 м
	на 0,5 м	±1,48 м	±1,0 км/ч	±0,83÷7,47 км/ч	±2,842÷9,243 м	±0,26÷5,1 м
двух размеров	на 0,1 м	±0,78 м	-	±0,23÷3,71 км/ч	±1,075÷3,815 м	±0,15÷3,0 м
	на 0,3 м	±1,81 м	-	±0,69÷6,82 км/ч	±1,783÷6,32 м	±0,25÷5,0 м
	на 0,5 м	±3,64 м	-	±1,15÷9,74 км/ч	±3,565÷12,646 м	±0,5÷10,0 м

Очевидно, что ошибка измерения, внесенная в процессе фиксации ПСИ, в дальнейшем, при производстве ДТП может накапливать ошибку расчета, за счет накопления ошибок определения глубин внедрения, фактической массы ТС, массы пешехода, углов взаиморасположения и столкновения, углов отброса (сброса) и т.д. Что в конечном случае может приводить к весьма большому разбросу итоговых значений расчетов, выполняемых в ДТЭ и появлению некатегоричных выводов с граничными условиями (например: при скорости движения 62,1 км/ч водитель не имел ТВ, а при 72,1 км/ч уже имел ТВ (при дельте в  $\pm 5$  км/ч, от расчетных 67,1 км/ч).

### Результаты

Для обоснования необходимости рассматриваемого этапа цифровизации процедур предпроектирования в МОР, был выполнен анализ эффективности технологий и средств фиксации ПСИ с места ДТП и ОИ по индексированным критериям, показанным в таблице 5. Результаты сравнительного анализа эффективности средств фиксации пространственно-следовой информации с места ДТП по базовым критериям оценки показаны в таблице 6.

Кроме того было выполнено сравнение ключевых технологий сбора и фиксации ПСИ и ОИ на месте ДТП по расширенным критериям оценки, результаты сравнения показаны в таблице 7.

Таблица 5 – Индексированные критерии

Критерии оценки	Индекс оценки		
	-	+/-	+
Безопасность лица, осуществляющего работы по фиксации ПСИ	низкая	средняя	высокая
Скорость оформления	длительное	умеренное	быстрое
Точность фиксации ПСИ	низкая	средняя	высокая

Таблица 6 - Результаты сравнительного анализа эффективности средств фиксации пространственно-следовой информации с места ДТП по базовым критериям

Оборудование и/или технологии, используемые для сбора данных для дальнейшей реконструкции	Критерии оценки		
	Скорость оформления	Безопасность лица, осуществляющего работы по фиксации ПСИ	Точность фиксации ПСИ
Механические измерительные приборы	-	-	-
Фотограмметрия	+	+	+/-
Приборы, работающие по технологии LIDAR	+/-	+	+/-
Электронные тахеометры	-	+/-	+
Безотражательные электронные тахеометры	+	+	+/-
Приборы GPS	+	+/-	+/-
Моторизованные электронные тахеометры	+	+	+
Роботизированные электронные тахеометры	+	+	+
ImagingStation	+	+	+
3D-лазерное сканирование	+/-	+	+
БПЛА	+	+	+
Гибридные электронные тахеометры	+	+	+

### Обсуждение

Следует разделить рассматриваемые ДТП в общей выборке, для этого введем следующую индексацию классифицируемых событий (случаев): Н - случаи, когда имел только наезд на ДО или ЭДО; С+Н - случаи, когда первично имело место столкновение ТС, после чего один или несколько участников столкновения произвели наезд на ДО или ЭДО; Н+Н - случаи, когда первично имел место наезд на стоящее ТС, в результате которого имел место вторичный наезд на ДО или ЭДО; Н+С - случаи, когда первично имел место наезд одного ТС на ДО или ЭДО в результате которого имело место столкновение ТС; О+(индекс случая) - случаи, когда первично имело место опрокидывание, в ходе которого имело место вторичное

событие с индексом (Н, С+Н, Н+С, Н+С, Н+Н); (индекс случая)+О - случаи, когда после первичного события с индексом (Н, С+Н, Н+С, Н+С, Н+Н) имело место опрокидывание ТС.

Таблица 7 - Сравнение ключевых технологий сбора и фиксации ПСИ и ОИ на месте ДТП по расширенным критериям оценки

Расширенные критерии оценки	Обычный (традиционный) метод с использованием ручных измерений	Триангуляция фотоизображений в 2D планы с использованием ПО типа PC-Rect	Анализ фотографий в 3D сцены с использованием ПО типа MapScenes	3D лазерное сканирование	Применение БПЛА с фотокамерами
Технические средства	Измерение расстояний ручными инструментами, использование чертежных инструментов	Фотокамера со специализированным ПО, стационарный компьютер	Фотокамера, точки привязки (опорные точки), специализированное ПО, стационарный компьютер	Лазерный сканер, специализированное ПО, ноутбук или планшет	БПЛА с фотокамерой, точки привязки (опорные точки), специализированное ПО, ноутбук
Технологические процессы	Составление схемы вручную	Обработка данных в ПО	Обработка данных в ПО	Обработка данных в ПО	Обработка данных в ПО
	Иногда в САД-системе	Работа в САД-системе	Работа в САД-системе	Работа в САД-системе	Работа в САД-системе
Вспомогательные средства	Не применяются	аэро и спутниковые снимки, топография, паспорта дорог, схемы ОДД	аэро и спутниковые снимки, топография, паспорта дорог, схемы ОДД	Не требуются	Не требуются
Подготовка на месте ДТП	Формирование ручной схемы ДТП на основании измеренных	Расстановка опорных точек (точек привязки)	Расстановка опорных точек (точек привязки)	Не требуется	Расстановка опорных точек (точек привязки)
Требуемое время на работу на месте ДТП	От 20 минут до 2 часов	От 10 до 20 минут	От 20 до 40 минут	От 15 до 45 минут	от 5 до 15 минут
Требуемое время для обработки данных	От 2 до 6 часов	От 1 до 3 часов	От 3 до 10 часов	От 30 минут до 2 часов	от 3 до 35 минут
Затраты на выполнение работ по фиксации ОИ на месте ДТП	от средних до значительных	низкие	от средних до значительных	от низких до средних	от низких до средних
Затраты на работу при подготовке к фиксации места ДТП	от средних до значительных	от средних до значительных	очень высокие	низкие	средние
Требования к обучению персонала	низкие, допускается приобретение необходимых навыков на рабочем месте	средние, возможно индивидуальное обучение	высокие, необходимо прохождение специализированных курсов повышения квалификации		

Общая оценка распределения данных видов случаев от всех ДТП с наездом на ДО и ЭДО, по которым выполнялись исследования (ДТЭ) показана в таблице 8.

Общее число случаев Н+... следует также разделить на случаи когда наезд имеет место при управляемом состоянии ТС и на случаи когда наезд имеет место в неуправляемом состоянии ТС. Оценка причин по всем Н+ случаям показана в таблице 9.

Таблица 8 - Общая оценка распределения данных видов случаев от всех ДТП с наездом на ДО и ЭДО

Случай	годы				
	2017	2018	2019	2020	2021
Н	31,2%	30,7%	30,2%	32,3%	32,4%
С+Н	37,1%	38,2%	38,6%	38,1%	39,1%
Н+Н	5,2%	4,3%	4,8%	4,2%	4,1%
Н+С	14,7%	13,3%	13,5%	13,8%	14,1%
О+	6,4%	7,2%	6,4%	6,2%	5,2%
+О	5,4%	6,3%	6,5%	5,4%	5,1%

Обобщая собранные данные, следует отметить, что в большинстве случаев для случаев Н, С+Н и Н+С имевших место на КАД, ЗСД и дорогах общего пользования в Ленинградской области, основным фактором сопутствующим наезду на ДО и ЭДО в 95 % случаев следует считать превышение максимально допустимой скорости движения (по п.10.1 ПДД [17]), которое было сопряжено с нарушением водителями иных пунктов ПДД (для КАД и ЗСД в 74 % случаев это нарушение правил перестроения и соблюдения дистанции, бокового интервала и расположения на проезжей части) при этом для ДТП по сценариям случаев +О и О+ в 57 % предшествовала потеря устойчивости (занос) ТС.

Таблица 9 - Общее число случаев Н+

Случаи	Причина	Описание:	Доля
Н+ в неуправляемом состоянии	потеря устойчивости из-за отклонений в подсистемах В и Д	выбор скорости движения выше допустимой на участке с повреждениями покрытия	22,80 %
	потеря устойчивости из-за отклонений в подсистеме А	отказ тормозной системы ТС, его рулевого управления и т.п.	1,40 %
	потеря устойчивости из-за отклонений в подсистемах Д и С	возникновение участков с низкими сцепными свойствами	7,80 %
	потеря устойчивости из-за отклонений в подсистеме В	нарушение ПДД, маневрирование, съезд на обочину, засыпание, потеря сознания и т.п.	31,80 %
Н+ в управляемом состоянии	резкий маневр (отворот руля)	реагирование на опасность, попытка объезда	7,60 %
	не соблюдение бокового интервала	касательные наезды в темное время суток	11,90 %
	движение по кривой в плане со скоростью не позволяющей ее пройти без увода	попытка выполнить поворот налево на скорости выше допустимой, приводящая к выходу за пределы проезжей части	14,50 %
	не внимательность / отвлечение от управления	съезд с дороги из-за отвлечения внимания	1,50 %
	воздействие на руль со стороны пассажира	действие пассажира приводящее к резкой смене направления движения	0,70 %

### Выводы

Учитывая вышеизложенное, следует сделать следующие выводы и выделить некоторые особенности реальной практики производства экспертизы ДТП в РФ:

1) данные по бортовым устройствам регистрации событий (БУРС) используются преимущественно только в уголовных делах, при этом результаты сканирования приобщаются к материалам дела. Во всех таких случаях результаты дешифровки данных остаются в материалах дела и недоступны для получения сторонними исследователями;

2) в реальной экспертной практике по ДТП фотограмметрические исследования используется весьма редко, наиболее распространены экспертизы с анализом видеозаписей (из-за все более возрастающего покрытия наружными камерами наблюдения сети автомобильных дорог, городских систем наблюдения и т.п., а также из-за все большей доступности конечным пользователям видеорегистраторов в салоне ТС);

3) в связи тем, что метод унифицированной трехсторонней жесткости так и не принят официально для органов ЛСЭ МЮ и ЭКЦ МВД, его применение на практике сильно ограничено. Соответственно необходимость сканирования ТС с целью получения высокоточных значений объема внедрения в локальной зоне деформаций ТС крайне низка. В единичных

случаях лазерное сканирование применяется также для задач определения взаиморасположения, определения факта контактно-следового взаимодействия с целью объемного совмещения локализаций деформаций, т.е. для задач транспортной трасологии. Требования к оборудованию и к данным при сканировании, требования к применению БПЛА для съемки ТС и/или места ДТП в РФ также нормативно не определены.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боровский Б.Е. Безопасность движения автомобильного транспорта. Л.: Лениздат, 1984. 304 с.
2. Евтюков С.А., Васильев Я.В. Справочник по экспертизе дорожно-транспортных происшествий. СПб.: ИД Петрополис, 2020. 516 с.
3. Евтюков С.А., Васильев Я.В. Судебная автотехническая экспертиза. Теория и практика. Том 1. СПб.: Издательский дом Петрополис, 2018.
4. Евтюков С.А., Васильев Я.В. Судебная автотехническая экспертиза. Примеры исследований. Справочные данные. Том 2. СПб.: Издательский дом Петрополис, 2018.
5. Евтюков С.А., Васильев Я.В. Реконструкция и экспертиза ДТП в примерах. СПб.: Издательский дом Петрополис, 2012.
6. Домке Э.Р. Расследование и экспертиза дорожно-транспортных происшествий. М.: Издательский центр «Академия», 2009. 288 с.
7. Иларионов В.А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий: Учебник для вузов. М.: Транспорт, 1989. 255 с.
8. Лукошявичене О.В. Моделирование дорожно-транспортных происшествий. М.: Транспорт, 1988. 96 с.
9. Пучкин В.А. Основы экспертного анализа ДТП: База данных. Экспертная техника. Методы решения. Ростов-на-Дону: ИПО ПИ ЮФУ, 2012. 400 с.
10. Решение отдельных типовых задач судебной автотехнической экспертизы. ВНИИСЭ МЮ СССР. М.: 1988. 37 с.
11. Суворов Ю.Б. Судебная дорожно-транспортная экспертиза: Учеб. пособие. М.: Экзамен; Право и закон, 2003.
12. Судебная автотехническая экспертиза: Пособие для экспертов-автотехников, следователей и судей. Ч.2. / Под ред. В.А. Иларионова. М.: ВНИИСЭ, 1980. 491 с.
13. Транспортно-трассологическая экспертиза по делам о дорожно-транспортных происшествиях. Диагностические исследования. Методическое пособие для экспертов, следователей и судей. Вып. 2. / Отв. ред. Ю.Г. Корухов. М.: ВНИИСЭ, 1988.
14. Актуальные проблемы исследования обстоятельств дорожно-транспортных происшествий // Материалы первой международной конференции. Северо-Западный региональный центр судебной экспертизы. – СПб., 2001. 399 с.
15. Об утверждении Инструкции по организации работы по оформлению и рассмотрению материалов о дорожно-транспортных происшествиях (ДТП) с пострадавшими, выполнению неотложных следственных действий и оперативно-розыскных мероприятий: Приказ ГУ МВД России по г. Санкт-Петербургу и Ленинградской области №928.
16. Об утверждении Административного регламента исполнения МВД РФ государственной функции по осуществлению федерального государственного надзора за соблюдением участниками дорожного движения требований законодательства Российской Федерации в области безопасности дорожного движения: Приказ МВД России от 23.08.2017 №664 (ред. от 21.12.2017); Зарегистрировано в Минюсте России 06.10.2017 №48459.
17. Правила дорожного движения РФ. М.: Третий Рим, 2022.
18. 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.
19. Евтюков С.С. Методология оценки и повышения эффективности дорожно-транспортных экспертиз: дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.10. СПб, 2020. 355 с.
20. Евтюков С.А., Васильев Я.В. RajczykPavel Концепция количественной оценки неопределенности знаний в задачах реконструкции ДТП // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах: Сборник докладов 12-ой международной научно-практической конференция. СПб, 2016.
21. О государственной судебно-экспертной деятельности в Российской Федерации: Федеральный закон 73-ФЗ (с изменениями на 26 июля 2019 года).
22. Куракина Е.В. Методология обеспечения безопасности дорожного движения по критерию «нулевой смертности» в дорожно-транспортных происшествиях: дис. ... д-ра техн. наук: 2.9.5. СПб, 2022. 424 с.

### **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  
E-mail: hadas@mail.ru

**Новиков Александр Николаевич**

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

**Михалёва Дарья Сергеевна**

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

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

## COMPARATIVE ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF MEANS OF FIXING SPATIAL AND TRACE INFORMATION FROM THE SCENE OF AN ACCIDENT ON THE EXAMPLE OF COLLISIONS ON ROAD FENCES AND ROAD CONSTRUCTION ELEMENTS

***Abstract.** The primary spatial and trace information from the scene of a traffic accident is considered. The analysis of indicators for the performed road transport examinations was carried out, as well as the analysis of the effectiveness of technologies and means of fixing the spatial and trace information of the place of a traffic accident and objects of research according to indexed criteria was carried out.*

***Keywords:** road transport expertise, traffic accident, vehicle*

### BIBLIOGRAPHY

1. Borovskiy B.E. Bezopasnost` dvizheniya avtomobil`nogo transporta. L.: Lenizdat, 1984. 304 s.
2. Evtuykov S.A., Vasil`ev Ya.V. Spravochnik po ekspertize dorozhno-transportnykh proisshestviy. SPb.: ID Petropolis, 2020. 516 s.
3. Evtuykov S.A., Vasil`ev Ya.V. Sudebnaya avtotekhnicheskaya ekspertiza. Teoriya i praktika. Tom 1. SPb.: Izdatel`skiy dom Petropolis, 2018.
4. Evtuykov S.A., Vasil`ev Ya.V. Sudebnaya avtotekhnicheskaya ekspertiza. Primery issledovaniy. Spravochnye dannye. Tom 2. SPb.: Izdatel`skiy dom Petropolis, 2018.
5. Evtuykov S.A., Vasil`ev Ya.V. Rekonstruktsiya i ekspertiza DTP v primerakh. SPb.: Izdatel`skiy dom Petropolis, 2012.
6. Domke E.R. Rassledovanie i ekspertiza dorozhno-transportnykh proisshestviy. M.: Izdatel`skiy tsentr "Akademiya", 2009. 288 s.
7. Ilarionov V.A. Ekspertiza dorozhno-transportnykh proisshestviy: Uchebnik dlya vuzov. M.: Transport, 1989. 255 s.
8. Lukoshyavichene O.V. Modelirovanie dorozhno-transportnykh proisshestviy. M.: Transport, 1988. 96 s.
9. Puchkin V.A. Osnovy ekspertnogo analiza DTP: Baza dannykh. Ekspertnaya tekhnika. Metody resheniya. Rostov-na-Donu: IPO PI YUFU, 2012. 400 s.
10. Reshenie otdeľnykh tipovykh zadach sudebnoy avtotekhnicheskoy ekspertizy. VNIISE MYU SSSR. M.: 1988. 37 s.
11. Suvorov Yu.B. Sudebnaya dorozhno-transportnaya ekspertiza: Ucheb. posobie. M.: Ekzamen; Pravo i zakon, 2003.
12. Sudebnaya avtotekhnicheskaya ekspertiza: Posobie dlya ekspertov-avtotekhnikov, sledovateley i sudey. CH.2. / Pod red. V.A. Ilarionova. M.: VNIISE, 1980. 491 s.

13. Transportno-trasologicheskaya ekspertiza po delam o dorozhno-transportnykh proisshestviyakh. Diagnosticheskie issledovaniya. Metodicheskoe posobie dlya ekspertov, sledovateley i sudey. Vyp. 2. / Otv. red. Yu.G. Korukhov. M.: VNIISE, 1988.

14. Aktual'nye problemy issledovaniya obsoyatel'stv dorozhno-transportnykh proisshestviy // Materialy pervoy mezhdunarodnoy konferentsii. Severo-Zapadnyy regional'nyy tsentr sudebnoy ekspertizy. - SPb., 2001. 399 s.

15. Ob utverzhdenii Instruksii po organizatsii raboty po oformleniyu i rassmotreniyu materialov o dorozhno-transportnykh proisshestviyakh (DTP) s postradavshimi, vypolneniyu neotlozhnykh sledstvennykh deystviy i operativno-rozysknykh meropriyatiy: Prikaz GU MVD Rossii po g. Sankt-Peterburgu i Leningradskoy oblasti №928.

16. Ob utverzhdenii Administrativnogo reglamenta ispolneniya MVD RF gosudarstvennoy funktsii po osushchestvleniyu federal'nogo gosudarstvennogo nadzora za soblyudeniem uchastnikami dorozhnogo dvizheniya trebovaniy zakonodatel'stva Rossiyskoy Federatsii v oblasti bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya: Prikaz MVD Rossii ot 23.08.2017 №664 (red. ot 21.12.2017); Zaregistrirvano v Minyuste Rossii 06.10.2017 №48459.

17. Pravila dorozhnogo dvizheniya RF. M.: Tretiy Rim, 2022.

18. Vasil'ev YA.V., Voronin V.V. Metodika rascheta raboty sil na nepreryvnoe izmenenie ugla razvorota prodol'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.

19. Evtyukov S.S. Metodologiya otsenki i povysheniya effektivnosti dorozhno-transportnykh ekspertiz: dis. ... d-ra tekhn. nauk: 05.22.10. SPb, 2020. 355 s.

20. Evtyukov S.A., Vasil'ev Ya.V. RajczykPavel Kontsepsiya kolichestvennoy otsenki neopredelennosti znaniy v zadachakh rekonstruktsii DTP // Organizatsiya i bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya v krupnykh gorodakh: Sbornik dokladov 12-oy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsiya. SPb, 2016.

21. O gosudarstvennoy sudebno-ekspertnoy deyatel'nosti v Rossiyskoy Federatsii: Federal'nyy zakon 73-FZ (s izmeneniyami na 26 iyulya 2019 goda).

22. Kurakina E.V. Metodologiya obespecheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya po kriteriyu «mulevoy smertnosti» v dorozhno-transportnykh proisshestviyakh: dis. ... d-ra tekhn. nauk: 2.9.5. SPb, 2022. 424 s.

**Vasiliev Yaroslav Vladimirovich**

St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering  
Address: 190005, Russia, Saint Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya str., 4  
Candidate of technical sciences  
Email: tm@spbgasu.ru

**Alekseev Mikhail Dmitrievich**

St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering  
Address: 190005, Russia, Saint Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya str., 4  
Postgraduate student  
E-mail: hadas@mail.ru

**Novikov Alexander Nikolaevich**

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

**Mikhaleva Darya Sergeevna**

Oryol State University  
Address: 302030, Russia, Orel, Moskovskaya str., 77  
Graduate student  
E-mail: dasha-170196@mail.ru

Научная статья

УДК 629.072

doi: 10.33979/2073-7432-2024-1-2(84)-91-99

А.А. КОЛОМЕЕЦ, Е.В. КУРАКИНА

## СТРУКТУРА ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПОДСИСТЕМЫ «АВТОМОБИЛЬНАЯ ДОРОГА – ВЫСОКОАВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО»

***Аннотация.** В статье рассмотрена информационная модель взаимодействия компонентов системы управления высокоавтоматизированным транспортным средством, где роль водителя значительно трансформируется, а управление передается автоматизированной системе управления. Главным элементом этой системы является программа на основе искусственного интеллекта. Также в статье описаны проблемы и методы их решения, которые могут возникнуть при функционировании системы. Кроме того, рассмотрена подсистема «Автомобильная дорога-высокоавтоматизированное транспортное средство», включающая в себя элементы, такие как транспортное средство с автоматизированной системой управления, дорогу, систему управления движением, систему безопасности, систему мониторинга состояния автомобиля и систему контроля за состоянием дороги и ее ремонтом.*

***Ключевые слова:** безопасность, водитель-оператор, автомобильная дорога, высокоавтоматизированное транспортное средство, информационная модель*

### **Введение**

Эффективность функционирования системы Водитель-Автомобиль-Дорога-Среда (ВАДС) зависит от надежности водителя, которая определяется безотказностью его работы. Водитель в современной системе безопасности дорожного движения (БДД) является наиболее важным и одновременно наименее надежным звеном. Он легко отвлекается, сравнительно быстро устает, его поведение подвержено влиянию очень многих непредсказуемых факторов, поэтому он не может безошибочно выполнять работу в течение продолжительного времени. Частота отказов в системах управления по вине человека составляет от 20 до 95 %. Подобные отказы в системе управления ВАДС представляют собой большую угрозу для безопасности дорожного движения [1-4].

Появление высокоавтоматизированных транспортных средств (ВТС) значительно меняет классическую систему ВАДС, так как водитель перестает быть активным участником этой системы. Вместо того, чтобы водитель управлял автомобилем, управление передается автоматизированной системе управления, которая осуществляет навигацию и принимает решения на основе данных, полученных от различных устройств, таких как: лидары, радары, камеры и инфракрасные датчики, и т.д.

### **Материал и методы**

Главным элементом информационной модели взаимодействия компонентов системы управления ВТС выступает программа на основе искусственного интеллекта, которая передает и принимает информацию от внешнего сервера базы данных и геоинформационных систем. При передаче данных должна быть обеспечена информационная безопасность, за счёт организации защитных механизмов, с целью предотвращения кибератак [5-6].

Датчики сегрегируют различные сегменты и уровни поверхности проезжей части, определяют расстояние до объектов и их тип. После получения полных данных о состоянии дорожной ситуации система принимает решение о выборе подходящего режима управления по выбранному маршруту. Система управления высокоавтоматизированным транспортным средством запрашивает данные о состоянии дорожной ситуации в непрерывном режиме.

Водитель-оператор в информационной модели взаимодействия выполняет целеполагательную функцию, то есть ему отводится роль контролера и координатора, обеспечивая безопасность на дороге при эксплуатации высокоавтоматизированных транспортных средств. Например, он вводит данные точек начала и конца маршрута, определяет ограничения или выставляет пользовательские настройки. В основном процессе управления дорожным движением представляет собой второстепенную функцию или может быть полностью исключён из процесса управления ВТС. В случае необходимости водитель-оператор должен принять управление на себя. В целом, водитель-оператор играет роль контролера и координатора, обеспечивая безопасность на дороге при эксплуатации высокоавтоматизированных транспортных средств [7-8].

Данная модель наглядно демонстрирует, что влияние человеческого фактора на процесс управления автомобилем значительно снижается (рис. 1).

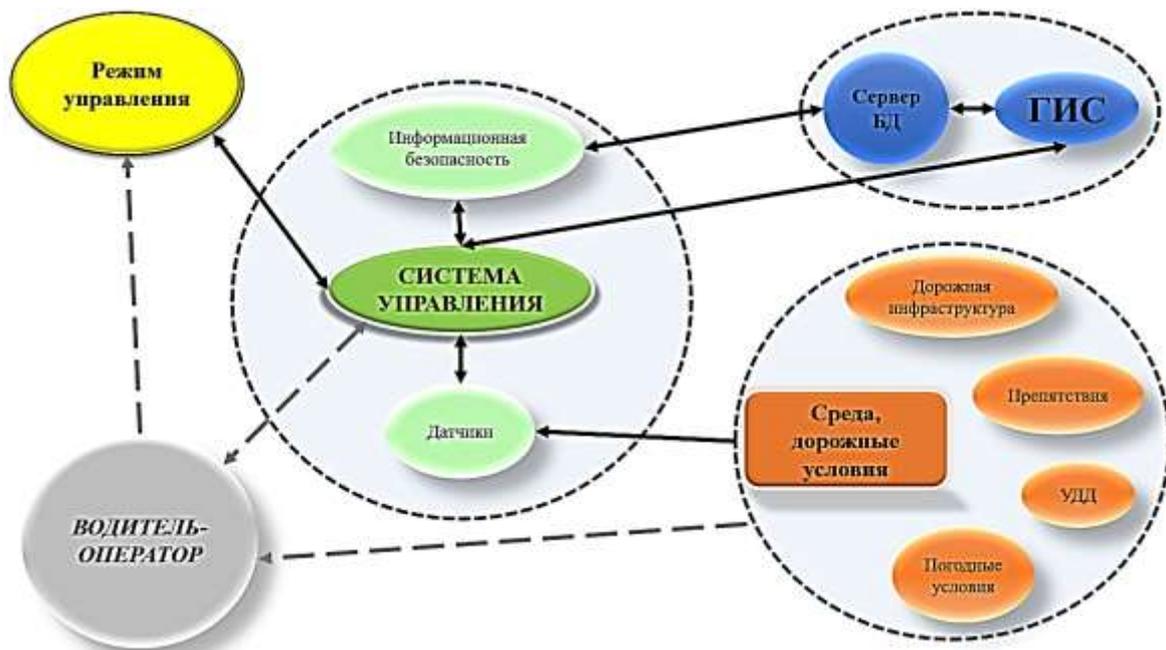


Рисунок 1 - Информационная модель взаимодействия компонентов системы управления ВТС

Кроме того, также должна быть адаптирована среда, в которой движется высокоавтоматизированное транспортное средство. Например, могут появляться специальные датчики для обнаружения препятствий на дороге, таких как строительные работы или аварии, а также для обеспечения безопасности при управлении автомобилем с автоматизированной системой управления в неблагоприятных погодных условиях, например, при сильном дожде или снегопаде. Таким образом, система водитель-автомобиль-дорога-среда существенно меняется с появлением ВТС, и требует адаптации дорог и среды, а также новых технологий и программных продуктов для обеспечения безопасного и эффективного движения (рис. 2) [9-10].

Системный подход в практике обеспечения безопасности дорожного движения (БДД) включает в себя анализ всех участников дорожного движения, их поведение и взаимодействие, а также состояние дороги и транспортных средств. Это позволяет выявить причины возникновения аварий и определить меры по их предотвращению. Одним из основных принципов системного подхода в БДД является учет человеческого фактора. Именно поведение водителей и пешеходов является одной из главных причин аварий на дорогах. Поэтому в рамках системного подхода проводятся мероприятия по повышению культуры дорожного движения и обучению правилам безопасности.

Также системный подход в БДД включает в себя использование новых технологий и разработку инновационных решений для улучшения безопасности дорожного движения. Например, это может быть система автоматического торможения или система предупрежде-

ния о нарушении скоростного режима. В целом, системный подход позволяет создать эффективную систему безопасности дорожного движения, которая учитывает все факторы и обеспечивает безопасность всех участников дорожного движения [11].

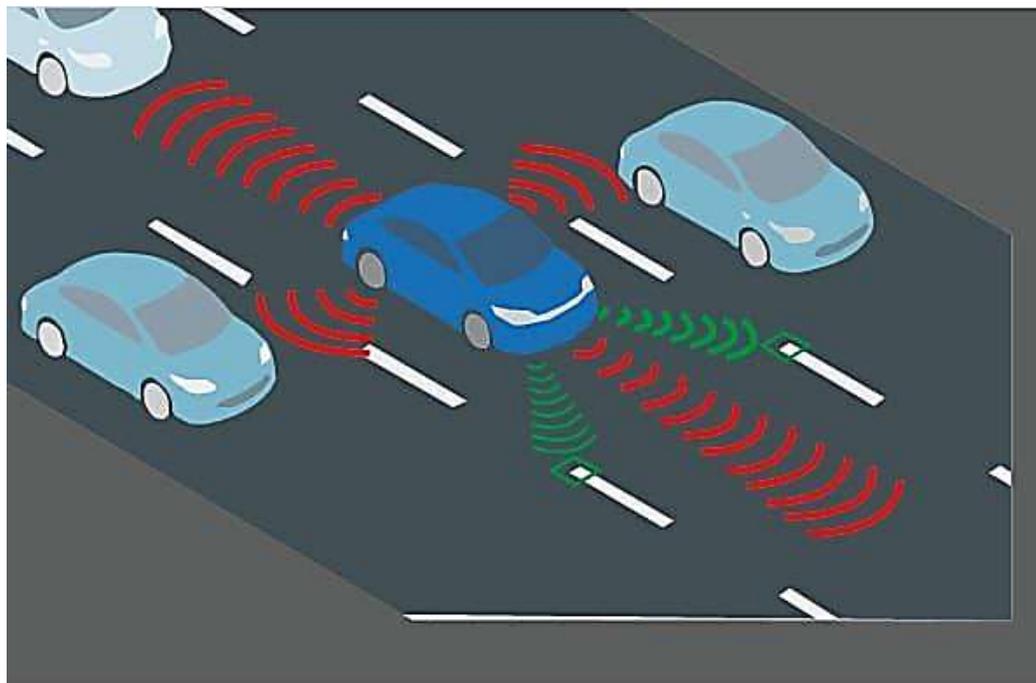


Рисунок 2 – Транспортное средство с автоматизированной системой управления

### Расчет

Система ВТС-АД-С-УДД имеет иерархическую и многоуровневую структуру, которая определяет ее функционирование и процессы управления. Каждый уровень системы влияет на определенные аспекты ее работы, а полное функционирование достигается благодаря взаимодействию всех компонентов и уровней. Состояние системы  $S$  в момент времени  $t$  зависит от входных параметров  $N(t)$ , которые представляют собой информацию о ПДД, НПД, ЦНПД и других факторах окружающей среды.

$$N = (n_1, n_2, n_3, \dots, n_n), \quad (1)$$

где  $n$  – множество всех входов системы.

Целевой показатель работы системы ( $Y$ ) зависит от входных параметров  $N(t)$  и определяется в момент времени  $t$ . Для постоянного контроля за изменением выхода необходимо иметь обратную связь  $Y(t) \rightarrow N(t)$ . Функция состояний системы ( $F_s$ ) позволяет оценить состояние системы на различных этапах ее функционирования.

Таким образом, функция состояний системы в различные моменты времени:

$$S(t) = F_s[N(t)]. \quad (2)$$

Положение системы  $S(t)$  зависит от ее предыдущих состояний в моменты  $S(t-1)$ ,  $S(t-2)$ , ..., а также от функций ее состояний (переходов) на различных пространственно-временных этапах, что определяет ее поведение на различных этапах времени:

$$S(t) = F_s[N(t), S(t-1), S(t-2), \dots]. \quad (3)$$

Не учитывая предыдущие состояния, связь между функцией входа  $N(t)$  и функцией выхода  $Y(t)$  может быть выражена как:

$$Y(t) = F_v[N(t)]. \quad (4)$$

Система с функцией выходов  $F_v$  будет статической, что не может полностью описать характер исследуемой системы. Для того чтобы учесть динамический характер системы  $S$ , необходимо учитывать не только функции входов  $N(t)$ , но и функции ее состояний на различных этапах. Это подтверждает необходимость представления функции выхода

$$Y(t) = F_s[N(t), S(t), S(t-1), S(t-2), \dots, S(t-x)], \quad (5)$$

где  $x$  – множество предшествующих состояний в различные моменты времени.

Хотя исследуемая система проявляет динамичность, ее функция выхода может быть описана как непрерывная. Это связано с тем, что система состоит из непрерывных элементов и связей между ними. Однако, возможно, что в системе могут присутствовать дискретные подсистемы, которые описываются дискретными параметрами. В целом, наличие непрерывности или дискретности зависит от конкретных целей анализа и управления системой.

Соответственно, для (3) состояние исследуемой системы можно выразить через уравнение переменных состояний системы:

$$\frac{dS(t)}{dt} = F_s[N(t), S(t)]. \quad (6)$$

Для (5) представлен наблюдаемый выход системы, выраженный в уравнении наблюдений:

$$Y(t) = F_v[N(t), S(t)]. \quad (7)$$

Исследуемая система  $S(t)$  проявляет динамичность и учитывает как текущие, так и предыдущие состояния, входы и выходы, ее функция выхода может быть описана как непрерывная благодаря наличию непрерывных элементов и связей между ними. Однако, в системе могут присутствовать дискретные подсистемы, которые описываются дискретными параметрами, в зависимости от конкретных целей анализа и управления системой. Для оценки системы, ее элементов и свойств применены структурный и функциональные методы, которые позволяют изучать как внешние связи между подсистемами, так и внутренние свойства элементов [18].

Рассмотрим элементы информационной модели «ВТС-АД-С-УДД» в системе обеспечения БДД:

1) высокоавтоматизированное транспортное средство (ВТС) – транспортное средство с автоматизированной системой управления. Включает в себя различные компоненты, такие как датчики, камеры, радары, контроллеры и т.д.;

2) автомобильная дорога (АД) - инфраструктура, на которой осуществляется движение транспортных средств. Включает в себя различные элементы, такие как дорожное покрытие, разметку, светофоры и т.д.;

3) среда (С) - окружающая среда, в которой осуществляется движение транспортных средств. Включает в себя различные факторы, такие как погода, освещение, препятствия и т.д.;

4) участник дорожного движения (УДД) - любое лицо, которое находится на дороге или использует ее для передвижения, включая пешеходов, велосипедистов, мотоциклистов и водителей транспортных средств.

Взаимодействие этих компонентов обеспечивает безопасное и эффективное движение транспортных средств по автомобильным дорогам, а также позволяет своевременно реагировать на изменения в дорожной обстановке и принимать меры по ее улучшению.

Структура информационной модели подсистемы «ВТС-АУД-СО» в системе обеспечения БДД включает в себя следующие элементы:

1) высокоавтоматизированное транспортное средство (ВТС) – транспортное средство с автоматизированной системой управления. Включает в себя различные компоненты, такие как датчики, камеры, радары, контроллеры и т.д.;

2) автоматическое управление движением (АУД) - компонент ВТС, отвечающий за автоматическое управление движением транспортного средства. Обеспечивает мониторинг дорожной обстановки, принятие решений и управление транспортным средством;

3) СОБДД (система обеспечения БДД) - система, отвечающая за сбор, хранение и анализ данных о дорожной обстановке. Включает в себя базу данных, серверы, программное обеспечение и т.д.

Анализ информационной модели подсистемы «ВТС-АУД-СОБДД» в системе обеспечения безопасности дорожного движения необходим для определения структуры и взаимосвязей между компонентами системы, что позволяет более эффективно управлять данными, обрабатываемыми в системе. А также помогает выявить возможные уязвимые места и про-

блемы в системе, с целью своевременного принятия мер по их устранению и повышению эффективности работы всей системы.

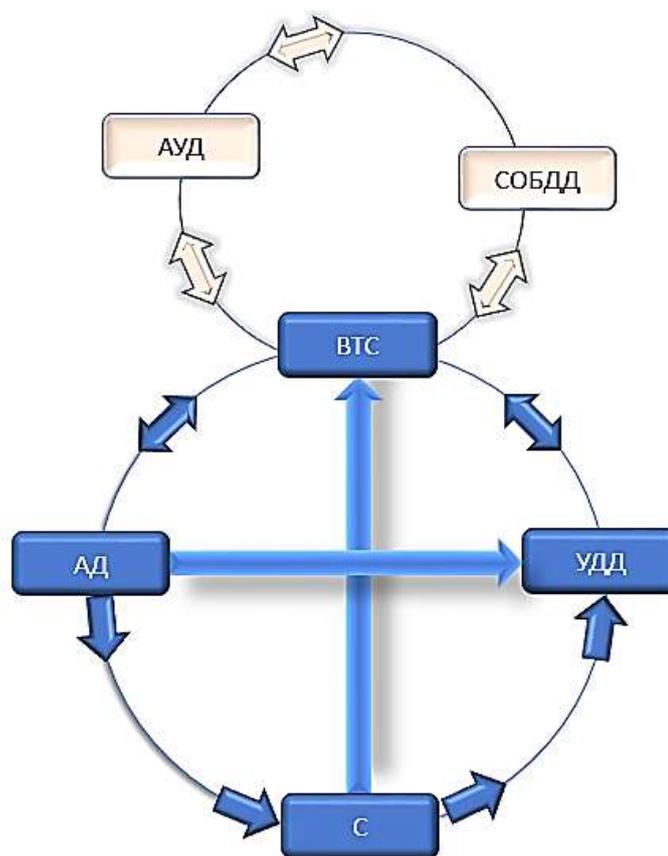


Рисунок 3 – Структура принципиальной информационной модели системы «ВТС-АД-С-УДД» и подсистемы «ВТС-АУД-СОБДД»

Основные проблемы, которые могут быть выявлены в процессе функционирования системы включают в себя следующие элементы:

1) недостаточная эффективность работы системы из-за неоптимальной структуры и взаимосвязей между компонентами. Для улучшения эффективности работы системы необходимо провести анализ структуры и взаимосвязей между компонентами и внести соответствующие изменения;

2) нарушения целостности данных, связанные с некорректной работой базы данных. Для предотвращения нарушений целостности данных необходимо проводить регулярную проверку базы данных на наличие ошибок и исправлять их;

3) проблемы с безопасностью данных, связанные с недостаточной защитой информации от несанкционированного доступа. Для обеспечения безопасности данных необходимо применять современные методы шифрования и защиты информации;

4) недостаточная производительность системы, связанная с неэффективным использованием ресурсов компьютера. Для улучшения производительности системы необходимо оптимизировать использование ресурсов компьютера, например, использовать кэширование данных и оптимизировать запросы к базе данных;

5) неправильное хранение и обработка данных, связанные с некорректным использованием базы данных. Для правильного хранения и обработки данных необходимо разработать соответствующие правила использования базы данных и обучить пользователей их соблюдению;

6) нарушения правил доступа к данным, связанные с неправильной настройкой системы безопасности. Для предотвращения нарушений правил доступа к данным необходимо

настроить систему безопасности таким образом, чтобы доступ к данным был ограничен только авторизованным пользователям;

7) проблемы с интерфейсом пользователя, связанные с недостаточной удобностью и интуитивностью интерфейса. Для улучшения интерфейса пользователя необходимо провести анализ требований пользователей и внести соответствующие изменения в интерфейс системы.

Для улучшения управления и контроля за работой системы необходимо разработать механизмы мониторинга и анализа ее работы, а также предусмотреть возможность управления ее параметрами и настройками.

Для обеспечения высокой автоматизации системы необходимо использовать алгоритмы машинного обучения и искусственного интеллекта, которые позволят системе самостоятельно принимать решения на основе анализа данных и предсказания будущих событий.

Рассмотрим более подробно модель подсистемы «Автомобильная дорога-высокоавтоматизированное транспортное средство»

Подсистема «Автомобильная дорога - ВТС» включает в себя элементы, такие как: транспортное средство с автоматизированной системой управления, дорога, сигнальные знаки, разметка, светофоры и т.д. Свойства ВТС могут включать в себя марку, модель, габариты, скорость и т.д., а свойства дороги - тип покрытия, ширина, количество полос и т.д. Взаимосвязи между элементами могут быть описаны, например, как зависимость скорости движения автомобиля от типа покрытия дороги или сигнала светофора. Система управления движением способна контролировать поток автомобилей на дороге и регулировать светофоры в зависимости от нагрузки на дорогу. Система безопасности включает в себя установку автомобильных ремней безопасности, подушек безопасности и т.д. Система мониторинга состояния автомобиля предоставляет информацию о техническом состоянии транспортного средства и предупреждает о возможных неисправностях.

Взаимосвязь между этими элементами и их свойства описаны в структуре информационной модели подсистемы «Автомобильная дорога – высокоавтоматизированное транспортное средство» (рис. 4). ВТС связано с системой управления движением и системой мониторинга состояния автомобиля. Автомобильная дорога связана с системой управления движением и системой контроля за состоянием дороги и ее ремонтом. Система управления движением связана с транспортным средством с автоматизированной системой управления и дорогой с помощью системы сенсоров. Система безопасности связана с ВТС и дорогой.

### **Результаты и обсуждение**

Данная подсистема позволяет оптимизировать процессы управления транспортным потоком, повышать эффективность использования дорожной инфраструктуры и обеспечивать безопасность на дорогах. Это в свою очередь способствует более эффективному функционированию всей транспортной системы и повышению ее производительности.

Ключевые функции подсистемы:

- управление движением автомобилей на дороге;
- контроль за состоянием дороги и ее ремонтом;
- обеспечение безопасности на дороге;
- мониторинг состояния автомобилей и их технического обслуживания.

Основными атрибутами объектов подсистемы являются:

- транспортное средство с автоматизированной системой управления: марка, модель, год выпуска, техническое состояние, координаты, номерной знак, тип топлива, объем двигателя, максимальная скорость, тип привода;
- дорога: длина, ширина, состояние, координаты, количество полос, наличие разделительной полосы, наличие пешеходных дорожек;
- система управления движением: алгоритмы управления, датчики, светофоры, время работы светофоров, наличие системы автоматического управления движением;
- система безопасности: камеры видеонаблюдения, датчики столкновений, системы оповещения о происшествиях, наличие системы автоматического торможения, наличие системы контроля за скоростью;

- система мониторинга состояния автомобилей: датчики давления в шинах, датчики температуры двигателя, системы диагностики, пробег, количество заправок, количество ремонтов.



*Рисунок 4 – Информационная модель подсистемы «Автомобильная дорога – высокоавтоматизированное транспортное средство» Высокоавтоматизированное транспортное средство (ВТС), Автомобильная дорога, Система управления движением (СУД), Система безопасности (СБ), Система мониторинга состояния автомобиля (СМС), Система контроля за состоянием дороги и ее ремонтом (СК)*

При исследовании подсистемы «Автомобильная дорога - ВТС» необходимо учитывать все ее элементы и свойства, так как они оказывают влияние на безопасность и комфорт перемещения людей и грузов. Например, тип покрытия дороги может повлиять на сцепление колес с дорогой и тем самым на безопасность движения. Система управления движением и система безопасности также играют важную роль в обеспечении безопасности на дорогах.

#### **Выводы**

Таким образом, подсистема «Автомобильная дорога – высокоавтоматизированное транспортное средство» является важным шагом в обеспечении безопасности и эффективности транспортной системы в целом. Недостаточная безопасность на дорогах может привести к авариям и травмам, а неэффективное использование дорожной инфраструктуры может привести к заторам и задержкам в доставке грузов. Кроме того, изучение данной подсистемы позволяет оптимизировать использование дорожно-транспортной инфраструктуры, например, путем улучшения качества дорожного покрытия, установки дополнительных светофоров и знаков, конструирование объездных дорог и т.д. Это позволяет более эффективно использовать имеющиеся ресурсы и снижать нагрузку на дорожную инфраструктуру.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Кравченко П.А., Жанказиев С.В., Олещенко Е.М. Пофакторное управление уровнем обеспечиваемой безопасности на дорогах России // Транспорт Российской Федерации. 2021. №5-6(96-97). С. 3-9.
2. Жанказиев С.В., Воробьев А.И., Морозов Д.Ю. Тенденции развития автономных интеллектуальных транспортных систем в России // Транспорт РФ. 2016. №5 (66). С. 26-28.
3. Жанказиев С.В., Власов В.М. Научные подходы к формированию государственной стратегии развития интеллектуальных транспортных систем // Научные аспекты развития транспортно-телематических систем: сборник научных трудов. М.: МАДИ. 2010. С. 46-68.
4. О безопасности дорожного движения: Федеральный закон №196 от 10.12.1995г.
5. Стратегия безопасности дорожного движения в Российской Федерации на 2018-2024 годы: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 8 января 2018 г. №1-р. Москва.

6. Национальный проект «Безопасные и качественные автомобильные дороги» 2018-2024 годы»: Указ Президента России от 21.07.2020 №474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года».
7. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года; Утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 года №1734-р.
8. Пегин П.А., Капский Д.В., Касьяник В.В., Шуть В.Н. Современные тенденции развития бортовых интеллектуальных транспортных систем. СПб.: СПбГАСУ, 2019. 198 с.
9. Ныркв А.П. Автоматизированное управление и оптимизация технологических процессов в транспортных узлах: дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.06. 304 с.
10. Коломеец А.А., Куракина Е.В. Возможности совершенствования обеспечения автоматизированного управления при подготовке водителей транспортных средств // Вестник гражданских инженеров. №2(85). 2021. С. 215-221.
11. Кравченко П.А., Олещенко Е.М. Системный подход в управлении безопасностью дорожного движения в Российской Федерации // Транспорт Российской Федерации. №2(75). 2018. С. 14-18.
12. Домке Э.Р., Жесткова С.А. Вероятностная модель торможения колесной машины // Мир транспорта и технологических машин. 2011. №2(33). С. 3-7.
13. Куракина Е.В., Евтюков С.С., Голов Е.В. Реконструкция дорожно-транспортных происшествий: Монография. Санкт-Петербург: Петрополис, 2017. С. 204.
14. Евтюков С.С., Голов Е.В., Коломеец А.А. Роль человеческого фактора при возникновении дорожно-транспортного происшествия // Транспортное дело России. №2. 2019. С.196-199.
15. Куракина Е.В., Куракина Е.В., Перевалов Н.В. IT-технологии в автодорожной экспертизе. СПб.: ИД «Петрополис», 2019. 132 с.
16. Кравченко П.А. Организация и безопасность дорожного движения в больших городах // Наука и техника в дорожной отрасли. №1(64). 2013. С. 1-2.
17. Жигадло А.П., Дубынина М.Г. Влияние психофизиологических особенностей личности водителя на надежность управления транспортным средством // Вестник Сибирского отделения Академии военных наук. 2018. №49. С.119-130.
18. Куракина Е.В. Методология обеспечения безопасности дорожного движения по критерию «нулевой смертности» в дорожно-транспортных происшествиях: дис. ... д-ра техн. наук: 2.9.5. 424 с.
19. Динамический стенд-тренажер устойчивого вождения автомобиля: пат. №2694427С1 / Торосян Л.Р.; опубл. 12.07.19
20. Имитатор дорожный тренажёра транспортного средства: пат. №2652696С2 / Пузевич Н.Л., Волков С.С., Слободян А.А., Подчинок В.М., Демихов С.В., Прокофьев Д.В., Фомин А.Ю.; опубл. 28.04.18.
21. Дастин Э., Рэшка Д., Пол Д. Тестирование программного обеспечения. Внедрение, управление и автоматизация; Пер. с англ. М. Павлов. - М.: Лори, 2017. - 567 с.
22. Плотников А.М. Управление безопасностью дорожного движения на одноуровневых перекрестках (Теория и практика): Монография. Научное издание. СПб.: ООО «Экспертные решения», 2014. 404 с.

**Коломеец Алена Анатольевна**

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет  
Адрес: 190005, Россия, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4  
Аспирант, ассистент кафедры наземных транспортно-технологических машин  
E-mail: super.helen.k2009@yandex.ru

**Куракина Елена Владимировна**

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет  
Адрес: 190005, Россия, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4  
Д.т.н., доцент кафедры наземных транспортно-технологических машин  
E-mail: elvl\_86@mail.ru

---

A.A. KOLOMEETS, E.V. KURAKINA

**STRUCTURE OF THE INFORMATION MODEL OF THE  
«MOTORWAY-HIGHLY AUTOMATED VEHICLE» SUBSYSTEM**

***Abstract.** The paper considers an information model of interaction between components of a highly automated vehicle control system, where the role of the driver is significantly transformed and control is transferred to an automated control system. The main element of this system is a program based on artificial intelligence. The paper also describes problems and methods of their solution, which may arise in the functioning of the system. Besides, it has been considered the subsystem «Motorway - Highly automated vehicle» which includes such elements as vehicle with automated*

*control system, road, traffic control system, safety system, system of car condition monitoring and system of control over the state of the road and its maintenance.*

**Keywords:** *safety, driver-operator, road, highly automated vehicle, information mode*

## BIBLIOGRAPHY

1. Kravchenko P.A., Zhankaziev S.V., Oleshchenko E.M. Pofaktornoe upravlenie urovnem obespechivaemoy bezopasnosti na dorogakh Rossii // *Transport Rossiyskoy Federatsii*. 2021. №5-6(96-97). S. 3-9.
2. Zhankaziev S.V., Vorob`ev A.I., Morozov D.YU. Tendentsii razvitiya avtonomnykh intellektual`nykh transportnykh sistem v Rossii // *Transport RF*. 2016. №5 (66). S. 26-28.
3. Zhankaziev C.B., Vlasov V.M. Nauchnye podkhody k formirovaniyu gosudarstvennoy strategii razvitiya intellektual`nykh transportnykh sistem // *Nauchnye aspekty razvitiya transportno-telematicheskikh sistem: sbornik nauchnykh trudov*. M.: MADI. 2010. S. 46-68.
4. O bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya: Federal`nyy zakon №196 ot 10.12.1995g.
5. Strategiya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v Rossiyskoy Federatsii na 2018-2024 gody: Rasporyazhenie Pravitel`stva Rossiyskoy Federatsii ot 8 yanvarya 2018 g. №1-r. Moskva.
6. Natsional`nyy proekt «Bezopasnye i kachestvennye avtomobil`nye dorogi» 2018-2024 gody»: Ukaz Prezidenta Rossii ot 21.07.2020 №474 «O natsional`nykh tselyakh razvitiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda».
7. Transportnaya strategiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda; Utv. rasporyazheniem Pravitel`stva Rossiyskoy Federatsii ot 22 noyabrya 2008 goda №1734-r.
8. Pegin P.A., Kapskiy D.V., Kas`yanik V.V., Shut` V.N. Sovremennyye tendentsii razvitiya bortovykh intellektual`nykh transportnykh sistem. SPb.: SPbGASU, 2019. 198 s.
9. Nyrkov A.P. Avtomatizirovannoe upravlenie i optimizatsiya tekhnologicheskikh protsessov v transportnykh uzлах: dis. ... d-ra tekhn. nauk: 05.13.06. 304 s.
10. Kolomeets A.A., Kurakina E.V. Vozmozhnosti sovershenstvovaniya obespecheniya avtomatizirovannogo upravleniya pri podgotovke voditeley transportnykh sredstv // *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*. №2(85). 2021. S. 215-221.
11. Kravchenko P.A., Oleshchenko E.M. Sistemnyy podkhod v upravlenii bezopasnost`yu dorozhnogo dvizheniya v Rossiyskoy Federatsii // *Transport Rossiyskoy Federatsii*. №2(75). 2018. S. 14-18.
12. Domke E.R., Zhestkova S.A. Veroyatnostnaya model` tormozheniya kolesnoy mashiny // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. 2011. №2(33). S. 3-7.
13. Kurakina E.V., Evtyukov S.S., Golov E.V. Rekonstruktsiya dorozhno-transportnykh proisshestviy: Monografiya. Sankt-Peterburg: Petropolis, 2017. S. 204.
14. Evtyukov S.S., Golov E.V., Kolomeets A.A. Rol` chelovecheskogo faktora pri vozniknovenii dorozhno-transportnogo proisshestiya // *Transportnoe delo Rossii*. №2. 2019. S.196-199.
15. Kurakina E.V., Kurakina E.V., Perevalov N.V. IT-tekhnologii v avtodorozhnoy ekspertize. SPb.: ID «Petropolis», 2019. 132 s.
16. Kravchenko P.A. Organizatsiya i bezopasnost` dorozhnogo dvizheniya v bol`shikh gorodakh // *Nauka i tekhnika v dorozhnoy otrasli*. №1(64). 2013. S. 1-2.
17. Zhigadlo A.P., Dubynina M.G. Vliyanie psikhofiziologicheskikh osobennostey lichnosti voditelya na nadezhnost` upravleniya transportnym sredstvom // *Vestnik Sibirskogo otdeleniya Akademii voennykh nauk*. 2018. №49. S.119-130.
18. Kurakina E.V. Metodologiya obespecheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya po kriteriyu «nulevoy smertnosti» v dorozhno-transportnykh proisshestviyakh: dis. ... d-ra tekhn. nauk: 2.9.5. 424 s.
19. Dinamicheskyy stend-trenazher ustoychivogo vozhdeniya avtomobilya: pat. №2694427C1 / Torosyan L.R.; opubl. 12.07.19
20. Imitator dorozhnyy trenazhiora transportnogo sredstva: pat. №2652696C2 / Puzevich N.L., Volkov S.S., Slobodyan A.A., Podchinok V.M., Demikhov S.V., Prokof`ev D.V., Fomin A.Yu.; opubl. 28.04.18.
21. Dastin E., Reshka D., Pol D. Testirovanie programmnoy obespecheniya. Vnedrenie, upravlenie i avtomatizatsiya; Per. s angl. M. Pavlov. - M.: Lori, 2017. - 567 c.
22. Plotnikov A.M. Upravlenie bezopasnost`yu dorozhnogo dvizheniya na odnourovnevnykh perekrestkakh (Teoriya i praktika): Monografiya. Nauchnoe izdanie. SPb.: OOO «Ekspertnye resheniya», 2014. 404 s.

### **Kolomiets Elena Anatolyevna**

St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering  
Address: 190005, Russia, St. Petersburg  
Postgraduate student  
E-mail: super.helen.k2009@yandex.ru

### **Kurakina Elena Vladimirovna**

St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering  
Address: 190005, Russia, St. Petersburg  
Doctor of technical sciences  
E-mail: elvl\_86@mail.ru

Научная статья

УДК 539.3

doi: 10.33979/2073-7432-2024-1-2(84)-100-108

А.Ю. РОДИЧЕВ, И.В. РОДИЧЕВА, К.В. ВАСИЛЬЕВ А.Д. СЕРЕБРЯНИКОВ

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ СЦЕПЛЕНИЯ ТВЕРДОГО АНТИФРИКЦИОННОГО ПОКРЫТИЯ С ОСНОВОЙ

***Аннотация.** В статье представлено детальное исследование отдельных образцов твердых антифрикционных покрытий фирмы MODENGY. Проведено описание выбранных твердых антифрикционных покрытий, выполнен анализ шероховатости нанесенных покрытий и приведены замеры толщины антифрикционного слоя на поверхности стальных образцов. Разобрана методика по определению количественной оценки прочности сцепления твердого антифрикционного покрытия на основе ГОСТ 32299-2013 и проведен набор экспериментов с использованием разрывной машины со встроенным электронным измерителем сил ИР 5047-50. В результате чего была получена количественная оценка прочности сцепления твердых антифрикционных покрытий со стальной основой. Сделаны выводы о прочности сцепления твердых антифрикционных покрытий. Даны рекомендации по их применению для автомобильной техники.*

***Ключевые слова:** экспериментальные исследования, прочность сцепления, твердые антифрикционные покрытия, основа, шероховатость*

### **Введение**

Твердые антифрикционные покрытия играют важную роль в обеспечении надежности, долговечности и эффективности работы машин и оборудования. Эти покрытия обладают рядом уникальных свойств, которые делают их незаменимыми для различных отраслей промышленности [1, 2]. Во-первых, они обеспечивают минимальное трение между трущимися поверхностями, что снижает износ деталей и увеличивает их срок службы. Во-вторых, эти покрытия обладают высокой прочностью и устойчивостью к механическим воздействиям, что позволяет им сохранять свои свойства даже при высоких нагрузках и скоростях [3, 4]. Использование современных твердых антифрикционных покрытий способствует решению задачи - уменьшения коэффициента трения и, как результат, снижения износа в процессе эксплуатации узлов и агрегатов [5, 6]. Твердые антифрикционные покрытия обычно состоят из: связующего вещества на основе синтетических смол и одного или нескольких антифрикционных элементов, чаще всего - графита и дисульфида молибдена. Именно связующее вещество определяет основные эксплуатационные качества покрытия и температурный диапазон его использования, хотя само по себе оно не участвует в процессе смазывания [7-9]. Графит, как антифрикционный элемент, обладает очень низким коэффициентом трения и высокой теплопроводностью, что делает его идеальным материалом для использования в подшипниках скольжения. Еще один антифрикционный элемент - это дисульфид молибдена, также имеет низкий коэффициент трения и высокую прочность, что делает его популярным выбором для применения в различных механизмах.

Еще одной из важных причин широкого использования твердых антифрикционных покрытий является: эксплуатация узлов и агрегатов транспортных средств в условиях повышенных нагрузок, а также уменьшение материалоемкости и механических потерь за счет их использования [10-12].

На данный момент на рынке есть широкий ассортимент покрытий от отечественных производителей, таких как MODENGY и ВМП Авто, качество которых не уступает иностранным аналогам, а в некоторых случаях и превосходит их. Важно отметить, что отечественные продукты предлагают оптимальное соотношение цены и качества, имея доступную стоимость, широкий выбор и возможность быстрой доставки, что особенно актуально в условиях экономических санкций против России.

© А.Ю. Родичев, И.В. Родичева, К.В. Васильев А.Д. Серебряников, 2024

Одной из главных перспектив развития твердых антифрикционных покрытий является дальнейшее улучшение их свойств. В современном мире ученые и инженеры работают над созданием новых покрытий, которые будут еще более эффективными и долговечными, при этом важно чтобы эти покрытия, были более доступными и простыми в использовании чем их предшественники. Еще одним направлением развития является создание покрытий, которые будут адаптироваться к условиям эксплуатации. Например, покрытие может менять свои свойства в зависимости от температуры или нагрузки. Это позволит использовать одни и те же детали в разных условиях без необходимости замены покрытия. Также перспективным направлением является разработка покрытий, которые смогут восстанавливать свои свойства после износа. Это может быть достигнуто за счет избирательного переноса или с помощью применения нанотехнологий.

Современные твердые антифрикционные покрытия должны обладать высокими показателями прочности и противоизносными свойствами, поэтому одной из актуальных задач, требующих решения является создание эффективных покрытий с высокими трибологическими характеристиками, к которым относятся адгезия, коэффициент трения, износостойкость, несущая способность и другие параметры.

Адгезия или прочность сцепления покрытия с поверхностью детали являются одним из главных критериев при разработке новых покрытий и совершенствования уже используемых. Изучение принципов взаимодействия между основой и покрытием в условиях контактного сопряжения с учетом воздействия окружающей среды, изучение процессов формирования слоев покрытия, их структуры и фазового состава являются важным вопросом, требующим своего решения [13].

#### ***Материал и методы***

Для проведения эксперимента на определения прочности сцепления антифрикционного покрытия с основой нами были отобраны три покрытия отечественного производства - MODENGY (Россия, Брянск):

–покрытие MODENGY 1003 применяется для обработки шлицевых соединений, валов, пальцев, втулок, а также скользящих направляющих в станках. Данное покрытие, после нагрева до 170 градусов в течение 20 минут, или при комнатной (нормальной) температуре в течение 720 минут, обеспечивает отличную защиту от коррозии и фреттинг-коррозии, обладает высокой степенью адгезии и хорошо работает в запыленных условиях, предотвращая скачкообразное движение и имея длительный срок эксплуатации;

–покрытие MODENGY 1005 используется в различных узлах и агрегатах, таких как валы и оси автомобильной и специальной техники, в подшипниках и втулках горношахтного оборудования, рейках и втулках технологических машин, в направляющих и толкателях прессов, а также в узлах авиационно-космической отрасли. Это покрытие становится активным после нагрева до +200 градусов в печи. Оно отличается низким коэффициентом трения, высокой адгезией, широким рабочим температурным диапазоном и способностью функционировать в запыленной обстановке. Также данное покрытие защищает от коррозии, фреттинг-коррозии, скачкообразного движения и имеет длительный срок службы. Вдобавок, оно демонстрирует отличные антикоррозионные свойства, выдерживая более 720 часов в соляном тумане без повреждений;

–покрытие MODENGY 1006 используется для подшипников, насосов, клапанов, гидрооборудования, деталей двигателя и редуктора, которые работают в экстремальных условиях. Покрытие активируется при нагреве до 200 градусов за 20 минут, имеет низкий коэффициент трения, высокую несущую способность и широкий диапазон рабочих температур от -70 до 315 градусов, а кратковременно - до 450 градусов. Оно может работать в пыльной среде, обладает высокой адгезией и предотвращает скачкообразное движение. Материал покрытия износостойкий при динамических нагрузках и имеет долгий срок службы.

На основе аналитического обзора нами был выбран способ определения адгезионной прочности путем нормального отрыва в соответствии с ГОСТ 27890-88 [14, 15].

В связи с тем, что покрытие MODENGY 1003 может отверждаться как при нормальной температуре, так и при нагреве для проведения испытаний и в дальнейшем по тексту мы разделим данное покрытие на два типа и промаркируем их. Покрытие MODENGY 1003 с отверждением при нормальной температуре маркируем MODENGY 1003X. Покрытие MODENGY 1003 с отверждением при температуре с нагревом до 170 градусов маркируем MODENGY 1003Г.

Для тестирования каждого вида покрытия на прочность сцепления (адгезию) с материалом основы было подготовлено по пять образцов, изготовленных из стали Ст 3 по ГОСТ 380-2005, имеющих форму цилиндра [16]. Затем, согласно технологическому процессу, на данные образцы были нанесены три вида покрытий, с использованием распылительного пистолета и компрессора, с последующим отверждением в термопечи для покрытий MODENGY 1003Г, MODENGY 1005, MODENGY 1006 и при нормальной (комнатной) температуре для покрытия MODENGY 1003X [17].

Толщина наносимых твердых антифрикционных покрытий была специально завышена и в среднем составила от 50 до 58 мкм на каждом из образцов (рис. 1). Для ее определения использовался толщиномер лакокрасочных покрытий фирмы ADA модели PaintMeter 1500.



Рисунок 1 – Определение толщины твердосмазочного антифрикционного покрытия

В наших исследованиях нами был использован профилометр модели 130 для измерения шероховатости нанесенных твердых антифрикционных покрытий (см. рисунок 2). Принцип работы профилометра заключается в ощупывании неровностей поверхности с помощью щупа индуктивного датчика - алмазной иглы, которая перемещается вдоль измеряемой поверхности с постоянной скоростью и преобразует данные о своем положении в цифровой сигнал. Затем эти данные обрабатываются и предоставляются пользователю в виде графического и цифрового изображения на экране персонального компьютера.

Средняя величина шероховатости для покрытий при проведении пяти замеров для каждого покрытия составила:

- покрытие MODENGY 1003X – Ra 3,1 (при max значении шероховатости поверхности покрытия Ra 3,3 и min значении Ra 2,8);
- MODENGY 1003Г – Ra 3,7 (при max значении шероховатости поверхности покрытия Ra 4,0 и min значении Ra 3,5);
- MODENGY 1005 – Ra 2,5 (при max значении шероховатости поверхности покрытия Ra 3,1 и min значении Ra 2,0);
- MODENGY 1006 – Ra 2,1 (при max значении шероховатости поверхности покрытия Ra 2,6 и min значении Ra 1,9).



Рисунок 2 – Определение толщины твердосмазочного антифрикционного покрытия

На следующем этапе образцы с покрытием покрывались тонким слоем клея до полного впитывания. В качестве клея выступал эпоксидный состав. Затем образцы соединялись и склеивались друг с другом. Склеенные образцы помещались в специальную зажимную установку, где выдерживались определенное время (не менее 72 часов). По истечении этого времени клей на торцах зачищался, и в образцы вкручивались шпильки для установки на разрывную машину [18].

### Теория

Формирование твердого антифрикционного покрытия на поверхности деталей трения похоже на нанесение лакокрасочных покрытий на изделие, таким образом, зависимость прочности сцепления твердого антифрикционного покрытия (адгезия) от внешних факторов можно записать следующим уравнением:

$$Y = f(L, \alpha, C, Ra, t, \rho, v, d, D), \quad (1)$$

- где  $L$  – дистанция нанесения покрытия, мм;  
 $\alpha$  – угол нанесения покрытия, град;  
 $C$  – способ подготовки поверхности;  
 $Ra$  – шероховатость поверхности, мкм;  
 $t$  – температура окружающей среды, °C;  
 $\rho$  – плотность наносимого покрытия, кг/м<sup>3</sup>;  
 $v$  – влажность окружающей среды, %;  
 $d$  – диаметр диффузора распылителя, мм;  
 $D$  – давление в воздушной магистрали, атм.

Способ определения адгезионной прочности путем нормального отрыва в соответствии с ГОСТ 27890-88 подходит для дезактивируемых защитных лакокрасочных покрытий толщиной до 400 микрон, нанесенных на металлические основания, и определяет методику измерения адгезионной прочности покрытия с помощью нормального отрыва, который основан на измерении силы, необходимой для отрыва покрытия в направлении, перпендикулярном к его поверхности [19, 20]. При этом тестируемый образец представляет собой две цилиндрические поверхности 1 и 2, одна из которых покрывается твердым антифрикционным покрытием 3 после его высыхания. Затем обе поверхности склеиваются специальным клеем 4 (рис. 3).

Предел прочности твердого антифрикционного покрытия при отрыве образца ( $\sigma$ ) вычисляются по формуле:

$$\sigma = \frac{P}{F}, \text{ Па}, \quad (2)$$

где  $P$  – сила отрыва образца, Н;  
 $F$  – площадь основания, м<sup>2</sup>.

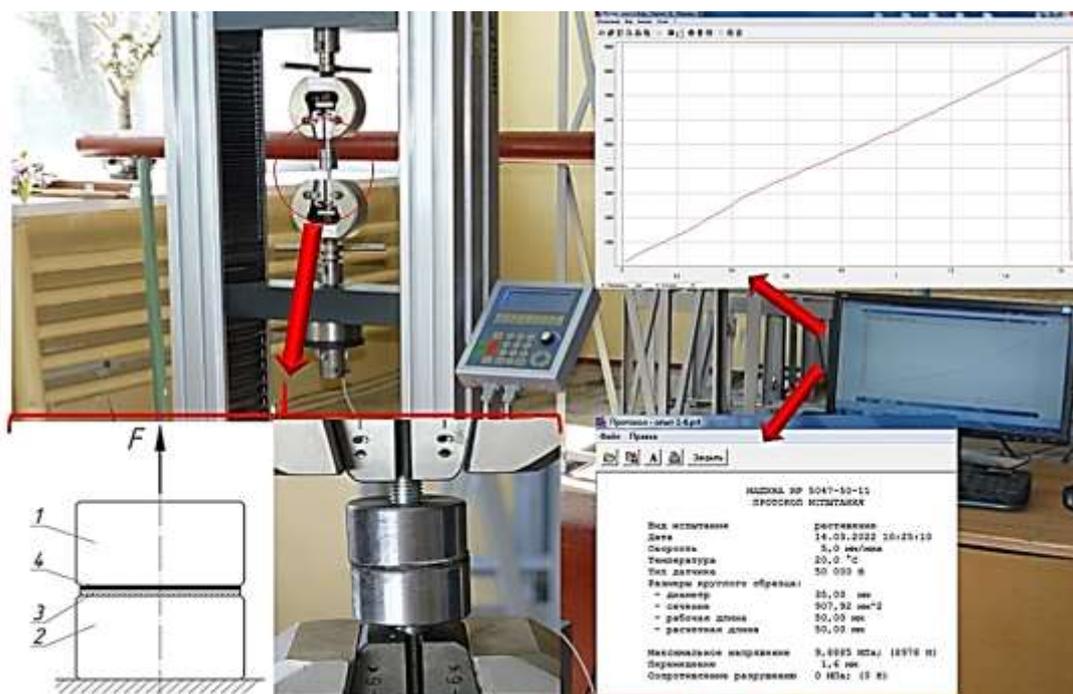


Рисунок 3 – Методика проведения экспериментальных исследований

Мы провели эксперименты на образцах с использованием универсальной испытательной машины с электронным силоизмерительным прибором ИР 5047-50, при этом были обеспечены стандартные условия: температура 20 градусов и относительная влажность 70 %. В ходе эксперимента подготовленные для изучения образцы были закреплены в испытательной машине на специальном устройстве для центрирования образцов. Нагрузка на образцы увеличивалась постепенно, а скорость движения захватов не превышала 5 мм/мин.

### Результаты и обсуждение

Процесс нагружения образцов с нанесенным твердым антифрикционным покрытием до его разрушения записывался с помощью специального программного обеспечения на персональном компьютере. После каждого теста создавался отчет в виде протокола тестирования. Полученные экспериментальные данные обрабатывались методами математической обработки экспериментальных исследований [21]. Результаты тестирования образцов с покрытием MODENGY 1003X представлены на рисунке 4.

Максимальное значение предела прочности твердого антифрикционного покрытия MODENGY 1003X составило - 9,1 МПа. Минимальное значение предела прочности данного твердого антифрикционного покрытия составило - 7,6 МПа. Также здесь мы можем увидеть четко выраженное когезионное разрушение между слоем покрытия и клеем на одном из образцов.

Результаты испытаний образцов с покрытием MODENGY 1003Г представлены на рисунке 5.

Максимальное значение предела прочности твердого антифрикционного покрытия MODENGY 1003Г составило - 10,5 МПа. Минимальное значение предела прочности данного твердого антифрикционного покрытия составило - 9,6 МПа. Также здесь мы можем увидеть четко выраженное адгезионное разрушение между слоями покрытия одним из образцов.

Результаты испытаний образцов с покрытием MODENGY 1005 представлены на рисунке 6.

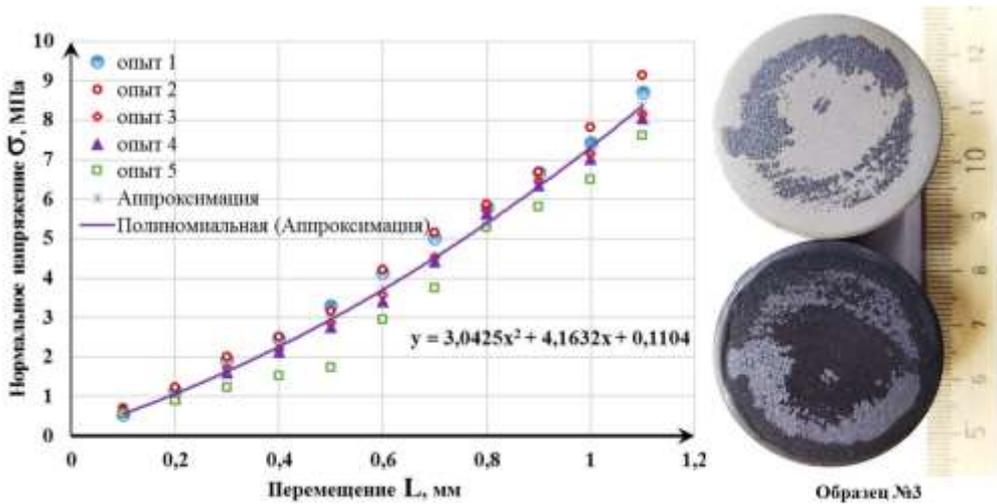


Рисунок 4 – Результаты экспериментальных исследований покрытия MODENGY 1003X (отвержение нормальной температуре)

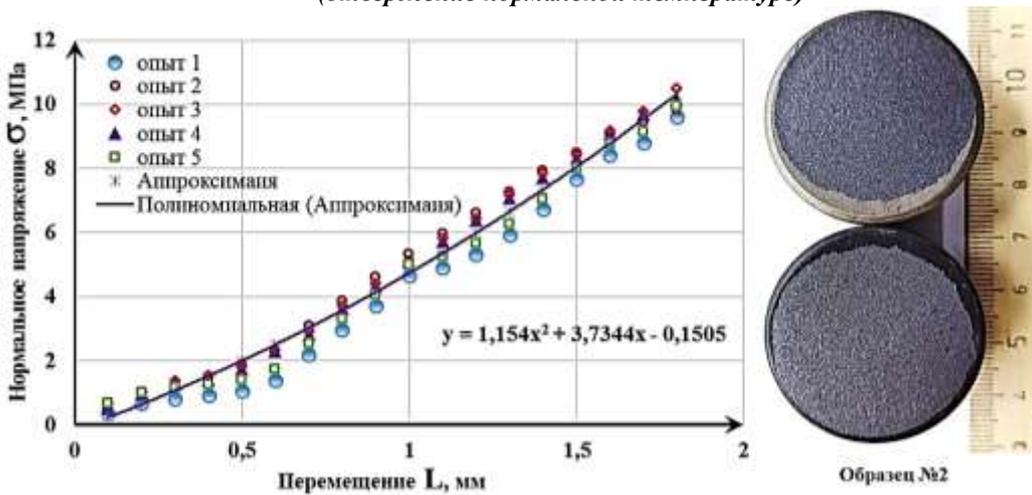


Рисунок 5 – Результаты экспериментальных исследований покрытия MODENGY 1003Г (отвержение покрытия при нагреве)

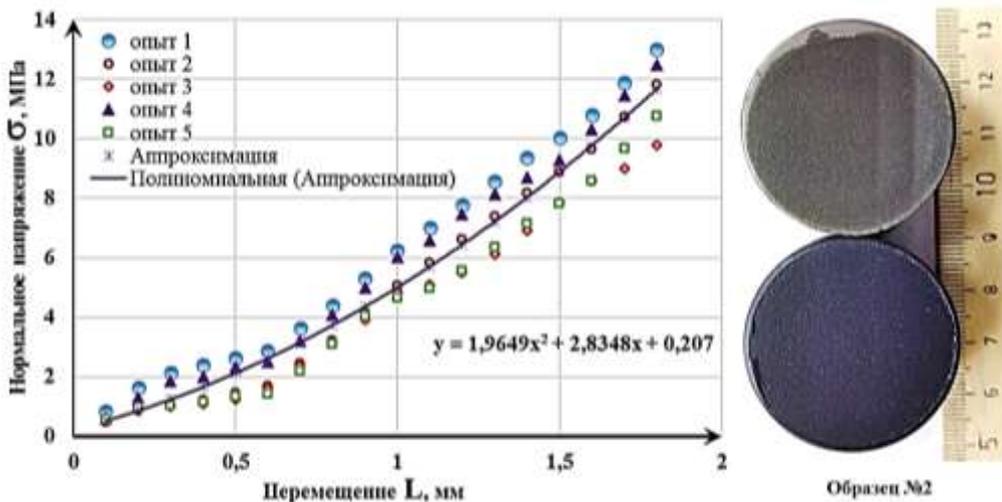


Рисунок 6 – Результаты экспериментальных исследований покрытия MODENGY 1005 (отвержение покрытия при нагреве)

Максимальное значение предела прочности твердого антифрикционного покрытия MODENGY 1005 составило - 13 МПа. Минимальное значение предела прочности данного твердого антифрикционного покрытия составило - 9,8 МПа. Также здесь мы можем увидеть четко выраженное адгезионное разрушение между последним слоем покрытия и клеем на одном из образцов.

Результаты испытаний образцов с покрытием MODENGY 1006 представлены на рисунке 7.

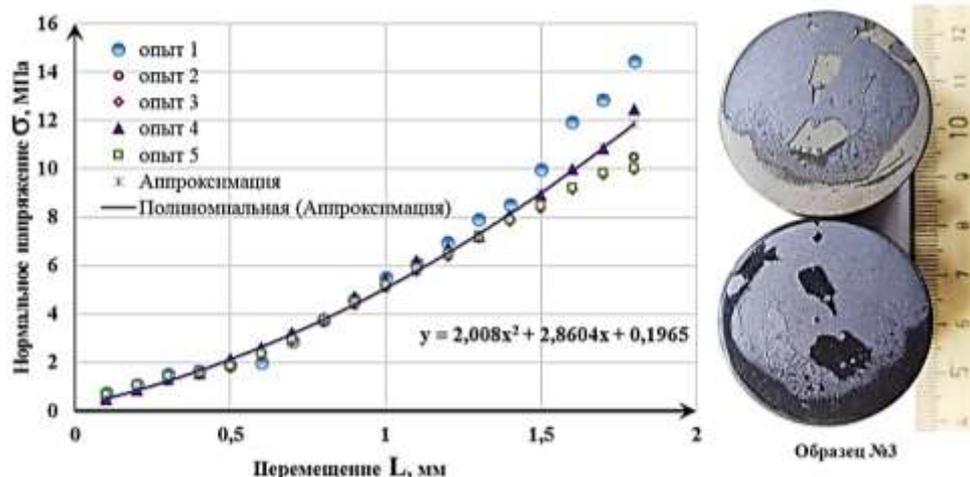


Рисунок 7 – Результаты экспериментальных исследований покрытия MODENGY 1006 (отвержение покрытия при нагреве)

Максимальное значение предела прочности твердого антифрикционного покрытия MODENGY 1006 составило - 14,5 МПа. Минимальное значение предела прочности данного твердого антифрикционного покрытия составило - 10 МПа. Также здесь мы можем увидеть четко выраженное когезионное разрушение между слоями покрытия на одном из образцов.

### Выводы

Основываясь на анализе ранее проведенных исследований и новых данных, можно сделать следующие выводы:

- метод нормального отрыва по ГОСТ 27890-88, хотя и требует использования сложного стационарного оборудования, является наиболее информативным для количественной оценки прочности сцепления твердого антифрикционного покрытия с основанием;
- среди твердых антифрикционных покрытий, отверждаемых при нагреве, покрытия MODENGY 1005 и MODENGY 1006 показали наибольшую адгезию;
- в условиях автотранспортных компаний рекомендуется использование твердых антифрикционных покрытий, отверждаемых при нагреве, для технического обслуживания и ремонта автомобильных узлов трения;
- при проведении технического обслуживания в полевых условиях целесообразно использовать твердые антифрикционные покрытия, которые затвердевают в нормальных условиях;
- для обеспечения максимальной прочности сцепления твердого антифрикционного покрытия с основой необходимо соблюдение технических рекомендаций (технологического процесса) по режимам их нанесения.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Польцер Г., Майсснер Ф. Основы трения и изнашивания / Пер. с нем. О.Н. Озерского, В.Н. Пальянова; Под ред. М.Н. Добычина. М.: Машиностроение, 1984. 264 с.
2. Allmaier H., Priestner C., Six C., Priebsch H.H., Forstner C., Novotny-Farkas F. Predicting friction reliably and accurately in journal bearings – A systematic validation of simulation results with experimental measurements // Tribology International. 2011. №44. P. 1151-1160.
3. Подшипники скольжения. Расчёт, проектирование, смазка / Н. Тилей, В.Н. Константиnescу, А. Ника, О. Бицэ. Бухарест, 1964. 457 с.
4. Торская, Е.В. Моделирование фрикционного взаимодействия тел с покрытиями: автореферат дис. ... д-ра. техн. наук. Москва. 2014. 47 с.
5. Chijia Wang, Huaiyuan Wang, Meiling Li, Zhanjian Liu, Ningzhong Bao. Anti-corrosion and wear resistance properties of polymer composite coatings: effect of oily functional fillers // Journal of the taiwan institute of chemical engineers. Vol. 85. 2018. P. 248-256.
6. Rodichev A.Y., Gorin A.V., Tokmakov N.V. Formation of film antifriction coatings on the friction surfaces of machine parts // IOP Conference series: materials science and engineering ICMТМЕ. 2019. 2020. Vol. 709.

7. Брейтуэйт Е.Р. Твердые смазочные материалы и антифрикционные покрытия. М.: Химия, 1967. 320 с.
8. Буяновский И.А. Граничная смазка / Под ред. К.В. Фролова // Современная трибология: итоги и перспективы. М.: ЛКИ. 2008. С. 226-278.
9. Буяновский И.А. Граничная смазка адсорбционным слоем // Трение и износ. 2010. Т. 31. №1. С.48-67.
10. Радин Ю.А., Суслев П.Г. Безызносность деталей машин при трении. Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1989. 229 с.
11. Трибология. Состояние и перспективы / под ред. С.М. Захарова и И.А. Буяновского. В 4-х томах. Т.2. Смазка и смазочные материалы: сборник научных трудов. Уфа: РИК УГАТУ, 2019. 504 с.
12. Венцель С.В., Лелюк В.А. Результаты исследования приработки пар трения // Теория смазочного действия и новые материалы. М.: Наука. 1965. С. 81-85.
13. Minaev A., Chizhikov R., Portnova O. Multifunctional Coatings for Gas-Lubricated Bearings Used in Marine Equipment // Procedia Engineering. 2017. Vol. 206. P. 746-751.
14. MODENGY [Электронный ресурс]. URL: modengy.ru: <https://modengy.ru/articles/antifriktsionnye-pokrytiya-modengytm-kak-primer-uspeshnoy-realizatsii-tekhnologii-tverdoy-smazki/?ysclid=lt15gqig945207026> (дата обращения: 20.02.2024).
15. BORFI [Электронный ресурс]. URL: borfi.ru: <https://borfi.ru/press/201.html>.
16. Родичев А.Ю. Новиков, А.Н., Токмакова М.А. Родичева И.В. Адгезионная прочность твердых антифрикционных покрытий узлов трения автомобильной техники // Мир транспорта и технологических машин. Орел: Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева. 2022. №3-1(78). С. 3-12.
17. Родичев А.Ю. Новиков, А.Н., Горин А.В., Токмакова М.А. Образование модифицированных поверхностей трения // Мир транспорта и технологических машин. Орел: Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева. 2021. №3(74). С. 17-23.
18. Родичев А.Ю., Горин А.В., Токмакова М.А., Киричек А.А. Исследование адгезионной прочности пленочных антифрикционных покрытий // Вестник Брянского государственного технического университета. 2019. №10(83). С. 4-10.
19. ГОСТ 32299-2013. Материалы лакокрасочные. Определение адгезии методом отрыва, 2013.
20. Дерягин Б.В., Кротова Н.Л., Смилга В.П. Адгезия твердых тел. М.: Наука, 1973. 279 с.
21. Грядунова Е.Н., Родичев А.Ю., Токмакова М.А. Оценка качества пленочного антифрикционного покрытия при помощи регрессионной модели // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. Орел: Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева. 2021. №1(345). С. 96-101.

**Родичев Алексей Юрьевич**

Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева  
Адрес: 302020, Россия, г. Орёл, Наугорское шоссе, 29  
К.т.н., доцент кафедры мехатроники, механики и робототехники  
E-mail: rodfox@yandex.ru

**Родичева Ирина Владимировна**

Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева  
Адрес: 302020, Россия, г. Орёл, Наугорское шоссе, 29  
Аспирант  
E-mail: irina.rodicheva.rodicheva@yandex.ru

**Васильев Кирилл Владимирович**

Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева  
Адрес: 302030, Россия, г. Орел, ул. Московская, д. 77  
Студент  
E-mail: gm.vasiljev485@gmail.com

**Серебрянников Артем Дмитриевич**

Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева  
Адрес: 302020, Россия, г. Орёл, Наугорское шоссе, 29  
Студент  
E-mail: silver57.93@mail.com

---

A.Yu. RODICHEV, I.V. RODICHEVA, K.V. VASILIEV, A.D. SEREBRYNIKOV

## **EXPERIMENTAL STUDIES OF THE ADHESION STRENGTH OF A SOLID ANTIFRICTION COATING TO THE SUBSTRATE**

*Abstract. The article presents a detailed study of individual samples of MODENGY solid anti-friction coatings. The selected solid anti-friction coatings are described, the roughness of the applied coatings is analyzed, and measurements of the thickness of the anti-friction layer on the surface of steel samples are given. The methodology for determining the quantitative assessment of the adhesion strength of a solid anti-friction coating based on GOST 32299-2013 was analyzed and a set of*

*experiments using a bursting machine with a built-in electronic force meter IR 5047-50 was conducted. As a result, a quantitative assessment of the adhesion strength of solid antifriction coatings with a steel base was obtained. Conclusions are drawn about the adhesion strength of solid antifriction coatings. Recommendations on their use for automotive equipment are given.*

**Keywords:** *experimental studies, adhesion strength, solid antifriction coatings, base, roughness*

## BIBLIOGRAPHY

1. Pol'tser G., Mayssner F. Osnovy treniya i iznashivaniya / Per. s nem. O.N. Ozerskogo, V.N. Pal'yanova; Pod red. M.N. Dobychina. M.: Mashinostroenie, 1984. 264 s.
2. Allmaier H., Priestner C., Six C., Priebisch H.H., Forstner C., Novotny-Farkas F. Predicting friction reliably and accurately in journal bearings - A systematic validation of simulation results with experimental measurements // Tribology International. 2011. №44. P. 1151-1160.
3. Podshipniki skol'zheniya. Raschiot, proektirovanie, smazka / N. Tipey, V.N. Konstantinesku, A. Nika, O. Bitse. Bukharest, 1964. 457 s.
4. Torskaya, E.V. Modelirovanie friktsionnogo vzaimodeystviya tel s pokrytiyami: avtoreferat dis. ... d-ra. tekhn. nauk. Moskva. 2014. 47 s.
5. Chijia Wang, Huaiyuan Wang, Meiling Li, Zhanjian Liu, Ningzhong Bao. Anti-corrosion and wear resistance properties of polymer composite coatings: effect of oily functional fillers // Journal of the taiwan institute of chemical engineers. Vol. 85. 2018. P. 248-256.
6. Rodichev A.Y., Gorin A.V., Tokmakov N.V. Formation of film antifriction coatings on the friction surfaces of machine parts // IOP Conference series: materials science and engineering ICMTMTE. 2019. 2020. Vol. 709.
7. Breytueyt E.R. Tverdye smazochnye materialy i antifriktsionnye pokrytiya. M.: Himiya, 1967. 320 s.
8. Buyanovskiy I.A. Granichnaya smazka / Pod red. K.V. Frolova // Sovremennaya tribologiya: itogi i perspektivy. M.: LKI. 2008. S. 226-278.
9. Buyanovskiy I.A. Granichnaya smazka adsorbtsionnym sloem // Trenie i iznos. 2010. T. 31. №1. S.48-67.
10. Radin YU.A., Suslov P.G. Bezyznosnost' detaley mashin pri trenii. L.: Mashinostroenie. Leningr. otdelenie, 1989. 229 s.
11. Tribologiya. Sostoyanie i perspektivy / pod red. S.M. Zakharova i I.A. Buyanovskogo. V 4-kh tomakh. T.2. Smazka i smazochnye materialy: sbornik nauchnykh trudov. Ufa: RIK UGATU, 2019. 504 s.
12. Ventsel' S.V., Lelyuk V.A. Rezul'taty issledovaniya prirabotki par treniya // Teoriya smazochnogo deystviya i novye materialy. M.: Nauka. 1965. S. 81-85.
13. Minaev A., Chizhikov R., Portnova O. Multifunctional Coatings for Gas-Lubricated Bearings Used in Marine Equipment // Procedia Engineering. 2017. Vol. 206. P. 746-751.
14. MODENGY [Elektronnyy resurs]. URL: modengy.ru: <https://modengy.ru/articles/antifriktsionnye-pokrytiya-modengytm-kak-primer-ushcheyshoy-realizatsii-tehnologii-tverdoy-smazki/?ysclid=lt15gqig945207026> (data obrashcheniya: 20.02.2024).
15. BORFI [Elektronnyy resurs]. URL: borfi.ru: <https://borfi.ru/press/201.html>.
16. Rodichev A.Yu. Novikov, A.N., Tokmakova M.A. Rodicheva I.V. Adgezionnaya prochnost' tverdykh antifriktsionnykh pokrytiy uzlov treniya avtomobil'noy tekhniki // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. Orel: Orlovskiy gosudarstvennyy universitet imeni I.S. Turgeneva. 2022. №3-1(78). S. 3-12.
17. Rodichev A.Yu. Novikov, A.N., Gorin A.V., Tokmakova M.A. Obrazovanie modifitsirovannykh poverkhnostey treniya // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. Orel: Orlovskiy gosudarstvennyy universitet imeni I.S. Turgeneva. 2021. №3(74). S. 17-23.
18. Rodichev A.YU., Gorin A.V., Tokmakova M.A., Kirichek A.A. Issledovanie adgezionnoy prochnosti plenochnykh antifriktsionnykh pokrytiy // Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2019. №10(83). S. 4-10.
19. GOST 32299-2013. Materialy lakokrasochnye. Opredelenie adgezii metodom otryva, 2013.
20. Deryagin B.V., Krotova N.L., Smilga V.P. Adgeziya tverdykh tel. M.: Nauka, 1973. 279 s.
21. Gryadunova E.N., Rodichev A.YU., Tokmakova M.A. Otsenka kachestva plenochnogo antifriktsionnogo pokrytiya pri pomoshchi regressionnoy modeli // Fundamental'nye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii. Orel: Orlovskiy gosudarstvennyy universitet imeni I.S. Turgeneva. 2021. №1(345). S. 96-101.

### Rodichev Aleksey Yrievich

Orel State University  
Address: 302020, Russia, Orel, Naugorskoe shosse, 29  
Candidate of technical sciences  
E-mail: rodfox@yandex.ru

### Rodicheva Irina Vladimirovna

Orel State University  
Address: 302020, Russia, Orel, Naugorskoe shosse, 29  
Postgraduate student  
E-mail: irina.rodicheva.rodicheva@yandex.ru

### Vasiliev Kirill Vladimirovich

Orel State University  
Address: 302026, Russia, Orel, Moscovskaya str., 77  
Student  
E-mail: gm.vasiljev485@gmail.com

### Serebrennikov Artem Dmitrievich

Orel State University  
Address: 302020, Russia, Orel, Naugorskoe shosse, 29  
Student  
E-mail: silver57.93@mail.com

Научная статья

УДК 629.083

doi:10.33979/2073-7432-2024-1-2(84)-109-117

А.С. ГРИШИН, В.И. САРБАЕВ, С. ДЖОВАНИС

## ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИВЛЕЧЕНИЯ КЛИЕНТОВ В АВТОСЕРВИС

***Аннотация.** В статье рассмотрены эффективные технологии привлечения клиентов. Выполнена классификация технологий, выделены основные показатели эффективности интернет технологий привлечения клиентов в автосервис. Разработан бизнес-процесс планирования и контроля маркетингового бюджета автосервиса. Разработана методика выбора рекламных агентств для оказания услуг по привлечению клиентов в автосервис. Показана взаимосвязь стратегии предприятия с активностями по привлечению клиентов.*

***Ключевые слова:** стратегия развития предприятия автосервиса, привлечение клиентов в автосервис, выбор поставщиков, маркетинг, клиентская удовлетворенность, конкурентоспособность*

### **Введение**

Целью настоящей работы является обзор эффективных технологий привлечения клиентов, разработка практических рекомендаций по планированию и контролю маркетингового бюджета автосервиса, а также практическая реализация методики выбора маркетингового агентства для проведения рекламных кампаний для привлечения клиентов в автосервис.

### **Материал и методы**

Текущее состояние рынка услуг автосервиса, связанное с нарушением поставок автомобилей и комплектующих, разрушает привычные связи и подходы в функционировании бизнеса предприятий автосервиса. В условиях сокращения рынка новых автомобилей в 2023 г. более чем на 58%, по сравнению с объемами продаж 2022 г. в РФ, для автосервисов особенно остро встают вопросы привлечения новых клиентов и удержание старых, поскольку активная клиентская база начинает мигрировать из дилерских сетей автопроизводителей в независимые станции техобслуживания, часть из которых не может обеспечить оказания услуг на уровне официальных дилеров производителя. Официальные дилеры автопроизводителей ещё более остро, чем ранее, столкнулись с конкуренцией независимых станций технического обслуживания и сейчас сосредоточились на эффективных технологиях привлечения клиентов.

Продолжается тенденция смены парадигмы потребления, характеризующаяся ростом рынка аренды автомобилей. Многие потенциальные клиенты отказываются от владения автомобилями в пользу каршеринга или подписок, количество автомобилей каршеринга в крупных городах ежегодно увеличивается на 8-10%.

Вопросы привлечения и удержания клиентов отражены в предыдущих исследованиях, например в работе [1] большое внимание уделено организации маркетинговой службы, тактическим приемам и тенденциям в маркетинге автосервиса, PR-технологиям. В исследовании [2] показано, что для выбора наиболее рациональной стратегии маркетинга, необходимо учесть достаточно много факторов, напрямую влияющих на успех выбранной стратегии. В работе [3] определены перспективные направления по изменению комплекса маркетинга автосервиса, заключающиеся в совершенствовании следующих позиций: персонал, процесс оказания услуг, приемлемость цен, продвижение. В исследовании [4] осуществлен комплексный анализ развития бренда компании, что позволило сформировать рекомендации по эффективному развитию бренда на основе управления его репутацией. В работе [5] описаны качественно репрезентативные сценарии маркетинговых воздействий на целевую аудиторию при различных постановках задач управления. Роли инновационного маркетинга в работе автосервиса показана в работе [6].

В работах [7-20] значительное внимание уделено выбору поставщиков автосервиса, вопросам качества услуг автосервиса, приведенные методы могут быть использованы при выборе поставщиков услуг маркетинга (рекламных агентств), взаимодействие с которым является неотъемлемой частью успешного автосервиса.

**Теория и расчёт**

Для того чтобы сфокусироваться на привлечении клиентов, будем рассматривать преимущественно технологии, направленные на привлечение новых клиентов, т.к. для привлечение постоянных клиентов упор необходимо делать на другие технологии. Кроме многообразия видов рекламы для привлечения клиентов автосервиса используются также и так называемое «сарафанное» радио, который следует рассматривать уже скорее, как один из элементов интернет-маркетинга. На рисунке 1 представлена обобщенная классификация технологий привлечения клиентов на предприятия автосервиса.



Рисунок 1 - Классификация технологий привлечения клиентов на предприятия автосервиса

Однако с развитием интернета традиционные методы и технологии начали уходить на второй план, так на долю затрат интернет-канала продвижения сегодня приходится более 50% затрат маркетингового бюджета автосервиса.

Рассмотрим данный канал более подробно (рис. 2).

Для автосервисов московской агломерации на сегодняшний день наиболее эффективным генератором лидов (потенциальных клиентов) является контекстная реклама в сети интернет – вид объявлений, который демонстрируется клиенту, проявившему интерес к товару, таким образом автосервис получает уже «теплых» потенциальных клиентов. Также в данном виде рекламы важно использовать так называемый геотаргетинг – настройку рекламы на потенциальных клиентов, находящихся в районе расположения автосервиса или периодически посещающих данный район.

Таргетированная реклама используется в основном в социальных сетях, автомобильных форумах, где рекламные компании можно настраивать на конкретную целевую аудиторию по возрасту, полу, маркам и моделям автомобилей.

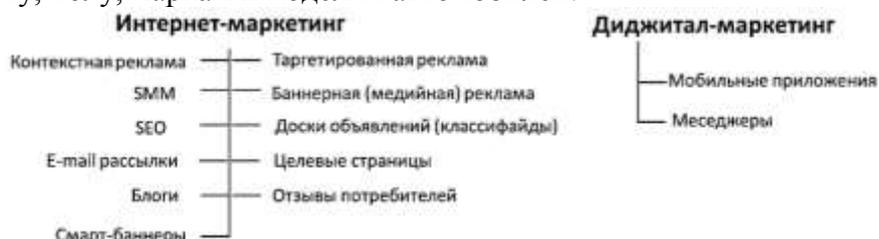


Рисунок 2 - Технологии интернет-канала привлечения клиентов автосервиса

Доски объявлений (классифайды) – используются в том случае, если предприятие занимается продажей автомобилей. На сегодняшний день – это самый эффективный способ привлечения клиентов интересующихся покупкой автомобилей (как новых, так и автомобилей с пробегом). Также для предприятий, продающих автомобили, набирают популярность смарт-баннеры – динамические товарные баннеры с фотографиями и характеристиками конкретного автомобиля.

SMM (social media marketing) – это работа с аудиторией в социальных сетях. Данный канал имеет высокий потенциал генерации новых клиентов, однако он требует либо выделения отдельных специалистов, либо аутсорсинга, знакомого со спецификой автосервиса.

Важным элементом привлечения новых клиентов, является работа с отзывами, поскольку многие потенциальные клиенты принимают решение по выбору конкретного автосервиса, ознакомившись с отзывами о компании в интернете.

Менее популярным инструментом привлечения клиентов, в последнее время отошедшим на второй план, является SEO-оптимизация, которая представляет из себя технологию повышающую значимость сайта в глазах поисковых систем. Однако без контекстной рекламы всё равно не обойтись, т.к. поисковые системы все равно сначала показывают рекламные объявления, а уже потом объявления, релевантные запросу.

Неоднозначным способом продвижения является реклама у блогеров, т.к. данный трафик сложно поддаётся учёту. Также много споров вызывает баннерная (медийная) реклама, которая не ориентирована на «теплый» трафик.

На рисунке 3. представлен пример распределения рекламного бюджета на привлечение клиентов на услуги ТО и ТР у нескольких ведущих дилерских предприятий автосервиса г. Москвы во втором полугодье 2022 г.

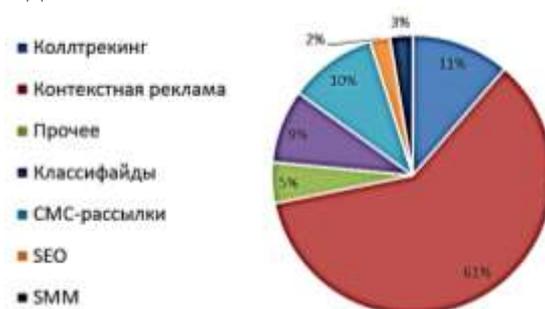


Рисунок 3 - Пример распределения рекламного бюджета на услуги ТО и ТР (московская агломерация)

На рисунке 4 представлен пример распределения рекламного бюджета на привлечение клиентов по направлению автомобили с пробегом.

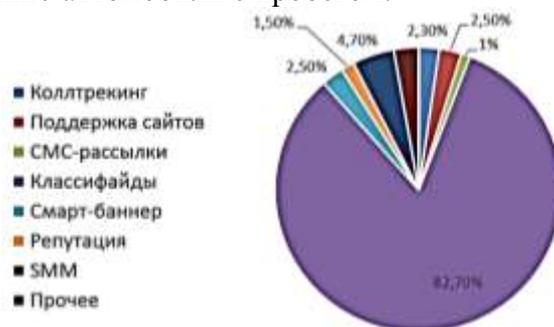


Рисунок 4 - Пример распределения рекламного бюджета на продажи автомобилей с пробегом (московская агломерация)

Необходимо отметить, что в данных бюджетах также учтены затраты на колтрекинг, хотя это и не является технологией непосредственного привлечения клиентов. Однако невозможно не использовать данную технологию, при использовании интернет рекламы, т.к. без её применения невозможно эффективно отслеживать трафик с рекламных каналов и соответственно их эффективность.

Необходимо отметить, что в отличие Москвы и Санкт-Петербурга, в регионах РФ наряду с интернет-технологиями привлечения клиентов успешно работают ТВ, радиореклама, а также уличные рекламные баннеры и билборды. В некоторых регионах затраты на данные виды рекламы сопоставимы с затратами на интернет-рекламу и могут даже их превышать (однако это зачастую характерно для крупных автодилеров-монополистов в регионе, не имеющих конкурентов внутри бренда).

Для эффективной работы всех вышеописанных технологий привлечения клиентов автосервису необходимо четко планировать свой маркетинговый бюджет, распределяя его между наиболее эффективными каналами, а также четко отслеживать расход бюджета и эффективность каналов трафика. Зачастую эта работа на предприятиях ведется бессистемно. В лучшем случае заключается договор с рекламной кампанией, на которую всецело полагаются для решения задач по привлечению клиентов (хотя компания не всегда имеет в своём штате специалистов, знающих специфику автосервиса, что чревато неэффективными затратами для предприятия)

На рисунке 5 представлен бизнес-процесс, который предлагается внедрять на предприятиях автосервиса, для эффективного планирования и контроля бюджета на привлечение клиентов.

На начальном этапе устанавливается план по новым клиентам предприятия, далее происходит распределение данного плана по каналам лидогенерации с учетом показателей эффективности каналов из этого складывается рекламный бюджет (затраты которого не должны превышать допустимые). Далее настраивается (или корректируется) воронка сервиса - инструмент, для продавцов и сервисных консультантов, позволяющий эффективно и правильно обрабатывать рекламный трафик. После этого запускаются или продлеваются ранее запущенные рекламные кампании (под которые выбран или выбирается эффективный подрядчик) и настраивается коллтекинг. На ежедневной основе специалистами маркетинговой службы автосервиса контролируются метрики рекламных кампаний. При необходимости организуется прослушивание рекламных звонков для оспаривания количества лидов, заявленных рекламными агентствами.



Рисунок 5 - Бизнес-процесс-планирования и контроля бюджета на привлечение клиентов автосервиса

Для реализации задач привлечения новых клиентов необходимо содержать либо внушительный штат собственного отдела маркетинга, либо использовать услуги рекламных агентств. Для крупных и средних предприятий автосервиса наиболее предпочтителен второй вариант, однако в любом случае работу данных агентств должны контролировать собственные профессиональные специалисты по маркетингу.

Также необходимо учитывать ритмичность маркетинговых компаний, т.е. они не должны приводить к перегрузке специалистов автосервиса, иначе конверсия из лидов в машинозаявки будет снижаться, а также будет снижаться удовлетворённость клиентов, что может привести к ухудшению имиджа предприятия.

Для обеспечения работы вышеуказанного бизнес-процесса выделим основные показатели эффективности технологий привлечения клиентов и на основе их составим формулу

расчёта бюджета затрат с необходимыми ограничениями.

Стоимость лида выражается формулой (1):

$$CPL = C_{\pi}/N_l, \quad (1)$$

где  $C_{\pi}$  – затраты на рекламу;

$N_l$  – количество лидов.

Стоимость машиноезда (2):

$$CPA = \frac{C_{\pi}}{N_a}, \quad (2)$$

где  $C_{\pi}$  - затраты на рекламу,

$N_a$  - количество машиноездов,

$K$  – конверсия из лидов в машиноезды.

Совокупные затраты на обслуживание и рекламу на 1 клиента (3):

$$CAC = LTV * (1 - R), \quad (3)$$

где  $LTV$ - доход который принесёт клиент

$R$ - рентабельность услуги с учётом запасных частей

Составим формулу бюджета затрат на привлечение клиентов:

$$P = \sum_{i=1}^n N_{api} * CPA_i, \quad (4)$$

где  $N_{api}$  - плановое количество машиноездов от  $i$ -ой технологии привлечения клиентов ( $i=1 \dots n$ );

$CPA_i$  - планируемая стоимость машиноезда.

Ограничения бюджета:

$$P \leq (CAC - C_{sr}) * \sum_{i=1}^n N_{api}, \quad (5)$$

где  $C_{sr}$  - производственные затраты сервиса и себестоимость запчастей и материалов.

Следующим важным условием эффективности маркетинговых кампаний, является выбор подходящего рекламного агентства.

Решим практическую задачу выбора рекламного агентства для привлечения новых клиентов в интернете для одной из мультибрендовых дилерских сетей автосервиса компании СП БИЗНЕС КАР. Для этого воспользуемся уже хорошо зарекомендовавшим себя при выборе альтернативных поставщиков автосервисов методом попарного сравнения альтернатив ELECTRE-1.

Для принятия решения предварительно отобраны несколько агентств, предложения которых явно лидируют по основным критериям отбора.

На начальном этапе составим матрицу исходных данных (табл. 1).

Таблица 1 - Матрица исходных данных

Поставщик (торговое наименование)	Величина агентской комиссии, руб	Стоимость лида, руб. (CPL)	Опыт работы в автобизнесе	Количество персональных менеджеров	Фин. состояние	Наличие персонала, шт	Положительный опыт работы с компанией	Актуальный пакет доп.услуг
Омега	15%	6 500	Да	2	отличное	35	нет	да
4 Пикселя	10%	5 700	нет	0.5	отличное	48	нет	да
ТАК	10%	5 250	Да	2	хорошее	120	да	нет
Артикс ИС	10%	5 000	Нет	2	отличное	78	нет	да
Спарта	8%	7 500	Да	1	хорошее	17	да	нет
<b>Веса</b>	<b>0.3</b>	<b>0.15</b>	<b>0.05</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.05</b>	<b>0.1</b>	<b>0.05</b>

В таблице 1, кроме предложений потенциальных поставщиков, приведены веса критериев, рассчитанные на основании мнений тендерного комитета компании и нескольких специалистов по маркетингу, приглашенных из других отраслей бизнеса.

Приведем матрицу к нормализованному виду по формуле (6). Для нормализации качественных оценок воспользуемся оценками ранее выбранных специалистов.

$$f_i^{norm}(x_j) = \frac{f_i(x_j)}{f_i(x_j^{max})}, \quad (6)$$

где  $x_j$ – значение критерия;

$x_j^{max}$  – максимальное значение критерия среди рассматриваемых поставщиков.

Нормализованная матрица исходных данных представлена в таблице 2.

Таблица 2- Нормализованная матрица исходных данных

Поставщик (торговое наименование)	Величина агентской комиссии, руб	Стоимость лида, руб. (CPL)	Опыт работы в автобизнесе	Наличие персонального менеджера	Фин. состояние	Наличие персонала, шт	Положительный опыт работы с компанией	Актуальный пакет доп.услуг
Омега	7	8	9	2	9	9	10	9
4 Пикселя	6	8	7	0.5	10	9	10	10
ТАК	7	10	8	2	8	10	0	7
Артикс ИС	7	10	7	2	9	10	10	9
Спарта	10	5	10	1	8	6	0	5
<b>Вес</b>	<b>0.3</b>	<b>0.15</b>	<b>0.05</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.05</b>	<b>0.1</b>	<b>0.05</b>

Составим средневзвешенную матрицу оценок критериев (Таблица 3), для расчёта используем формулу (7):

$$p_i = x_j \times w_i, \tag{7}$$

где  $p_i$  – средневзвешенная оценка критерия;

$x_j$  – значение критерия;

$w_i$  – веса критериев.

Далее перейдем к составлению матриц конкордации и дисконкордации.

Таблица 3 - Средневзвешенная матрица критериев

Поставщик (код)	Величина агентской комиссии, руб	Стоимость лида, руб. (CPL)	Опыт работы в автобизнесе	Наличие персонального менеджера	Фин. состояние	Наличие персонала, шт	Положительный опыт работы с компанией	Актуальный пакет доп.услуг
A	0.0553	0.0293	0.0110	0.0533	0.0205	0.0102	0.0333	0.0113
B	0.0474	0.0293	0.0085	0.0133	0.0227	0.0102	0.0333	0.0125
C	0.0553	0.0366	0.0098	0.0533	0.0182	0.0114	0.0000	0.0088
D	0.0632	0.0366	0.0085	0.0533	0.0205	0.0114	0.0333	0.0113
F	0.0789	0.0183	0.0122	0.0267	0.0182	0.0068	0.0000	0.0063

Рассчитаем индексы согласия и несогласия по формулам (8) и (9) соответственно:

$$C_{ij} = \frac{\sum_{q \in Q^+, Q^-} x_q}{\sum_{q=1}^Q x_q}, q \in [1, Q] \tag{8}$$

где  $C_{ij}$  – индекс согласия с гипотезой, что  $x_i > x_j$ ;

$Q^+, Q^-$  - подмножества критериев, по которым  $x_i > x_j$  и  $x_i = x_j$ ,  $x_i, x_j \in X$ .

$$D_{ij} = \max_{i \in Q^-} \frac{x_j^q - x_i^q}{L^q}, q \in [1, Q] \tag{9}$$

где  $D_{ij}$  – индекс несогласия с гипотезой, что  $x_i > x_j$ ;

$Q^-$  - подмножество критериев, по которым  $x_i < x_j$ ,  $x_i, x_j \in X$ .

Матрицы конкордации и дисконкордации приведены в таблицах 4 и 5 соответственно.

Таблица 4 - Матрица конкордации

	A	B	C	D	F
A		0.8585	0.8238	0.5772	0.7044
B	0.6095		0.3867	0.4349	0.6095
C	0.8101	0.8606		0.5746	0.6635
D	0.9641	0.8668	0.9641		0.6988
F	0.5446	0.7040	0.6533	0.5446	

Таблица 5 - Матрица дисконкордации

	a	b	c	d	f
a		0.0023	0.0073	0.0079	0.0237
b	0.0400		0.0400	0.0400	0.0316
c	0.0333	0.0333		0.0333	0.0237
d	0.0024	0.0023	0.0012		0.0158
f	0.0333	0.0333	0.0267	0.0333	

Далее построим матрицу доминирования (табл. 6). Для начала установим пороговые уровни согласия и несогласия помощью формул (10) и (11).

Таблица 6 – Матрица доминирования

	A	B	C	D	F
A		+	+	-	+
B	-		-	-	-
C	+	+		-	-
D	+	+	+		-
F	-	+	-	-	

$$C_{ij} \geq \alpha_{lim}, \tag{10}$$

где  $\alpha$  – пороговый уровень согласия.

$$D_{ij} \leq \gamma_{lim}, \tag{11}$$

где  $\gamma$  – пороговый уровень несогласия.

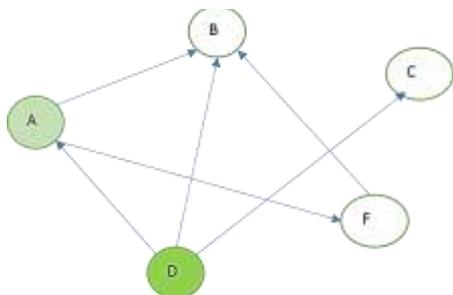


Рисунок 6 - Результирующий граф выбора рекламного агентства

На рисунке 6 представлен результирующий граф выбора рекламных агентств. Агентство D является наилучшим, с ним и будет заключен договор на проведение рекламных кампаний в первую очередь. Поставщик A лучше поставщиков B и F, он будет являться вспомогательным агентством, ему можно будет поручать второстепенные рекламные кампании.

#### Результаты и обсуждение

Разработана классификация технологий привлечения клиентов на предприятия автосервиса.

Выполнен обзор технологий интернет-канала

привлечения клиентов.

Разработан бизнес-процесс планирования и контроля бюджета автосервиса с использованием показателей эффективности технологий привлечения клиентов.

Предложена формула расчёта бюджета затрат на привлечение клиентов с учетом заданных ограничений.

Решена практическая задача выбора рекламных агентств для привлечения клиентов с использованием метода попарного сравнения альтернатив.

#### Выводы

Технологии привлечения клиентов в автосервис должны использоваться системно, на основе четкого планирования и регулярного отслеживания результатов.

Наиболее эффективными технологиями привлечения клиентов являются интернет-технологии, хотя в регионах РФ неплохие результаты имеют традиционные каналы привлечения – ТВ, радио и наружная реклама.

Среди интернет-технологий особое внимание необходимо уделять контекстной рекламе, как наиболее эффективному каналу привлечения клиентов. Однако, следует непрерывно анализировать потенциал использования других каналов привлечения.

Для привлечения клиентов крупным и средним автосервисам целесообразно использовать рекламные агентства, при постоянном контроле штатных маркетологов.

Для эффективного отбора рекламных агентств целесообразно использовать методы многокритериальной оценки альтернатив.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волгин В.В. Автосервис. Маркетинг и анализ: Практическое пособие. «Автор», 2010

2. Рынок и конкуренция – инструмент имитационного моделирования AnyLogic [Электронный ресурс]. URL: <https://www.anylogic.ru/markets>.
3. Моргина Е.С., Гранкина С.В. Направления совершенствования комплекса маркетинга предприятия // Наука и творчество: вклад молодежи: Сборник материалов всероссийской молодежной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Махачкала: ФОРМАТ. 2020. С. 269-272.
4. Година О.В., Текуева К.О. Направления развития бренда автосервиса в современных условиях // Развитие науки и практики в глобально меняющемся мире в условиях рисков: сборник материалов XVI международной научно-практической конференции (шифр-МКРНИ). Москва: ООО «Издательство АЛЕФ». 2023. С. 276-282.
5. Агиева М.Т. Качественно репрезентативные сценарии имитационного моделирования маркетинговых воздействий // Инженерный вестник Дона. 2019. №2(53). С. 28.
6. Цапкова М.С., Дубино Н.В., Солодовников Д.Н. Роль инновационного маркетинга в деятельности автосервисных предприятий / Под редакцией С.А. Михайличенко, Ю.Ю. Буряка // Содействие профессиональному становлению личности и трудоустройству молодых специалистов в современных условиях: сборник материалов XII Международной научно-практической конференции. В 3-х частях. Том 3. Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2020. С. 149-155.
7. Chai J., Ngai E.W.T. Multi-perspective strategic supplier selection in uncertain environments // Int. J. Production Economics. 2015. Vol. 166. P. 215-225.
8. Ho W., Dey P.K., Bhattacharya A. Strategic supplier selection using multi-stakeholder and multi-perspective approaches // Int. J. Production Economics. 2015. Vol. 166. P. 152-154.
9. Шупляков В.С., Яковенко Г.В., Первунин С.Н. и др. Конкурентоспособность предприятий автомобильного сервиса // Известия МГТУ МАМИ. 2012. Т. 1. №1(13). С. 309-317.
10. Автосервис: станции технического обслуживания автомобилей / под ред. В.С.Шуплякова. М.: Альфа-М-Инфра-Н, 2008.
11. Андреева О.Д. Технология бизнеса. Маркетинг: учебное пособие. М.: Дело 2001.
12. Кирцнер И.М. Конкуренция и предпринимательство. М.: Юнита-Дана, 2001.
13. Копнов В.А., Бессонов А.И., Астафьева О.М. Стратегический подход к управлению качеством закупок машиностроительного предприятия: моногр. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2012. 142 с
14. Sarkis J., Dhavale D.J. Supplier selection for sustainable operations: A triple-bottom-line approach using a Bayesian framework // Int. J. Production Economics. 2015. Vol. 166. P. 177-191.
15. Guo Zhiming, Yan Hongsen, Chen Shihua et al. Research on Spare Parts Inventory Control // Computer Integrated Manufacturing Systems. 2003. №9 (6). P. 1028-1032.
16. Жаров С.П. Система контроля качества запасных частей на предприятиях автомобильного транспорта // Вестник КГУ. 2010. №1. С. 28-31.
17. Айдаров Д.В., Козловский В.Н., Крцкий А.В., Муталов А.Д. Комплекс основного инструментария процесса внутреннего мониторинга качества продукции на машиностроительном предприятии // Известия Самарского научного центра Российской Академии Наук. 2019. Т21. №5. С. 22-27.
18. Макарова А.А., Нордин В.В. Анализ направлений маркетинговой политики автосервисного предприятия // Вестник молодежной науки. 2019. №5(22). С. 14.
19. Котлер Ф., Бергер Р., Бикхофф Н. Стратегический менеджмент по Котлеру: лучшие приемы и методы. Москва: Альпина Паблишер. 2016. 132 с.
20. Фляйшер К., Бенсуссан Б. Стратегический и конкурентный анализ. Методы и средства конкурентного анализа в бизнесе. Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2016. 541 с

**Гришин Александр Сергеевич**

ООО СП «БИЗНЕС КАР»»,

Адрес: 113452, Россия, г. Москва, Балаклавский проспект, д 26

К.т.н., начальник отдела корпоративного развития и контроля

E-mail: [agrishin@toyotabc.ru](mailto:agrishin@toyotabc.ru)

**Сарбаев Владимир Иванович**

Московский политехнический университет

Адрес: 107023, Россия, г. Москва, ул. Б. Семеновская, 38

Д.т.н., профессор

E-mail: [visarbaev@gmail.com](mailto:visarbaev@gmail.com)

**Джованис Симос**

Московский политехнический университет

Адрес: 107023, Россия, г. Москва, ул. Б. Семеновская, 38

Аспирант

E-mail: [singmanos@yahoo.com](mailto:singmanos@yahoo.com)

---

A.S. GRISHIN, V.I. SARBAYEV, S. TZJOVANNISS

**EFFECTIVE TECHNOLOGIES FOR ATTRACTING CUSTOMERS  
TO THE CAR SERVICE**

*Abstract. The article discusses effective technologies for attracting customers. The classifica-*

tion of technologies is carried out, the main indicators of the effectiveness of Internet technologies for attracting customers to the car service are highlighted. A business process for planning and controlling the marketing budget of a car service has been developed. A methodology for selecting advertising agencies to provide services to attract customers to the car service has been developed. The interrelation of the company's strategy with customer attraction activities is shown.

**Keywords:** development strategy of the car service company, attracting customers to the car service, selection of suppliers, marketing, customer satisfaction, competitiveness

## BIBLIOGRAPHY

1. Volgin V.V. Avtoservis. Marketing i analiz: Prakticheskoe posobie. «Avtor», 2010
2. Rynok i konkurentsia - instrument imitatsionnogo modelirovaniya AnyLogic [Elektronnyy resurs]. URL: <https://www.anylogic.ru/markets>.
3. Morgina E.S., Grankina S.V. Napravleniya sovershenstvovaniya kompleksa marketinga predpriyatiya // Nauka i tvorchestvo: vklad molodezhi: Sbornik materialov vserossiyskoy molodezhnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchennykh. Makhachkala: FORMAT. 2020. S. 269-272.
4. Godina O.V., Tekueva K.O. Napravleniya razvitiya brenda avtoservisa v sovremennykh usloviyakh // Razvitiye nauki i praktiki v global'no menyayushchemsya mire v usloviyakh riskov: sbornik materialov XVI mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (shifr -MKRNP). Moskva: OOO «Izdatel'stvo ALEF». 2023. S. 276-282.
5. Agieva M.T. Kachestvenno reprezentativnye stsenarii imitatsionnogo modelirovaniya marketingovykh vozdeystviy // Inzhenernyy vestnik Dona. 2019. №2(53). S. 28.
6. Tsapkova M.S., Dubino N.V. Solodovnikov D.N. Rol' innovatsionnogo marketinga v deyatelnosti avtoservisnykh predpriyatij / Pod redaktsiyey S.A. Mikhaylichenko, Yu.Yu. Buryaka // Sodeystvie professional'nomu stanovleniyu lichnosti i trudoustroystvu molodykh spetsialistov v sovremennykh usloviyakh: sbornik materialov XII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. V 3-kh chastyakh. Tom 3. Belgorod: Belgorodskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskii universitet im. V.G. Shukhova. 2020. S. 149-155.
7. Chai J., Ngai E.W.T. Multi-perspective strategic supplier selection in uncertain environments // Int. J. Production Economic. 2015. Vol. 166. R. 215-225.
8. Ho W., Dey P.K., Bhattacharya A. Strategic supplier selection using multi-stakeholder and multi-perspective approaches // Int. J. Production Economics. 2015. Vol. 166. R. 152-154.
9. Shuplyakov V.S., Yakovenko G.V., Pervunin S.N. i dr. Konkurentosposobnost' predpriyatij avtomobil'nogo servisa // Izvestiya MGTU MAMI. 2012. T. 1. №1(13). S. 309-317.
10. Avtoservis: stantsii tekhnicheskogo obsluzhivaniya avtomobiley / pod red. V.S.Shuplyakova. M.: Al'fa-M-Infra-N, 2008.
11. Andreeva O.D. Tekhnologiya biznesa. Marketing: uchebnoe posobie. M.: Delo 2001.
12. Kirtsner I.M. Konkurentsia i predprinimatel'stvo. M.: Yunita-Dana, 2001.
13. Kopnov V.A., Bessonov A.I., Astaf'eva O.M. Strategicheskii podkhod k upravleniyu kachestvom zakupok mashinostroitel'nogo predpriyatiya: monogr. Ekaterinburg: Ural. gos. lesotekhn. un-t, 2012. 142 s
14. Sarkis J., Dhavale D.J. Supplier selection for sustainable operations: A triple-bottom-line approach using a Bayesian framework // Int. J. Production Economics. 2015. Vol. 166. R. 177-191.
15. Guo Zhiming, Yan Hongsen, Chen Shihua et al. Research on Spare Parts Inventory Control // Computer Integrated Manufacturing Systems. 2003. №9 (6). P. 1028-1032.
16. Zharov S.P. Sistema kontrolya kachestva zapasnykh chastey na predpriyatiyakh avtomobil'nogo transporta // Vestnik KGU. 2010. №1. S. 28-31.
17. Aydarov D.V., Kozlovskiy V.N., Krtskiy A.V., Mutalov A.D. Kompleks osnovnogo instrumentariya protsessa vnutrennego monitoringa kachestva produktsii na mashinostroitel'nom predpriyatii // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy Akademii Nauk. 2019. T21. №5. S. 22-27.
18. Makarova A.A., Nordin V.V. Analiz napravleniy marketingovoy politiki avtoservisnogo predpriyatiya // Vestnik molodezhnoy nauki. 2019. №5(22). S. 14.
19. Kotler F., Berger R., Bikkhoff N. Strategicheskii menedzhment po Kotleru: luchshie priiomy i metody. Moskva: Al'pina Publisher. 2016. 132 s.
20. Flyaysher K., Bensussan B. Strategicheskii i konkurentnyy analiz. Metody i sredstva konkurentnogo analiza v biznese. Moskva: BINOM. Laboratoriya znaniy, 2016. 541 s

### **Grishin Aleksandr Sergeevich**

JV «BUSINESS CAR» LLC

Address: 113452, Russia, Moscow, Balaklavsky Prospekt

Candidate of technical sciences

E-mail: agrishin@toyotabc.ru

### **Tzjovanniss Simos**

Moscow Polytechnic University

Address: 107023, Russia, Moscow, B. Semenovskaya str.

Postgraduate student

E-mail: singmanos@yahoo.com

### **Sarbaev Vladimir Ivanovich**

Moscow Polytechnic University

Address: 107023, Russia, Moscow, B. Semenovskaya str.

Doctor of technical sciences

E-mail: visarbaev@gmail.com

Научная статья

УДК 629.4.016.2

doi: 10.33979/2073-7432-2024-1-2(84)-118-125

Н.В. ГРЕБЕННИКОВ

## **ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛОКОМОТИВОВ В ЭКСПЛУАТАЦИИ**

***Аннотация.** В статье рассматривается методология оценки энергетической эффективности локомотивов в условиях эксплуатации по данным, регистрируемым бортовыми микропроцессорными системами управления современных локомотивов. В основе лежит энергетический подход, позволяющий оценить потери в каждом элементе преобразования энергии на локомотиве. Предложены коэффициент эффективности использования оборудования (КЭИ) и коэффициент перерасхода энергоресурсов (ПЭР) позволяющих оценить энергоэффективность работы тягового оборудования и локомотива в целом в условиях эксплуатации, а так же возникающий перерасход энергоресурсов из-за преобладания режимов работы, отличных от номинального. Произведена оценка энергоэффективности работы тягового оборудования тепловозов 2ТЭ25К<sup>М</sup> и ТЭП70БС.*

***Ключевые слова:** локомотив, энергоэффективность, коэффициент полезного действия, эксплуатация, микропроцессорные системы управления*

### **Введение**

В настоящее время вопросы энергоэффективного использования транспортных средств выходят на первый план, так как это позволяет добиться не только топливной экономичности, но и снижения негативного воздействия на окружающую среду. Железнодорожный транспорт занимает лидирующее место по грузообороту в перевозочном процессе среди транспортных средств, при этом для нужд тяги расходуется более 85 % топливно-энергетических ресурсов, потребляемых ОАО «РЖД». Стратегиями развития железнодорожной отрасли [1, 2] предусмотрено развитие тяжеловесного движения, как за счет увеличения длины поезда, так и за счет увеличения нагрузки на ось, вплоть до 30 т на ось, что требует разработки новых мощных локомотивов, с современным бесколлекторным тяговым приводом [3, 4] с микропроцессорным управлением, при этом ожидается сокращение удельного расхода топлива на тягу вплоть до 15 %. Из-за специфики работы железнодорожного транспорта, для мощных многоосных и многосекционных локомотивов, работающих с тяжеловесными составами в одном направлении и с порожними составами в обратном направлении [5], проблема определения и обеспечения высокой энергоэффективности во всех режимах эксплуатации становится очень актуальной [6-9].

Современный локомотив – сложное тяговое электромеханическое устройство с химическим источником энергии и с несколькими ступенями преобразования энергии в тяговом оборудовании, поэтому объективно оценить энергоэффективность можно только через коэффициент полезного действия тепловоза за поездку, т.е. отношение количества энергии переданной на колеса к энергии израсходованного топлива [10]. Энергия дизельного топлива определяется через его расход за единицу времени, при этом, чем больше интервал времени, тем меньше влияет погрешность измерения количества топлива, но при этом сложно обеспечить постоянство режима работы дизель-генераторной установки [11]. Расход дизельного топлива можно измерить через изменение массы топлива в топливном баке (необходимо учитывать не только изменение объема топлива, но и изменение плотности дизельного топлива), либо через разность показаний установленных расходомеров на подводящем и обратном трубопроводах топливной системы дизеля (данный способ более точный, но требует специального оборудования и не может быть применен в условиях эксплуатации) и, как правило, анализ производят по данным, указанным в маршрутах машинистов [12, 13].

Для объективного измерения энергии переданной на колеса локомотива требуется использовать датчики крутящего момента, которые должны быть установлены между зубчатым колесом тягового редуктора и осью колесной пары. В настоящее время такие устройства еще не разработаны, поэтому прибегают к расчетным и косвенным методам определения энергоэффективности.

### **Материал и методы**

Наиболее точно, касательную мощность локомотива можно определить на катковой станции или через касательную силу тяги при испытаниях с динамометрическим измерительным устройством (тарированное автосцепное устройство с тензодатчиками, установленными на хвостовике автосцепки) [14]

$$N_K = \frac{F_K V}{3,6}, \quad (1)$$

где  $F_K$  – касательная сила тяги локомотива;

$V$  – скорость движения, км/ч.

Касательную мощность определяют с учетом сил основного и дополнительного сопротивления действующих на локомотив [15]

$$F_K = F_{дин} + P \left( w'_o(V) \pm i \cdot g + w_r \pm \frac{1}{\xi} \frac{dV}{dt} \right), \quad (2)$$

где  $F_{дин}$  – сила тяги на автосцепном устройстве локомотива;

$P$  – масса локомотива;

$w'_o(V)$  – основное удельное сопротивление локомотива, в соответствии с правилами тяговых расчетов [16], для нового подвижного состава – по результатам испытаний;

$i$  – крутизна уклона, железнодорожного участка пути;

$g$  – ускорение свободного падения, для европейской части России 9,81 м/с<sup>2</sup>;

$w_r$  – дополнительное удельное сопротивление от кривой (при наличии);

$\xi$  – коэффициент инерции вращающихся частей локомотива, в соответствии с правилами тяговых расчетов [16], для нового подвижного состава – по результатам испытаний или расчета;

$\frac{dV}{dt}$  – ускорение (замедление) локомотива в процессе проведения измерений.

Из формулы (2) видно, что результат зависит от условий проведения испытаний, поэтому в [15] устанавливаются требования, определяющие условия допустимости их проведения. К таким требованиям относят скорость ветра не более 6 м/с, температуру окружающего воздуха выше минус 30° С, и неравномерность движения не более 30 км/ч<sup>2</sup> (0,0023 м/с<sup>2</sup>). В обычных условиях эксплуатации выполнить последнее требование практически не возможно, кроме того тарированное автосцепное устройство с тензодатчиками с устройством получения и обработки информации не устанавливается на серийные локомотивы, поэтому данный метод может быть реализован только на испытательном кольце при проведении испытаний (сертификационных, энергетических, определительных и т.д.).

Поэтому актуальным является разработка методов оценки энергетической эффективности основного тягового оборудования электрической передачи мощности локомотива.

### **Теория / Расчет**

В качестве показателя энергетической эффективности используется коэффициент полезного действия (КПД). Для КПД локомотива в общем виде формула имеет вид

$$\eta_d = \eta_d \cdot (1 - \beta) \cdot \eta_{ТГ} \cdot \eta_{ВУ} \cdot \eta_{ТЭД} \cdot \eta_p,$$

где  $\eta_d$  – КПД дизеля;

$\beta$  – доля затрат мощности дизеля на собственные нужды;

$\eta_{TG}$  – КПД тягового генератора;

$\eta_{BY}$  – КПД выпрямительной установки, при наличии;

$\eta_{TЭД}$  – КПД тягового двигателя.

С учетом того, что в условиях эксплуатации локомотив работает в различных режимах и с различными нагрузками основного и вспомогательного оборудования [17], то расчет КПД локомотива непосредственно через КПД отдельных элементов возможен только при его определении через переданное количество энергии, с учетом потерь при преобразовании [18]. Современные локомотивы оснащены микропроцессорными системами управления со встроенными средствами регистрации и обработки различных параметров оборудования локомотивов. Для контроля работы электрической передачи мощности используются датчики тока и напряжения, данные с которых сохраняются на накопителе информации. В передачах переменного-постоянного тока датчики тока и напряжения устанавливаются на выходе каждого канала выпрямительной установки, анализ данных с которых позволяет производить расчет эффективности процесса преобразования энергии, с использованием паспортных технических характеристик оборудования локомотива. Безусловно, такой подход не может оценить фактическое состояние тягового оборудования, поэтому предполагается, что всё оборудование находится в исправном состоянии, и его параметры не выходят за пределы допусков, предусмотренных заводом изготовителем. Основным преимуществом является возможность оценки энергетической эффективности тягового оборудования для реальных режимов работы локомотива, что позволяет еще на стадии проектирования уделить внимание режимам работы оборудования, преобладающих в условиях эксплуатации.

Энергия, переданная в звено постоянного тока  $A_{DC}$ , для  $m$ -канальной выпрямительной установки, за интервал наблюдения от 0 до  $T$  определяется по формуле

$$A_{DC} = \int_0^T \left( \sum_{n=1}^m I_n \cdot U_n \right) \cdot dt, \quad (3)$$

где  $I_n$  – ток  $n$ -го канала выпрямительной установки;

$U_n$  – напряжение  $n$ -го канала выпрямительной установки.

Энергия, выработанная тяговым генератором  $A_{TG}$  и идущая на нужды тяги, будет больше энергии звена постоянного тока  $A_{DC}$  на величину потерь в выпрямительной установке. Так как потери в выпрямительной установке в основном зависят от тока, то для их определения используется зависимость КПД от тока выпрямительной установки  $\eta_{BY}^{PH}(I)$ , приведенная в технических характеристиках, тогда формула примет вид

$$A_{TG} = A_{DC} + \int_0^T \sum_{n=1}^m \left( \frac{1}{\eta_{BY}^{PH}(I_n)} - 1 \right) \cdot P_n^{BY} \cdot dt, \quad (4)$$

где  $\eta_{BY}^{PH}(I_n)$  – КПД  $n$ -го канала выпрямительной установки при токе  $I_n$ ;

$P_n^{BY}$  – номинальная мощность  $n$ -го канала выпрямительной установки, для которой определена зависимость  $\eta_{BY}^{PH}(I)$ .

Энергия, выработанная дизелем  $A_{D*}$  и идущая на нужды тяги, будет больше энергии тягового генератора  $A_{TG}$  на величину потерь в тяговом генераторе. В тяговом генераторе основные потери зависят от тока (омические, магнитные и т.д.), но кроме этого имеются меха-

нические, вентиляционные потери, которые зависят от частоты вращения ротора. Для их определения воспользуемся характеристикой КПД в зависимости от тока  $\eta_{TГ}^{P_H}(I_{TГ})$ , определяемой для внешней характеристики тягового генератора, тогда формула примет вид

$$A_{Д*} = A_{TГ} + \int_0^T \left( \frac{1}{\eta_{TГ}^{P_H} \left( \sum_{n=1}^m I_n \right)} - 1 \right) \cdot P_{2н}^{TГ} \cdot dt, \quad (5)$$

где  $\eta_{TГ}^{P_H} \left( \sum_{n=1}^m I_n \right)$  – КПД тягового генератора для суммарного тока  $m$ -канальной выпрямительной установки;

$P_{2н}^{TГ}$  – номинальная электрическая мощность тягового генератора.

Энергия, выработанная тяговыми двигателями  $A_{TЭД}$ , будет меньше энергии звена постоянного тока  $A_{DC}$  на величину потерь в тяговых двигателях. В тяговом двигателе (ТЭД) основные потери также зависят от тока (омические, магнитные и т.д.), но кроме этого имеются механические, вентиляционные потери, которые зависят от частоты вращения якоря, т.е. скорости движения локомотива. В первом приближении можно воспользоваться электромеханическими характеристиками ТЭД, тогда формула примет вид

$$A_{TЭД} = A_{DC} - \int_0^T \sum_{k=1}^{m_{TЭД}} \left( 1 - \eta_{TЭД}^{P_H}(I_k) \right) \cdot P_{1н}^{TЭД} \cdot dt, \quad (6)$$

где  $m_{TЭД}$  – количество ТЭД;

$P_{1н}^{TЭД}$  – номинальная, подводимая электрическая, мощность ТЭД.

После определения выработанной энергии каждым элементом передачи мощности локомотива на интервале времени от 0 до  $T$  становится возможным определение КПД каждого элемента:

$$\eta_{ВУ}^{0-T} = \frac{A_{DC}}{A_{TГ}}; \quad (7)$$

$$\eta_{TГ}^{0-T} = \frac{A_{TГ}}{A_{Д*}}; \quad (8)$$

$$\eta_{TЭД}^{0-T} = \frac{A_{TЭД}}{A_{DC}}; \quad (9)$$

$$\eta_{Д*}^{0-T} = \eta_{Д} \cdot (1 - \beta) = \frac{A_{Д*}}{(m_{топл_0} - m_{топл_T}) \cdot Q_H}, \quad (10)$$

где  $m_{топл_0}$  – начальная масса топлива;

$m_{топл_T}$  – масса топлива в конце периода наблюдения.

$Q_H$  – низшая теплота сгорания топлива.

Выбор интервалов наблюдения от 0 до  $T$  за режимами работы тягового оборудования может быть достаточно разнообразным, в зависимости от конкретных целей исследований, например все время работы тепловоза можно разбить на интервалы использования фиксиро-

ванных позиций контроллера машиниста, либо принять интервалы от отправления локомотива до его остановки. В случае оценки энергоэффективности дизеля, т.е. при определении массы топлива следует использовать продолжительные интервалы, для которых скорость движения локомотива будет равна нулю, как в начале, так и в конце интервала, что позволит более точно фиксировать уровень топлива в топливном баке.

Для сравнения эффективности преобразования энергии в тяговом оборудовании в режимах отличных от номинального предлагается использовать коэффициент эффективности использования (КЭИ) оборудования, который показывает отношения КПД за период наблюдения к его номинальному значению

$$КЭИ = \frac{\eta^{0-T}}{\eta_n}, \tag{11}$$

где  $\eta^{0-T}$  – значение КПД за выбранный период наблюдения для режима работы оборудования;

$\eta_n$  – номинальное значение коэффициента полезного действия.

Применение КЭИ позволяет сравнивать получаемые результаты при изменении коэффициентов полезного действия оборудования локомотива, например дизеля и тягового электродвигателя, и позволяет оценить как эффективность использования оборудования, так и возникающий перерасход энергоресурсов (ПЭР), связанный с отклонением КПД от номинального значения из-за недоиспользования мощности тягового оборудования локомотива

$$ПЭР = \frac{1 - КЭИ}{КЭИ}. \tag{12}$$

При необходимости оценки эффективности применения нового локомотива, так же возможно использовать коэффициент КЭИ, где в знаменателе подставляется эксплуатационное значение КПД локомотива или отдельного оборудования локомотива, с которым происходит сравнение. В случае если КЭИ будет больше 1, то новый локомотив оказывается эффективнее, при этом коэффициент ПЭР становится отрицательным, что означает экономию топливо-энергетических ресурсов.

Для локомотива, имеющего несколько элементов, последовательно преобразующих энергию, формулы для определения общих показателей КЭИ и ПЭР примут вид

$$КЭИ_{Л} = \prod_{j=1}^n (КЭИ_j) = КЭИ_{Д*} \cdot КЭИ_{ТГ} \cdot КЭИ_{ВУ} \cdot КЭИ_{ТЭД} \cdot КЭИ_{Р}, \tag{13}$$

$$ПЭР_{Л} = \left[ \prod_{j=1}^n (1 + ПЭР_j) \right] - 1 = \\ = (1 + ПЭР_{Д*}) \cdot (1 + ПЭР_{ТГ}) \cdot (1 + ПЭР_{ВУ}) \cdot (1 + ПЭР_{ТЭД}) \cdot (1 + ПЭР_{Р}) - 1. \tag{14}$$

Для тягового редуктора примем допущение, что КПД изменяется не существенно в процессе преобразования механической энергии при различной нагрузке, а значит КЭИ = 1 и ПЭР = 0.

В соответствии с предложенной методологией, произведена обработка данных, полученных с бортовых микропроцессорных систем управления [19, 19] для тепловозов 2ТЭ25К<sup>М</sup> и ТЭП70БС, расчет энергии, переданной в звено постоянного тока, а также произведен расчет КПД, КЭИ, ПЭР для выпрямительной установки, синхронного тягового генератора, тяговых электродвигателей, что представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Оценка энергетической эффективности оборудования локомотивов

Серия тепловоза	2ТЭ25К <sup>М</sup>	ТЭП70БС
Род службы	грузовой	пассажирский
Тип тягового двигателя	Постоянного тока	Постоянного тока
Длительность периода доступного для анализа, сут	35	69
Время в движении, ч	390,8	702
Техническая скорость, км/ч	35,78	53,68
Время работы на холостом ходу, %	49,9	47,9
Время работы на максимальной позиции, %	0,16 (0,63 ч)	0,4 (2,98 ч)

1		2	3
Полная мощность дизеля, кВт		2650	2942
Средняя мощность ДГУ за период наблюдения, кВт		822	808,3
Средняя мощность на валу ТЭД, кВт		115	118,2
КИМ ДГУ		0,31	0,27
Эксплуатационный КПИМ		0,26	0,24
Тяговый генератор	КПД, о.е	0,92	0,914
	КЭИ, о.е	0,96	0,958
	ПЭР, о.е	0,042	0,044
Выпрямительная установка	КПД, о.е	0,975	0,990
	КЭИ, о.е	0,995	0,994
	ПЭР, о.е	0,005	0,006
Тяговый двигатель	КПД, о.е	0,856	0,88
	КЭИ, о.е	0,936	0,947
	ПЭР, о.е	0,068	0,056
Суммарный перерасход дизельного топлива из-за отклонения параметров работы электрической передачи мощности от номинальных значений, %		11,8	10,9

### Результаты и обсуждение

В результате анализа данных микропроцессорных систем управления и средств регистрации параметров локомотива, получена оценка энергоэффективности процессов преобразования в электрических передачах мощности локомотивов. Оценка энергоэффективности работы дизеля не производилась, т.к. штатные микропроцессорные системы управления выбранных тепловозов не регистрируют расход дизельного топлива, для этого, как правило, используются отдельные системы типа АСК (Автоматизированная система контроля параметров работы дизельных локомотивов и учета дизельного топлива), что так же ставит вопрос о выработке единых подходов и требований к регистрации и хранению информации, получаемой различными системами локомотивов [21]. В результате полностью проанализированы режимы работы трех основных элементов электрической передачи мощности: тягового генератора, выпрямительной установки и тяговых двигателей. Номинальный режим работы электрической передачи мощности, соответствующий 15 позиции контроллера машиниста, и для которого производится определение КПД локомотива по ГОСТ 31187-2011, в условиях эксплуатации практически не используется: для тепловоза 2ТЭ25К<sup>М</sup> это всего 0,16 % времени (0,63 ч) из 35 сут, а для тепловоза ТЭП70БС – 0,4 % (2,98 ч) из 69 сут. В результате, за счет отклонения режимов работы тягового оборудования от номинального, существенно снижается КЭИ тягового генератора (на 4 %) и тягового двигателя (снижение до 6,4 %), что приводит к существенному перерасходу дизельного топлива для тепловоза 2ТЭ25К<sup>М</sup> на 11,8 %, а для ТЭП70БС на 10,9 %, только лишь за счет недоиспользования электрической передачи мощности.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Энергетическая стратегия холдинга «РЖД» на период до 2015 года и на период до 2030 года. Москва: ОАО «РЖД». 2011. 97 с.
2. Стратегия научно-технологического развития холдинга «РЖД» на период до 2025 года и на перспективу до 2030 года (Белая книга). Москва: ОАО «РЖД». 2015. 128 с.
3. Догадин И.Б., Кашин П.В. Оценка энергетической эффективности электровозов переменного тока с асинхронным и коллекторным тяговыми приводами // Локомотив. 2022. №10(790). С. 7-8.
4. Зарифьян А.А., Шрайбер М.А. Сокращение расхода электроэнергии грузовыми магистральными электровозами 2(3)ЭС5С при работе в энергоэффективном режиме по итогам эксплуатационных испытаний // Бюллетень результатов научных исследований. 2022. №4. С. 7-23. DOI 10.20295/2223-9987-2022-4-7-23.
5. Кобзев С.А. Пути повышения энергоэффективности тягового подвижного состава // Железнодорожный транспорт. 2004. №8. С. 41-44.
6. Андрончев И.К., Асабин В.В., Коссов Е.Е. и др. Энергетическая эффективность работы локомотива // Электротехника. 2020. №3. С. 29-32.

7. Костиков А.Н., Симбаев Е.Ю. Оценка энергетической эффективности локомотивов методом сравнения // Локомотив. 2021. №1(769). С. 40-41.
8. Абляимов О.С. К оценке эффективности использования локомотивной тяги на холмисто-горном участке узбекской железной дороги // Инновационные технологии на железнодорожном транспорте: Сборник трудов научно-практической конференции с международным участием. Москва: ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта». 2022. С. 7-14.
9. Рябко Е.В., Рябко К.А. Эффективность модернизации маневровых тепловозов и пути её определения // Вестник Брянского государственного технического университета. 2020. №5(90). С. 23-31. DOI 10.30987/1999-8775-2020-5-23-31.
10. Zarifyan A., Grebennikov N., Talakhadze T. et al. Increasing the Energy Efficiency of Rail Vehicles Equipped with a Multi-Motor Electrical Traction Drive // Improvement in Efficiency of Electric Drives: 26th International Workshop on Electric Drives. IWED 2019 - Proceedings. Moscow. 2019. P. 1-6. DOI 10.1109/IWED.2019.8664283.
11. Грачев В.В., Грищенко А.В., Базилевский Ф.Ю. О достоверности прямых способов оперативного контроля энергоэффективности тепловозов в эксплуатации // Вестник Института проблем естественных монополий: Техника железных дорог. 2018. №2(42). С. 40-48.
12. Васюков Е.С., Бабков Ю.В., Перминов В.А., Белова Е.Е. Энергоэффективность тяги грузовых поездов тепловозами 2ТЭ25К «Пересвет» // Вестник Института проблем естественных монополий: Техника железных дорог. 2011. №1(13). С. 70-78.
13. Васюков Е.С., Бабков Ю.В., Перминов В.А., Белова Е.Е. Энергоэффективность тяги грузовых поездов тепловозами нового поколения 2ТЭ25А «Витязь» // Вестник Института проблем естественных монополий: Техника железных дорог. 2013. №3(23). С. 34-40.
14. Осипов С.И. Основы тяги поездов: Учебник для студентов техникумов и колледжей железнодорожного транспорта. Москва: УМК МПС России, 2000. 592 с.
15. ГОСТ 34626-2019. Локомотивы и самоходный специальный железнодорожный подвижной состав. Методы определения коэффициента полезного действия и коэффициента полезного использования мощности. Москва: Стандартинформ, 2020. 14 с.
16. Правила тяговых расчетов для поездной работы: утв. распоряжением ОАО «РЖД» приказом № 867р от 12.05.2016 г., 2016. 513 с.
17. Пугачев А.А., Воробьев В.И., Михальченко Г.С., Космодамианский А.С., Самотканов А.В. Энергетические показатели качества электропривода вспомогательных систем тягового подвижного состава // Мир транспорта и технологических машин. 2015. №1(48). С. 58-66.
18. Гребенников Н.В. Определение коэффициента полезного действия тяговых электрических машин локомотивов в условиях эксплуатации // Транспортное машиностроение. 2023. №4. С. 31-38.
19. Гребенников Н.В. Оценка энергоэффективности тепловоза 2ТЭ25КМ в условиях Северо-Кавказской железной дороги // Транспорт: наука, образование, производство: труды Международной научно-практической конференции. Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения. 2022. С. 46-49.
20. Гребенников Н.В. Анализ энергетической эффективности эксплуатации пассажирского тепловоза ТЭП70БС // Вестник транспорта Поволжья. 2022. №5(95). С. 17-22.
21. Игин В.Н. Формирование технических требований к интеллектуальной системе локомотива // Мир транспорта и технологических машин. 2022. №4-2(79). С. 95-100. DOI 10.33979/2073-7432-2022-2(79)-4-95-100.

**Гребенников Николай Вячеславович**

Ростовский государственный университет путей сообщения

Адрес: 344038, Россия, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2 К.т.н., доцент кафедры «Тяговый подвижной состав»

E-mail: grebennikovnv@mail.ru

---

N.V. GREBENNIKOV

## ENERGY EFFICIENCY ESTIMATION OF LOCOMOTIVES IN OPERATION

***Abstract.** The article discusses the methodology for assessing the energy efficiency of locomotives under operating conditions according to data recorded by on-board microprocessor control systems of modern locomotives. It is based on the energy approach, which allows to estimate the losses in each element of energy conversion on the locomotive. The coefficient of efficiency of equipment operation and the energy resource overrun coefficient are proposed, which make it possible to assess the energy efficiency of the operation of traction equipment and the locomotive as a whole under operating conditions, as well as the resulting cost overrun of energy resources due to the predominance of operating modes other than nominal. The energy efficiency of the traction equipment of diesel locomotives 2TE25KM and TEP70BS was assessed.*

## BIBLIOGRAPHY

1. Energeticheskaya strategiya kholdinga «RZHD» na period do 2015 goda i na period do 2030 goda. Moskva: OAO «RZHD». 2011. 97 s.
2. Strategiya nauchno-tehnologicheskogo razvitiya kholdinga «RZHD» na period do 2025 goda i na perspektivu do 2030 goda (Belaya kniga). Moskva: OAO «RZHD». 2015. 128 s.
3. Dogadin I.B., Kashin P.V. Otsenka energeticheskoy effektivnosti elektrovozov peremennogo toka s asinkhronnym i kollektornym tyagovymi privodami // Lokomotiv. 2022. №10(790). S. 7-8.
4. Zarif'yan A.A., Shrayber M.A. Sokrashchenie raskhoda elektroenergii gruzovymi magistral'nymi elektrovozami 2(3)ES5S pri rabote v energoeffektivnom rezhime po itogam ekspluatatsionnykh ispytaniy // Byulleten' rezul'tatov nauchnykh issledovaniy. 2022. №4. S. 7-23. DOI 10.20295/2223-9987-2022-4-7-23.
5. Kobzev S.A. Puti povysheniya energoeffektivnosti tyagovogo podvizhnogo sostava // Zheleznodorozhnyy transport. 2004. №8. S. 41-44.
6. Andronchev I.K., Asabin V.V., Kossov E.E. i dr. Energeticheskaya effektivnost' raboty lokomotiva // Elektrotehnika. 2020. №3. S. 29-32.
7. Kostikov A.N., Simbaev E.Yu. Otsenka energeticheskoy effektivnosti lokomotivov metodom sravneniya // Lokomotiv. 2021. №1(769). S. 40-41.
8. Ablyalimov O.S. K otsenke effektivnosti ispol'zovaniya lokomotivnoy tyagi na kholmisto-gornom uchastke uzbekskoy zheleznoy dorogi // Innovatsionnye tekhnologii na zheleznodorozhnom transporte: Sbornik trudov nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. Moskva: FGAOU VO «Rossiyskiy universitet transporta». 2022. S. 7-14.
9. Ryabko E.V., Ryabko K.A. Effektivnost' modernizatsii manevrovyykh teplovozov i puti eio opredeleniya // Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2020. №5(90). S. 23-31. DOI 10.30987/1999-8775-2020-5-23-31.
10. Zarifyan A., Grebennikov N., Talakhadze T. et al. Increasing the Energy Efficiency of Rail Vehicles Equipped with a Multi-Motor Electrical Traction Drive // Improvement in Efficiency of Electric Drives: 26th International Workshop on Electric Drives. IWED 2019 - Proceedings. Moscow. 2019. P. 1-6. DOI 10.1109/IWED.2019.8664283.
11. Grachev V.V., Grishchenko A.V., Bazilevskiy F.Yu. O dostovernosti pryamykh sposobov operativnogo kontrolya energoeffektivnosti teplovozov v ekspluatatsii // Vestnik Instituta problem estestvennykh monopoliy: Tekhnika zheleznykh dorog. 2018. №2(42). S. 40-48.
12. Vasyukov E.S., Babkov YU.V., Perminov V.A., Belova E.E. Energoeffektivnost' tyagi gruzovykh poezdov teplovozami 2TE25K «Peresvet» // Vestnik Instituta problem estestvennykh monopoliy: Tekhnika zheleznykh dorog. 2011. №1(13). S. 70-78.
13. Vasyukov E.S., Babkov Yu.V., Perminov V.A., Belova E.E. Energoeffektivnost' tyagi gruzovykh poezdov teplovozami novogo pokoleniya 2TE25A «Vityaz'» // Vestnik Instituta problem estestvennykh monopoliy: Tekhnika zheleznykh dorog. 2013. №3(23). S. 34-40.
14. Osipov S.I. Osnovy tyagi poezdov: Uchebnik dlya studentov tekhnikumov i kolledzhey zheleznodorozhnogo transporta. Moskva: UMK MPS Rossii, 2000. 592 s.
15. GOST 34626-2019. Lokomotivy i samokhodnyy spetsial'nyy zheleznodorozhnyy podvizhnoy sostav. Metody opredeleniya koeffitsienta poleznogo deystviya i koeffitsienta poleznogo ispol'zovaniya moshchnosti. Moskva: Standartinform, 2020. 14 c.
16. Pravila tyagovykh raschetov dlya poezdnoy raboty: utv. rasporyazheniem OAO «RZHD» prikazom № 867r ot 12.05.2016 g., 2016. 513 s.
17. Pugachev A.A., Vorob'ev V.I., Mikhal'chenko G.S., Kosmodamianskiy A.S., Samotkanov A.V. Energeticheskie pokazateli kachestva elektroprivoda vspomogatel'nykh sistem tyagovogo podvizhnogo sostava // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2015. №1(48). S. 58-66.
18. Grebennikov N.V. Opredelenie koeffitsienta poleznogo deystviya tyagovykh elektricheskikh mashin lokomotivov v usloviyakh ekspluatatsii // Transportnoe mashinostroenie. 2023. №4. S. 31-38.
19. Grebennikov N.V. Otsenka energoeffektivnosti teplovoza 2TE25KM v usloviyakh Severo-Kavkazskoy zheleznoy dorogi // Transport: nauka, obrazovanie, proizvodstvo: trudy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Rostov-na-Donu: Rostovskiy gosudarstvennyy universitet putey soobshcheniya. 2022. S. 46-49.
20. Grebennikov N.V. Analiz energeticheskoy effektivnosti ekspluatatsii passazhirskogo teplovoza TEP70BS // Vestnik transporta Povolzh'ya. 2022. №5(95). S. 17-22.
21. Igin V.N. Formirovanie tekhnicheskikh trebovaniy k intellektual'noy sisteme lokomotiva // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2022. №4-2(79). S. 95-100. DOI 10.33979/2073-7432-2022-2(79)-4-95-100.

### **Grebennikov Nikolay Vyachaslavovich**

Rostov State Transport University

Address: 344038, Russia, Rostov-on-Don, Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolcheniya Sq., 2

Candidate of technical sciences

E-mail: grebennikovnv@mail.ru

Научная статья

УДК 629.4.027.5: 656.2

doi: 10.33979/2073-7432-2024-1-2(84)-126-131

В.О. КОРЧАГИН, А.С. КОСМОДАМИАНСКИЙ, В.И. ВОРОБЬЁВ

## СТАБИЛИЗАЦИЯ ТЯГОВЫХ КАЧЕСТВ ТЕПЛОВЗОВ МАГНИТНЫМИ УСИЛИТЕЛЯМИ СЦЕПЛЕНИЯ КОЛЁС С РЕЛЬСАМИ

*Аннотация.* В данной статье определены режимы функционирования магнитных усилителей для увеличения сцепления колёс маневровых тепловозов с рельсами при низких скоростях. Были определены потребляемые мощности и увеличение силы тяги, а также произведены соответствующие расчеты и построены графические зависимости.

*Ключевые слова:* тяговые качества, тепловоз, колесо – рельс, магнитные усилители сцепления

### **Введение**

Основная функция железной дороги как транспорта заключается в передвижении, в результате чего качение колеса по рельсу является необходимым процессом. Почти все структуры железной дороги работают на реализацию транспортной функции, а значит в той или иной степени работают на колесо. Важно, чтобы колеса тепловозов надежно сцеплялись с рельсами, это является ключевым фактором успешной работы железнодорожного транспорта. Условия сцепления колёс с рельсами сильно меняются в зависимости от увлаженности, загрязненности, наличия листьев, а также в зависимости от наличия смазки и влаги. Если сцепление сорвется, то в режиме «тяги» колеса могут начать пробуксовывать. Чтобы избежать этих проблем, необходимо стабилизировать сцепление колёс с рельсами.

Для улучшения тяговых качеств железнодорожного подвижного состава применяются различные методы, такие как: добавление третьего тела в зону контакта, использование материалов для колёс с высоким коэффициентом трения, регулирование силы тяги и догружение колёсных пар. Известно, что физические поля способны воздействовать на триботехнические свойства триботехнического узла трения [1]. Существуют способы, основанные на воздействии физических полей, такие как: химические, тепловые, электрические, магнитные, плазменные, электроискровые, но не все из них стабильны и применимы на железнодорожном транспорте. Однако, магнитные способы имеют преимущества в виде возможности бесконтактного воздействия на триботехнический узел трения, простоты оборудования и высокой скорости намагничивания.

### **Материал и методы**

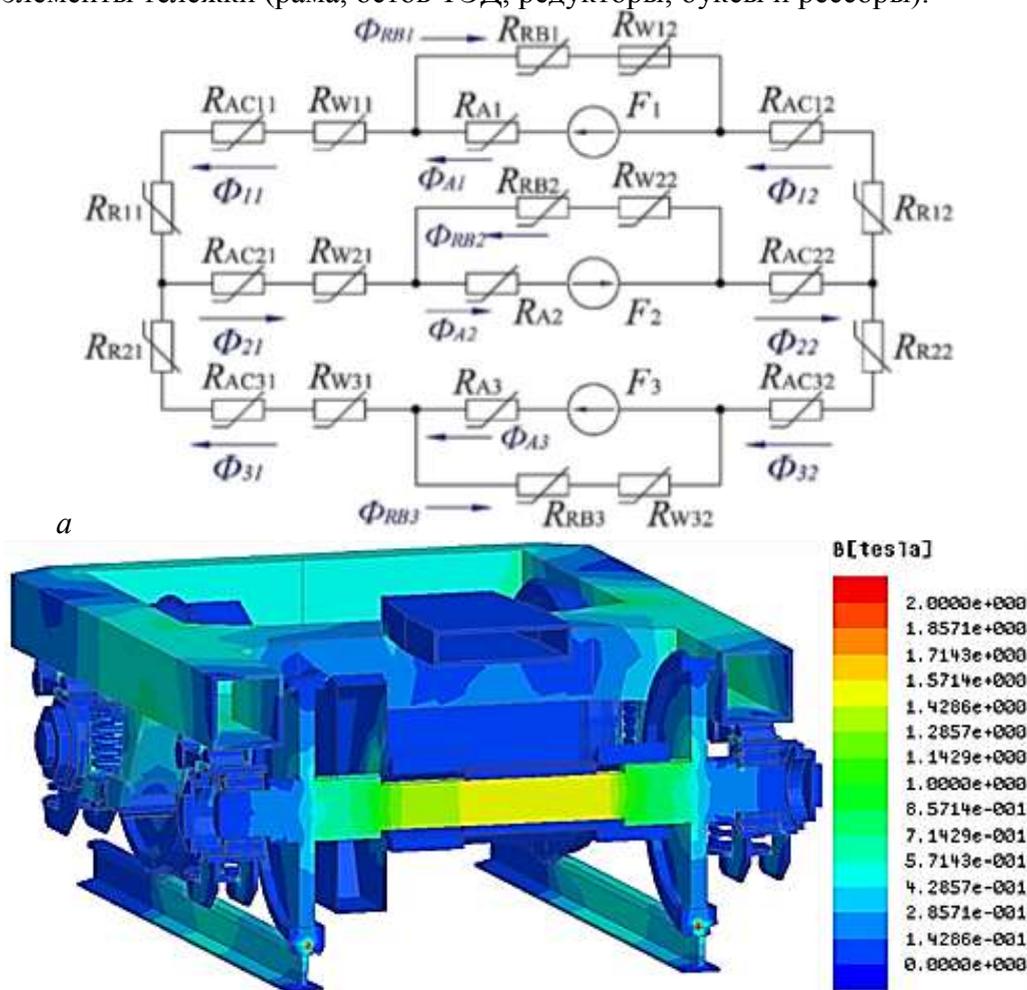
В исследовании [2] были предложены способы повышения энергетической эффективности тягового привода тепловоза путем сокращения потерь энергии трибосистемы колесо – рельс. Исследовалось влияние электрического тока и магнитного поля на контактную зону. Далее, в работе [3], было выявлено, что расположение индуктора на оси колёсной пары является наиболее энергетически выгодным для намагничивания зоны контакта. Это особенно актуально для автономных локомотивов с ограниченной мощностью бортовой энергетической установки.

При использовании опорно-осевого подвешивания для тягового электродвигателя (ТЭД), индуктор размещается между моторно-осевыми подшипниками, находясь в отдалении от зоны контакта колеса с рельсом. Если в данном случае применяются подшипники скольжения, то остов ТЭД изолируется от оси колесной пары с точки зрения магнитного взаимодействия, что позволяет отнести магнитное сопротивление ТЭД к сопротивлению элементов рамы тележки. Если же применяются подшипники качения, то требуется использование парамагнитной прокладки на оси колесной пары, чтобы исключить протекание магнитных полей через остов ТЭД.

Моделирование магнитных в элементах трёхосной тележки тепловоза проводилось методом конечных элементов в программном комплексе Ansys Maxwell.

**Теория / Расчёт**

Области контакта колес с рельсами находятся параллельно источникам намагничивающей силы и шунтируются буксовыми узлами и рамой тележки, рисунок 1. Источники намагничивающей силы  $F$  создают магнитные поля  $\Phi$ , которые протекают через магнитные сопротивления:  $R_{AC}$  – контакт колеса с рельсом;  $R_R$  – рельсы;  $R_W$  – колёса;  $R_A$  – оси колёсных пар;  $R_{RB}$  – элементы тележки (рама, остов ТЭД, редукторы, буксы и рессоры).



**Рисунок 1 –** Магнитная цепь трёхосной тележки тепловоза (а), распределение магнитного поля в элементах трёхосной тележке тепловоза (б)

Также, магнитные усилители коэффициента сцепления (МУКС) колёс с рельсами могут применяться на двухосных тележках подвижного состава, где намагничивание происходит двумя индукторами [4-11]. Источник намагничивающей силы дистанцирован от зоны трения, при этом магнитное поле пронизывает пятно контакта колеса с рельсом, оказывая энергетическое воздействие. Поскольку пятна контакта колеса с рельсом и индукторы расположены в замкнутых ферромагнитных контурах без воздушных зазоров, создаются условия для намагничивания области контакта крайних колёсных пар до индукции величиной 1 Тл, а средней колёсной пары до – 1.5 Тл [12-18].

При старте и разгоне тепловоза ограничения сцепления приводят к неиспользованию всей доступной мощности тягового привода  $\Delta P$ . Если часть этой мощности направить на намагничивание колёсных пар, которые склонны к пробуксовке, то увеличение сцепления поможет предотвратить пробуксовку, улучшить тяговые свойства и повысить эффективность использования энергии [19, 20]. Маневровые тепловозы часто работают при скоростях ограниченного сцепления, при этом не используют всю мощность своей энергетической установки. Графики на рисунке 2 показывают, как меняется неиспользованная мощность при работе тепловоза с максимальной силой тяги в условиях ограниченного сцепления  $\Delta P(v, \psi)$ . Часть неиспользованной мощности используется для намагничивания колёсных пар  $N_m$  и увеличения силы тяги на  $\Delta F$ .

$$\Delta P(v, \psi) = N_M + \Delta F \cdot v \tag{1}$$

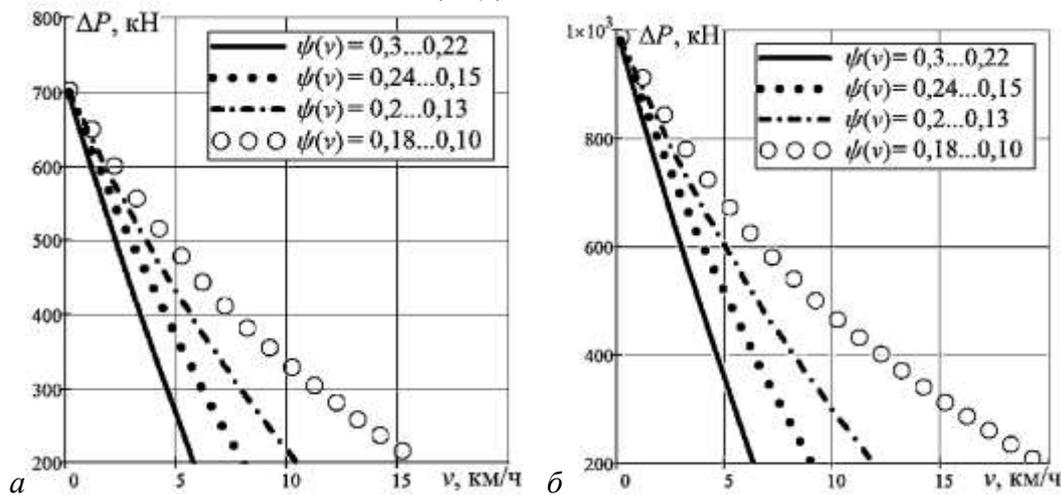


Рисунок 2 – Недоиспользованная тяговая мощность тепловоза при реализации наибольшей силы тяги по условиям сцепления колеса с рельсом (все индукторы отключены, значения коэффициента сцепления при трогании: 0,18; 0,2; 0,24; 0,3): а - ЧМЭ3; б - ТЭМ7

### Результаты и обсуждение

Для трехосной тележки тепловоза существуют три режима работы МУКС.

1. В первом режиме работают все шесть индукторов.
2. Во втором – по два на каждой тележке.
3. В третьем – по два на каждой тележке, но с кратковременным значительным током.

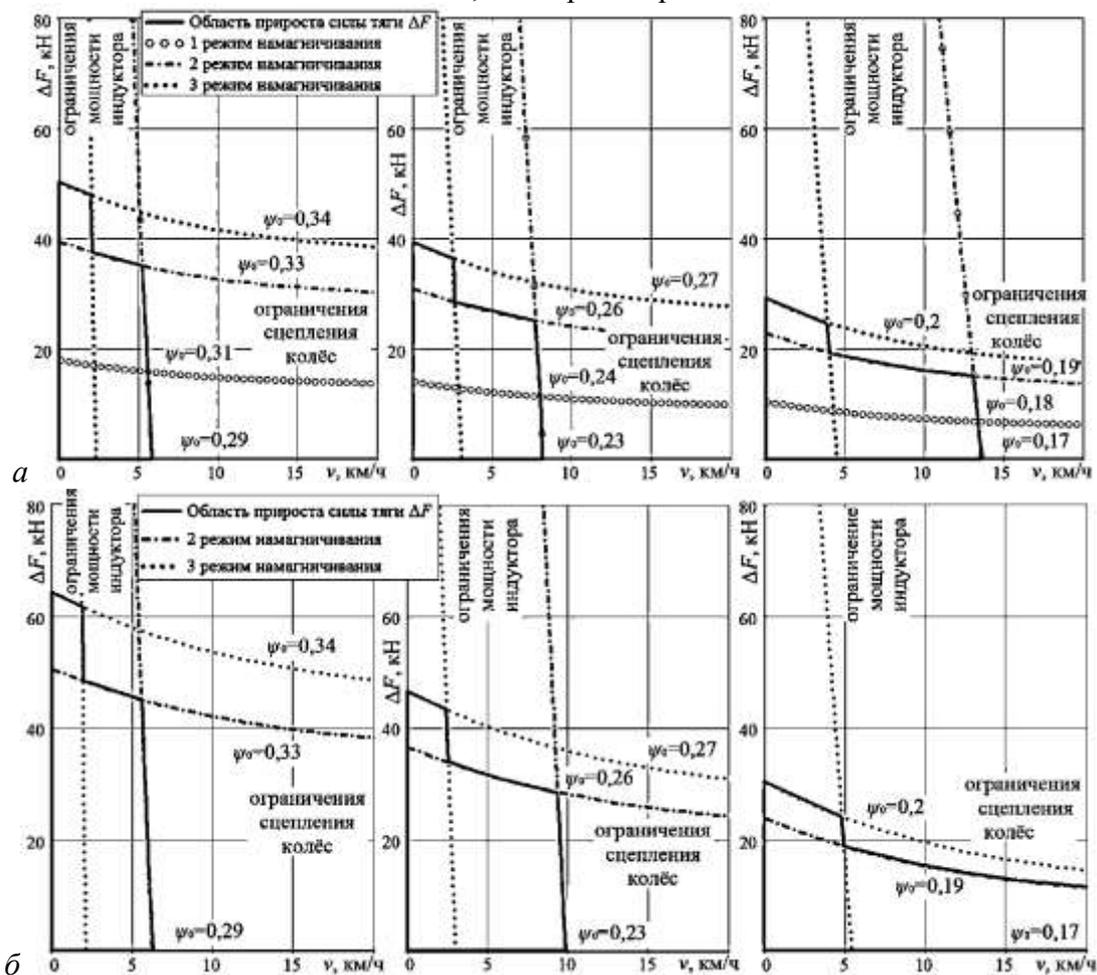


Рисунок 3 – Области прироста тяговых сил тепловоза по условиям ограничения сцепления колеса с рельсом и мощности индуктора (значения коэффициента сцепления при трогании с выключенными индукторами: 0,29; 0,23; 0,17): а - ЧМЭ3; б - ТЭМ7

Использование трех индукторов для намагничивания всех колесных пар каждой тележки с мощностью 93 кВт позволяет увеличить сцепление средней колесной пары на 20-22%, а крайних колесных пар на 5-7 %. Если отключить один индуктор и использовать два для намагничивания двух смежных колесных пар, то можно сократить магнитную цепь и использовать высвобожденную мощность для повышения сцепления крайней колесной пары на 11 %. Общие энергетические затраты для намагничивания двух тележек могут составлять от 186 до 500 кВт. Для двухосной тележки тепловоза применяют 2-й или 3-й режим работы МУКС.

Тепловоз имеет переменную недоиспользованную тяговую мощность, которая уменьшается при увеличении скорости и коэффициента сцепления, рисунок 2. Режим работы индукторов с кратковременным протеканием токов в 2-2,5 раза больше номинального позволяет использовать максимальный резерв мощности при трогании с места ( $\Delta P_{\max}^{\text{ЧМЭЗ}} = 700$  кВт,  $\Delta P_{\max}^{\text{ТЭМ7}} = 1000$  кВт). Суммарная мощность двух индукторов одной тележки составляет 250 кВт, что позволяет намагнитить зоны контактов четырех колёс до индукции 1,33 Тл и повысить сцепление двух смежных колёсных пар на 14%, при этом не нужно увеличивать число витков катушки. Прирост силы тяги тепловоза зависит от коэффициента сцепления без намагничивания, и максимальный при трогании с места, рисунок 3. Для тепловоза ЧМЭЗ при повышении коэффициента сцепления с  $\psi_0 = 0,29$  до  $\psi_0 = 0,34$  после разгона до 2 км/ч недоиспользуемая мощность определяется из выражения.

$$\Delta P = (250 + 250)\text{кВт} + 48\text{кН}\cdot 2\text{км/ч} = 530\text{кВт}. \quad (2)$$

### **Выводы**

При скорости движения тепловоза ЧМЭЗ в 2 км/ч и мощности  $\Delta P = 530$  кВт возникает необходимость перейти второй на менее энергоёмкий режим работы индукторов, рисунок 3 а. Для этого осуществляется оперативное регулирование сцепления колёс тепловоза с рельсами. Коэффициент сцепления при трогании с места составляет 0,33, после разгона тепловоза происходит выключение индукторов. Ограничение по мощности и сниженный коэффициент сцепления при выключенных индукторах влияют на размеры области прироста силы тяги и расширяют интервал скоростей работы МУКС за пределы расчётной скорости тепловоза, рисунок 3 б. Это подтверждает эффективность использования МУКС на участках с постоянно сниженным коэффициентом сцепления. Управление сцеплением в трибосистеме колесо-рельс является важным аспектом для повышения производительности и надёжности тепловозов, стабилизации тяговых сил, предотвращения режимов буксования и сокращения потерь энергии в тяговом приводе.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Воробьев Д.В., Тихомиров В.П., Багров Г.В., Мицкович В.С. Управление процессом сцепления колеса с рельсом путем воздействия на контакт электрического тока и магнитного поля // Вестник БГТУ. 2006. №1(9). С. 10-14.
2. Воробьев В.И., Измеров О.В., Борзенков М.И., Дващенко В.С., Корчагин В.О. Особенности синтеза механической части энергосберегающего тягового привода тепловоза // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2015. №1. С. 73-81.
3. Космодамианский А.С., Воробьев В.И., Корчагин В.О. Увеличение сцепления колёс тепловоза с рельсами воздействием постоянных магнитных полей на зону контакта // Наука и техника транспорта. 2017. №2. С. 8-15.
4. Космодамианский А.С., Корчагин В.О., Воробьев В.И. Магнитное усиление сцепления колес локомотива с рельсами при осевом намагничивании // Локомотив. 2022. №1(781). С. 29-31.
5. Космодамианский А.С., Корчагин В.О., Воробьев В.И. Основы трибосистемы "колесо-рельс" локомотивов нового поколения // Локомотив. 2022. №6(786). С. 28-31.
6. Устройство для увеличения сцепления ведущих колёс тепловоза с рельсами: пат. 163519 Рос. Федерация № 2015125762/11 / Воробьев В.И., Новиков В.Г., Измеров О.В., Корчагин В.О., Дващенко В.С., Моспанова Н.Ю.; заявл. 29.06.2015; опубл. 20.07.2016, Бюл. № 20.
7. Устройство для предотвращения буксования тепловоза: пат. 167614 Рос. Федерация № 2016117353 / Воробьев В.И., Антипин Д.Я., Пугачев А.А., Измеров О.В., Бондаренко Д.А., Корчагин В.О., Шорохов С.Г., Маслов М.А., Редя Н.А.; заявл. 04.05.2016; опубл. 10.01.2017, Бюл. № 1.
8. Устройство для предотвращения буксования локомотива: пат. 172435 Рос. Федерация № 2016117355 / Антипин Д.Я., Воробьев В.И., Измеров О.В., Маслов М.А., Корчагин В.О., Бондаренко Д.А., Шорохов С.Г., Чечулин Е.С., Кобищанов В.В.; заявл. 04.05.2016; опубл. 07.07.2017, Бюл. № 1.
9. Устройство для увеличения сцепления ведущих колес локомотива с рельсами: пат. 213276 Рос. Федерация № 2022116271 / Космодамианский А.С., Воробьев В.И., Измеров О.В., Корчагин В.О., Пугачев А.А., Капустин М.Ю., Самотканов А.В., Шевченко Д.Н., Николаев Е.В., Карпов А.Е.; заявл. 16.06.2022; опубл. 05.09.2022, Бюл. № 25.

10. Устройство для увеличения сцепления ведущих колес локомотива с рельсами: пат. 213366 Рос. Федерация № 2022116270 / Воробьев В.И., Измеров О.В., Космодамианский А.С., Корчагин В.О., Пугачев А.А., Капустин М.Ю., Самотканов А.В., Шевченко Д.Н., Николаев Е.В., Карпов А.Е.; заявл. 16.06.2022; опубл. 07.09.2022, Бюл. № 25.

11. Устройство для увеличения сцепления ведущих колес локомотива с рельсами: пат. 214497 Рос. Федерация № 2022119827 / Воробьев В.И., Злобин С.Н., Измеров О.В., Корчагин В.О., Космодамианский А.С., Николаев Е.В.; заявл. 19.07.2022; опубл. 01.11.2022, Бюл. № 31.

12. Корчагин В.О. Особенности распределения магнитного поля в зоне контакта колеса с рельсом / под ред. В.И. Воробьева, В.В. Рогалева // Повышение эффективности транспортных машин: сб. науч. тр. Брянск: БГТУ. 2017. С. 155-160.

13. Kosmodamianskiy A.S., Korchagin V.O., Vorobiev V.I. Contact spot for conformal interface of the railroad locomotive wheel with the rail // International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM) Electronic resource. 2017. DOI: 10.1109/ICIEAM.2017.8076434.

14. Antipin D.Ya., Korchagin V.O., Maslov M.A. Determination of Magnetization Efficiency of Wheel-Rail Contact Zone // Proceedings of the 5th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2019). 2020. P. 669-675. DOI: 10.1007/978-3-030-22041-9.

15. Воробьев В.И., Корчагин В.О. Исследование взаимодействия колеса и рельса аппроксимацией профиля рядами Фурье // Мир транспорта и технологических машин. Орёл: ОГУ имени И.С. Тургенева. 2017. №3(58). С. 14-19.

16. Корчагин В.О., Маслов М.А. Моделирование поперечного положения колесной пары в рельсовой колее / под ред. В.И. Воробьева, В.В. Рогалева // Повышение эффективности транспортных машин: сб. науч. тр. Брянск: БГТУ. 2017. С. 79-86.

17. Программа моделирования поперечного положения колёсной пары в колее: свид. 2016617934 Рос. Федерация № 2016615131 / Корчагин В.О.; заявл. 20.05.2016; опубл. 20.08.2016.

18. Корчагин В.О., Космодамианский А.С., Воробьев В.И. Информационная модель трибосистемы колесо-рельс / под общ. ред. А.С. Космодамианского // Повышение эффективности использования подвижного состава железных дорог: сб. междунар. науч. тр. каф. «ТПС». Москва: Минтранс РФ, РУТ (МИИТ): РОАТ, 2022. С. 114-120.

19. Корчагин В.О., Маслов М.А. Стабилизация тяговых качеств локомотивов посредством магнитных усилителей сцепления колес с рельсами / под ред. В.И. Воробьева, В.В. Рогалева // Повышение эффективности транспортных машин: сб. науч. тр. Брянск: БГТУ. 2017. С. 149-154.

20. Корчагин В.О. Улучшение тяговых качеств тепловозов воздействием постоянного магнитного поля на контакт трибосистемы колесо-рельс: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07 / Корчагин Вадим Олегович. М., 2017. 175 с.

**Корчагин Вадим Олегович**

Российский университет транспорта  
Адрес: 125993, Россия, Москва, Часовая ул., д. 22/2  
К.т.н., доцент кафедры «Тяговый подвижной состав»  
E-mail: otvet111333@gmail.com

**Космодамианский Андрей Сергеевич**

Российский университет транспорта  
Адрес: 125993, Россия, Москва, Часовая ул., д. 22/2  
Д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Тяговый подвижной состав»  
E-mail: askosm@mail.ru

**Воробьев Владимир Иванович**

Брянский государственный технический университет  
Адрес: 241035, Россия, Брянская область, г. Брянск, б-р 50 лет Октября, д. 7  
К.т.н., доцент, доцент кафедры «Подвижной состав железных дорог»  
E-mail: vladimvorob@yandex.ru

---

V.O. KORCHAGIN, A.S. KOSMODAMIANSKIY, V.I. VOROBIEV

**STABILIZATION OF TRACTION QUALITIES OF LOCOMOTIVES BY  
MAGNETIC WHEEL-RAIL COUPLING AMPLIFIERS**

*Abstract.* This article defines the modes of operation of magnetic amplifiers to increase the coupling of wheels of shunting locomotives with rails at low speeds. The power consumption and the increase in the thrust force were determined, as well as the corresponding calculations were made and graphical dependencies were constructed.

**Keywords:** traction qualities, diesel locomotive, wheel – rail, magnetic clutch amplifiers

**BIBLIOGRAPHY**

1. Vorob`iov D.V., Tikhomirov V.P., Bagrov G.V., Mitskovich V.S. Upravlenie protsessom stsepleniya kolosa s rel'som putem vozdeystviya na kontakt elektricheskogo toka i magnitnogo polya // Vestnik BGTU. 2006. №1(9). S. 10-14.
2. Vorob`ev V.I., Izmerov O.V., Borzenkov M.I., Advashchenko V.S. , Korchagin V.O. Osobennosti sinteza

mekhanicheskoy chasti energosberegayushchego tyagovogo privoda teplovoza // Fundamentalnye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii. 2015. №1. S. 73-81.

3. Kosmodamianskiy A.S., Vorob'iov V.I., Korchagin V.O. Uvelichenie stsepleniya kolios teplovoza s rel'sami vozdeystviem postoyannykh magnitnykh polya na zonu kontakta // Nauka i tekhnika transporta. 2017. №2. S. 8-15.

4. Kosmodamianskiy A.S., Korchagin V.O., Vorob'ev V.I. Magnitnoe usilenie stsepleniya koles lokomotiva s rel'sami pri osevom namagnichivaniy // Lokomotiv. 2022. №1(781). S. 29-31.

5. Kosmodamianskiy A.S., Korchagin V.O., Vorob'ev V.I. Osnovy tribosistemy «koleso-rel's» lokomotivov novogo pokoleniya // Lokomotiv. 2022. №6(786). S. 28-31.

6. Ustroystvo dlya uvelicheniya stsepleniya vedushchikh kolios teplovoza s rel'sami: pat. 163519 Ros. Federatsiya № 2015125762/11 / Vorob'ev V.I., Novikov V.G., Izmerov O.V., Korchagin V.O., Avdashchenko V.S., Mospanova N.Yu.; zayavl. 29.06.2015; opubl. 20.07.2016, Byul. № 20.

7. Ustroystvo dlya predotvrashcheniya buksovaniya teplovoza: pat. 167614 Ros. Federatsiya № 2016117353 / Vorob'ev V.I., Antipin D.Ya., Pugachev A.A., Izmerov O.V., Bondarenko D.A., Korchagin V.O., Shorokhov S.G., Maslov M.A., Redya N.A.; zayavl. 04.05.2016; opubl. 10.01.2017, Byul. № 1.

8. Ustroystvo dlya predotvrashcheniya buksovaniya lokomotiva: pat. 172435 Ros. Federatsiya № 2016117355 / Antipin D.Ya., Vorob'ev V.I., Izmerov O.V., Maslov M.A., Korchagin V.O., Bondarenko D.A., Shorokhov S.G., Chechulin E.S., Kobishchanov V.V.; zayavl. 04.05.2016; opubl. 07.07.2017, Byul. № 1.

9. Ustroystvo dlya uvelicheniya stsepleniya vedushchikh koles lokomotiva s rel'sami: pat. 213276 Ros. Federatsiya № 2022116271 / Kosmodamianskiy A.S., Vorob'ev V.I., Izmerov O.V., Korchagin V.O., Pugachev A.A., Kapustin M.Yu., Samotkanov A.V., Shevchenko D.N., Nikolaev E.V., Karpov A.E.; zayavl. 16.06.2022; opubl. 05.09.2022, Byul. № 25.

10. Ustroystvo dlya uvelicheniya stsepleniya vedushchikh koles lokomotiva s rel'sami: pat. 213366 Ros. Federatsiya № 2022116270 / Vorob'ev V.I., Izmerov O.V., Kosmodamianskiy A.S., Korchagin V.O., Pugachev A.A., Kapustin M.Yu., Samotkanov A.V., Shevchenko D.N., Nikolaev E.V., Karpov A.E.; zayavl. 16.06.2022; opubl. 07.09.2022, Byul. № 25.

11. Ustroystvo dlya uvelicheniya stsepleniya vedushchikh koles lokomotiva s rel'sami: pat. 214497 Ros. Federatsiya № 2022119827 / Vorob'ev V.I., Zlobin S.N., Izmerov O.V., Korchagin V.O., Kosmodamianskiy A.S., Nikolaev E.V.; zayavl. 19.07.2022; opubl. 01.11.2022, Byul. № 31.

12. Korchagin V.O. Osobennosti raspredeleniya magnitnogo polya v zone kontakta kolesa s rel'som / pod red. V.I. Vorob'eva, V.V. Rogaleva // Povyshenie effektivnosti transportnykh mashin: sb. nauch. tr. Bryansk: BGTU. 2017. C. 155-160.

13. Kosmodamianskiy A.S., Korchagin V.O., Vorob'iev V.I. Contact spot for conformal interface of the railroad locomotive wheel with the rail // International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM) Electronic resource. 2017. DOI: 10.1109/ICIEAM.2017.8076434.

14. Antipin D.Ya., Korchagin V.O., Maslov M.A. Determination of Magnetization Efficiency of Wheel-Rail Contact Zone // Proceedings of the 5th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2019). 2020. P. 669-675. DOI: 10.1007/978-3-030-22041-9.

15. Vorob'iov V.I., Korchagin V.O. Issledovanie vzaimodeystviya kolesa i rel'sa approksimatsiy profilya ryadami Fur'e // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. Oriol: OGU imeni I.S. Turgeneva. 2017. №3(58). S. 14-19.

16. Korchagin V.O., Maslov M.A. Modelirovanie poperechnogo polozheniya kolesnoy pary v rel'sovoy kolee / pod red. V.I. Vorob'eva, V.V. Rogaleva // Povyshenie effektivnosti transportnykh mashin: sb. nauch. tr. Bryansk: BGTU. 2017. C. 79-86.

17. Programma modelirovaniya poperechnogo polozheniya koliosnoy pary v kolee: svid. 2016617934 Ros. Federatsiya № 2016615131 / Korchagin V.O.; zayavl. 20.05.2016; opubl. 20.08.2016.

18. Korchagin V.O., Kosmodamianskiy A.S., Vorob'ev V.I. Informatsionnaya model tribosistemy koleso-rel's / pod obshch. red. A.S. Kosmodamianskogo // Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya podvizhnogo sostava zheleznykh dorog: sb. mezhdunar. nauch. tr. kaf. «TPS». Moskva: Mintrans RF, RUT (MIIT): ROAT, 2022. C. 114-120.

19. Korchagin V.O., Maslov M.A. Stabilizatsiya tyagovykh kachestv lokomotivov posredstvom magnitnykh usiliteley stsepleniya koles s rel'sami / pod red. V.I. Vorob'eva, V.V. Rogaleva // Povyshenie effektivnosti transportnykh mashin: sb. nauch. tr. Bryansk: BGTU. 2017. C. 149-154.

20. Korchagin V.O. Uluchshenie tyagovykh kachestv teplovozov vozdeystviem postoyannogo magnitnogo polya na kontakt tribosistemy koleso-rel's: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.22.07 / Korchagin Vadim Olegovich. M., 2017. 175 s.

**Korchagin Vadim Olegovich**

Russian University of Transport  
Address: 125993, Russia, Moscow, Chasovaya str., 22/2  
Candidate of technical sciences  
E-mail: otvet111333@gmail.com

**Vorobyov Vladimir Ivanovich**

Bryansk State Technical University  
Address: 241035, Russia, Bryansk, 50 years of October, 7  
Candidate of technical sciences  
E-mail: vladimvorob@yandex.ru

**Kosmodamiansky Andrey Sergeevich**

Russian University of Transport  
Address: 125993, Russia, Moscow, Chasovaya str., 22/2  
Doctor of technical sciences  
E-mail: askosm@mail.ru

Научная статья

УДК 004.89

doi:10.33979/2073-7432-2024-1-2(84)-132-138

А.А. СТЕПАНОВ, А.О. МЕРЕНКОВ, Г.А. ЛАСТОЧКИНА

## **СТАНДАРТ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПАССАЖИРОВ**

***Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы текущего уровня развития и принципов проектирования городских транспортных систем. Авторами определены компоненты формирования интеллектуальных транспортных систем, проанализированы текущие проблемы, изучена теория вопроса, ретроспектива и передовой опыт. В качестве итогов исследования представлен концепт транспортного обслуживания на основе применения цифровых технологий.*

***Ключевые слова:** Интеллектуальные транспортные системы, городской пассажирский транспорт, стандарт обслуживания пассажиров*

### **Введение**

Текущая тенденция развития экономики России ознаменуется переходом к новому технологическому укладу. Традиционно, в качестве основы для смены формации выступает эволюция технологий. При этом уместно говорить о перечне базовых, обеспечивающих инфраструктурных технологиях, которые формируют необходимую основу для научно-технического развития: электрификация, сети связи, транспортные коммуникации и т.д. Особенностью данных технологий является то, что факт их существования становится мощнейшим элементом развития территорий и укрепления единства государства в целом. Соответственно, необходимо формирование общего принципиального подхода к работе в данных сферах у представителей и персонала на различных этапах эксплуатации технологий.

При этом инфраструктурные решения необходимо связывать в единый план действий по развитию страны или конкретной территории. Следует обеспечивать взаимосвязь планов строительства транспортных магистралей, прокладку систем связи, прочих коммуникаций. Координация достигается при помощи внедрения сквозных цифровых технологий, в то время как формирование конкретного запроса контролируется и формируется социально-экономической системой.

Развитие информационно-телекоммуникационных технологий будет играть все большую роль в транспортной сфере – как с точки зрения грузовых перевозок, так и в мобильности населения. Так, в сфере пассажирских перевозок реализация цифровых решений – возможность упростить процесс покупки билетов, ускорить движение транспорта, улучшить безопасность. Однако, «цифра» до сих пор не стала панацеей, а вывозы общественного транспорта стоят по-прежнему остро. На сегодняшний день задача остается прежней – создать компромисс, на практике установить равновесие между интересами отдельных пользователей и эффективной транспортной системы для общества в целом [1]. Подобный запрос приводит к усложнению транспортной системы и повышению технологичности процессов с одной стороны, и дает возможность в рамках массового обслуживания удовлетворить персональные потребности каждого пассажира.

### **Методы и материалы**

Целью данного исследования является изучение перспектив развития цифрового стандарта обслуживания пассажиров. Для реализации цели, авторами решены следующие основные задачи: проанализированы подходы отечественных и зарубежных авторов относительно проектирования пассажирских сервисов, определены потребности современного пассажира, установлены основные компоненты комплексной системы общественного транспор

та, а также разработана концептуальная схема интеллектуального транспортного обслуживания пассажиров, уточнено понятие «интеллектуальности» в отношении обслуживания пассажирских перевозок.

Информационной базой исследования являются материалы Министерства транспорта РФ, отраслевые научные издания, Федеральной государственной службы статистики, исследования отечественных и зарубежных ученых, публикации периодической печати, данные сети Интернет, исследования, проведенные авторами.

### ***Теория***

Отметим, что тематика реализации интеллектуальных транспортных систем, а также управление качеством в сфере пассажирских перевозок находит отражения в трудах отечественных и зарубежных авторов. Отмечается широкий спектр возможностей применения цифровых технологий в транспортной сфере [6]. Базовыми решениями является навигационная система ГЛОНАСС, которая позволяет оптимизировать пассажиропотоки [19, 20]. Также активно внедряются автоматизированные системы управления бизнес-процессами на объектах транспортной инфраструктуры (автостанции, автовокзалы и тд).

Говоря о подходе к оценке качества, Чжан С. предлагает комплексный подход к системе оценке качества услуг, который включает в себя: стандартную оценку в режиме реального времени, исследование удовлетворенности пассажиров, проведение опросов, оценку удовлетворенности услуг, проведение экспертных оценок [7]. При этом методической базой в смысле параметров качества являются: безопасность, доступность, оплата проезда, надежность, информация, комфортность и наполняемость [8, 9].

В процессе научных изысканий в сфере ИТС сложилось понимание относительно выгодоприобретателей цифровой составляющей [5] работы транспорта. К числу основных участников процесса развертывания ИТС относятся органы исполнительной власти, коммунальные службы (обеспечивающие технически исправное состояние улично-дорожной сети), правоохранительные органы, а также население (пассажиры и автовладельцы). При этом теоретические разработки включают в себя категорирование групп пользовательских сервисов (по категориям), а также конкретные сервисы вплоть до уровня конкретного пассажира. Однако, подавляющая часть практических исследований и конкретных опытно-конструкторских разработок идет по пути проектирования технических систем без учета опыта и запросов конкретных пользователей, что формирует серьезный разрыв между возможностями и предложением информационно-технической и социальной системами. Кроме того, заказчиком проектирования подобных систем чаще всего выступают Федеральный органы исполнительной власти (ФИОВы), закладывающие в систему ряд ограниченных задач, в основном касающихся своей деятельности. В такой ситуации встает вопрос целеполагания [10-12]. Какова конечная цель проектирования современных цифровых транспортных систем? Является ли ее задачей только лишь обеспечения общегосударственных задач или она также должна быть спроектирована под нужды конкретного пассажира, который является ее конечным пользователем и финальным заказчиком. В текущей ситуации решение потребностей данной категории пользователей выпадают из процесса проектирования.

### ***Результаты и обсуждение***

Вместе с тем потребности пассажира также трансформируется по мере массового развития современных технологий, формирующих качественно иные поведенческие паттерны [13].

Потребности современного пассажира можно разделить на несколько групп:

#### ***1. Потребность в информации.***

Реализацию данной потребности необходимо рассматривать с двух сторон. С одной стороны, процесс перевозки пассажира является публичным договором, и перевозчик обязан заключить договор любым, кто изъявит желание совершить поездку. При этом на перевозчика возлагается целый ряд преддоговорных обязанностей, которые создают одинаково надлежащие условия обслуживания для всех потенциальных пассажиров. К ним относятся обеспечение равных условий будущего договора перевозки, создание базы для оплаты проезда, формирование системы информационного обеспечения. Данные преддоговорные обязатель-

ства систематизированы и регламентированы законом. Соответственно, перевозчик, будучи обязанным их выполнять, выполняет их, но исключительно в рамках своей деятельности.

С другой стороны, в современном мегаполисе или агломерации пассажир редко пользуется одним видом транспорта. Более того, необходимость заранее построить маршрут, выбрать один из нескольких альтернативных, стало уже не просто потребностью, а обязанностью пассажира. В полном объеме данную потребность позволяют реализовать различные цифровые сервисы. Их применение позволит вывести пользование городским транспортом на принципиально иной уровень. Помимо транспорта в целом ИТС может обеспечить меняющиеся потребности различных групп пользователей. С учетом данных проблем для решения этих меняющихся потребностей следует сделать больше, современные технологии предъявляют жесткие требования к компаниям, заставляют их видоизменять свое предложение, подстраиваться под конъюнктуру рынка [4]. А для перевозчиков и операторов данных применение ИТС предоставит богатый источник анонимных данных для анализа (тенденции движения пассажиров, полученные при входе и выходе из транспортных зон, обслуживаемых с использованием систем автоматизированного учёта продаж проездных билетов), что позволяет усовершенствовать планирование транспортных потоков и улучшить услуги общественного транспорта [14].

### *2. Потребность в перемещении.*

Данная потребность в современном пространстве становится сугубо индивидуальной и персонализированной. Пассажиры с детьми, маломобильные граждане, пенсионеры, обычные пассажиры, велосипедисты - все в рамках одной поездки хотят обеспечить набор именно своих потребностей. А перевозчик обязан при общем уровне обеспечения технологических элементов предоставить разный уровень сервиса разным категориям пассажиров [15,16].

Данную задачу позволяет решить внедрение цифровой составляющей в процесс перевозки. Подобный симбиоз усилий всех участников процесса позволит выстроить эффективную для всех транспортную систему. Это позволит общественному транспорту стать более интегрированным, транспортным средствам - более интеллектуальными, а люди смогут наслаждаться более высоким качеством жизни. Например, в Южной Корее высокие технологии пришли на помощь беременным женщинам. Власти города Пусана выдали им устройства, сигнал с которых улавливает маячок, прикрепленный на поручнях к специально отведенному для беременных месту, загораясь розовым сигналом. Если там кто-то сидит, человек просто встает и отходит в сторону. Как только женщина в положении села, сигнал гаснет [2].

### *3. Потребность в бесшовном технологическом процессе*

Цифровые сервисы позволяют состыковать разные маршруты, разные виды транспорта, показать объекты инфраструктуры и иные городские сервисы. Например, интерактивная карта города показывает не только перемещение транспорта общего пользования, но и показывает адреса перехватывающих парковок, пунктов проката велосипедов и самокатов, дает возможность оплатить поездку.

### *4. Потребность в защите личного пространства, имущества и психологического комфорта.*

Интеллектуальная транспортная система позволит не только построить необходимый маршрут, но и скорректировать его в процессе, например, в случае аварии на дороге. Также она подскажет заполненность транспорта, предложит более свободный.

Современный уровень развития транспортных технологий характеризуется как опережающий по отношению к социально-экономической системе (рис. 1). Повсеместно наблюдаются успешные технологические примеры реализации интеллектуальных транспортных систем (ИТС), в том числе в формате ситуационных центров управления дорожной обстановкой (ЦОДД) в рамках конкретной территории. При этом ЦОДД представляют собой интеграционную платформу управления за дорожным движением, информированием пользователей, техническим состоянием улично-дорожной сети, контроля нарушений, координации общественного транспорта, транспортной безопасности и других сервисов. В этом смысле ИТС является инструментом индивидуализации сервиса, который осуществляет отбор запросов и формирует

индивидуальную конфигурацию транспортного обслуживания. Тем самым обеспечивается интеграция между социально-экономической и технико-технологической системами.

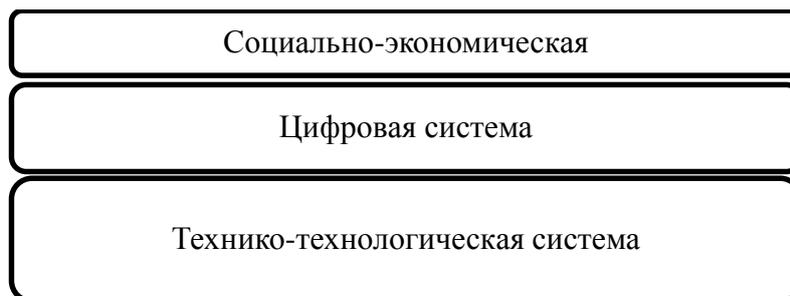


Рисунок 1 – Основные компоненты комплексной системы общественного транспорта  
Составлено авторами на основе исследования

Таким образом, современный стандарт транспортного обслуживания должен представлять не жестко определенный государственный стандарт, а быть гибкой системой, способной адаптироваться под определенные задачи конечного пользователя системы (пассажиры) (рис. 2). При этом компоненты системы в процессе проектирования остаются неизменными: социальная система, технико-технологическая, цифровая компоненты. Меняется лишь порядок постановки вопросы и приоритетность задач, которые ориентированы на по потребности конкретного человека. В целом предлагается взять за основу концепцию расширения спектра конечных заказчиков ИТС (параметр множественности), которым при помощи цифровых решений предоставляется индивидуальная комбинация решений и уникальный пакет услуг. При этом одним из важных направлений функционирования ИТС территории должна стать система сбора обратной связи (в т.ч опросы, система оценок), предпочтений пассажиров, которая не ограничивается лишь матрицей корреспонденций и характеристиками, связанными с пассажиропотоком.

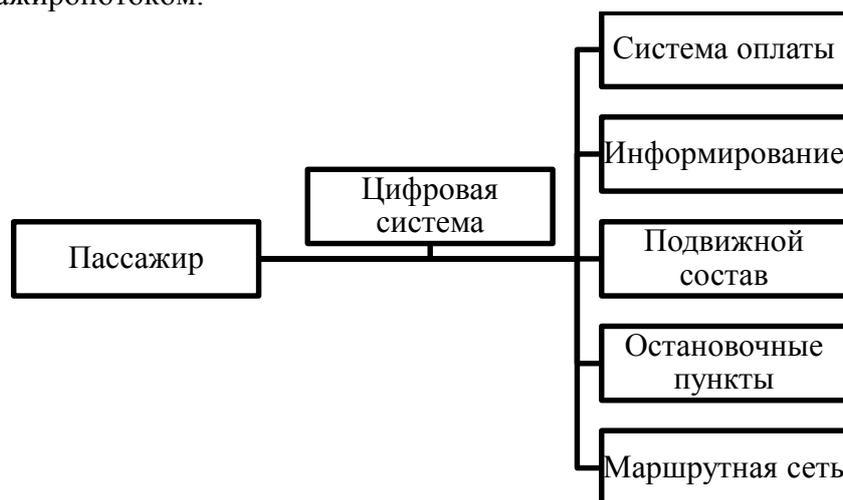


Рисунок 2 – Концептуальная схема интеллектуального транспортного обслуживания пассажиров  
Составлено авторами на основе исследования

Фактически, речь идет о двух контурах транспортного обслуживания. Макроуровень (государственное обслуживание) обеспечиваются длинные циклы планирования, организуется процесс транспортного обеспечения народнохозяйственных задач, включает в себя систему международных транспортных коридоров, проходящих по территории РФ. В рамках данного контура функционируют крупные государственные предприятия, осуществляется национальное развитие транспортной инфраструктуры. Микроуровень (индивидуальное обслуживание) обеспечивается рыночная настройка транспортной системы под нужды конкретного клиента. Во многом, данная задача выполняется частным транспортным бизнесом, индивидуальными перевозчиками, которые дополняют общее транспортное предложение, работа-

ет в нишах, отдельных сегментах рынка. Подобные структуры обладают большей гибкостью, тесно работают с потребителями услуг транспорта, что существенно повышает качество обслуживания, а также ликвидирует «белые пятна» (ситуации, при которых государственное предложение не может быстро адаптироваться под конъюнктуру). Таким образом, в системе обеспечивается баланс.

### **Выводы**

Подводя итог, современный стандарт проектирования систем городского транспорта ставит перед ИТС серьезную сервисную задачу-сокращения разрыва между технической и социальными системами, путем адаптации под всевозрастающие запросы современных пассажиров. При этом, следует отдавать отчет, что пассажиры по определению не обладают единообразными характеристиками, но представляют срез определенной категории пользователей транспортной системы. Каждая из которых имеет свои специфические требования исходя из социальных, экономических и других параметров. Все это необходимо учитывать в процессе организации работы транспорта. В этом смысле, организаторы перевозок должны опираться на мнения конечного потребителя, используя технические инструменты для повышения качества жизни людей.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Горин В.С., Меренков А.О., Медведева Е.В. Современный подход к управлению клиентским сервисом пассажира в городской среде Транспортное дело России. 2019. №2. С. 88-90.
2. Камзин Н. Интервью с Холговой А., президентом Национальной ассоциации экспертов по деловой этике, этикету и протоколу [Электронный ресурс]. URL: <https://www.m24.ru/articles/obshchestvo/19042021/157944>
3. Университетские субботы в ГУУ: цикл лекций: Учебное пособие / отв. Ред. И.З. Коготкова. М.: Департамент образования города Москвы; Государственный университет управления. 143 с.
4. Степанов А.А., Меренков А.О. Клиентоориентированный подход к цифровой экономике: «цифровой» транспорт и логистика // Вестник транспорта. 2017. №10. С. 18-21.
5. Комаров В.В., Гараган С.А. Архитектура и стандартизация телематических и интеллектуальных транспортных систем. Зарубежный опыт и отечественная практика. М.: НТБ «Энергия», 2012. 352 с.
6. Омарова З.К., Минатуллаев Ш.М., Кашманов Р.Я. Повышение эффективности и качества обслуживания пассажиров на основе использования интеллектуальных транспортных систем // Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт. 2016. №5(17). С. 35-39. EDN WYRAAL.
7. Чжан С., Коновалова О.Н. Исследование стандартов качества обслуживания пассажиров на высокоскоростном железнодорожном транспорте Китая // Инновационная экономика и общество. 2021. №2(32). С. 58-66. EDN VKAZXD.
8. Сагинова О.В., Спиринов И.В., Завьялова Н.Б., Сидорчук Р.Р. Методологические аспекты управления качеством транспортного обслуживания // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2016. Т. 7. №2(26). С. 28-37. DOI 10.18184/2079-4665.2016.7.2.28.37. EDN WEBCJV.
9. Фридлянд А.А., Светлакова О.Ю. Исторический анализ развития пассажирского терминала аэропорта // Наука. Техника. Человек: исторические, мировоззренческие и методологические проблемы. 2022. Т. 1. №12. С. 96-102. EDN XNMLDU.
10. Гавриков В.А., Пеньшин Н.В., Анохин С.А. Социально-экономические проблемы организации работы городского общественного транспорта // Глобальный научный потенциал. 2019. №3(96). С. 125-129. EDN YPVOVQ.
11. Терентьев А.С., Рембалович Г.К., Шемякин А.В. и др. Метод экономической оценки качества обслуживания населения пассажирским транспортом // Транспортное дело России. 2019. №5. С. 111-113. EDN HZXLFH.
12. Чумаченко И.В., Давидич Ю.А., Галкин А.С., Давидич Н.В. Оценка качества перевозки пассажиров городским транспортом при различном количестве транспортных средств, работающих на маршруте // Наука и техника. 2017. Т. 16. №5. С. 415-421. DOI 10.21122/2227-1031-2017-16-5-415-421. EDN XQGIDB.
13. Транспорт и логистика устойчивого развития территорий, бизнеса, государства (драйверы роста, тренды и барьеры): Материалы II Международной научно-практической конференции. Москва: Государственный университет управления. 2023. 441 с. ISBN 978-5-215-03692-1. EDN FTLDCF.
14. Меренков А.О. Перспективы использования системы Эра-ГЛОНАСС в создании единого транспортного пространства ЕАЭС // Транспортное дело России. 2023. №1. С. 62-64. DOI 10.52375/20728689\_2023\_1\_62. EDN BBAGMP.
15. Меренков А.О. Беспилотные транспортные коридоры: новые задачи и вызовы // Транспортное дело России. 2022. №2. С. 192-194. DOI 10.52375/20728689\_2022\_2\_192. EDN RLKSDD.

16. Меренков А.О. Развития городской мобильности в контексте урбанизации российских городов // Инновации и инвестиции. 2022. №11. С. 285-290. EDN ZMJHOZ.
17. Левченко К.И., Курбатова А.В. Цифровизация пассажирского транспорта московской агломерации // Актуальные проблемы управления - 2021: Материалы 26-й Международной научно-практической конференции. Москва: Государственный университет управления. 2022. С. 226-228. EDN YCRTHJ.
18. Персианов В.А., Курбатова А.В., Курбатова Е.С. Цифровая экономика на транспорте: целеполагание плюс информатизация в электронном формате // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. 2022. №1. С. 17-22. DOI 10.36535/0236-1914-2022-01-3. EDN QUTFUP.
19. Bludyan N.O. Digital technologies and new mobility // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference on Digital Solutions for Automotive Industry, Roadway Maintenance and Traffic Control. Vol. 832. Bristol: Institute of Physics Publishing. 2020. P. 012041. DOI 10.1088/1757-899X/832/1/012041. EDN FLEZDB.
20. Блудян Н.О., Парамонова Л.А. О проблеме формализации понятий «интермодальные» и «мульти-модальные» пассажирские перевозки // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. 2017. №1(11). С. 2. EDN YMDGUJ.

**Степанов Алексей Алексеевич**

Государственный университет управления  
Адрес: 109542, Россия, г. Москва, ул. Рязанский проспект, 99  
Д.э.н., проф. зав. кафедрой управления транспортными комплексами  
E-mail: astepanov@guu.ru

**Меренков Артем Олегович**

Государственный университет управления  
Адрес: 109542, Россия, г. Москва, ул. Рязанский проспект, 99  
К.э.н., доцент кафедры управления транспортными комплексами  
E-mail: Artem-merenkov@yandex.ru

**Ласточкина Галина Александровна**

Государственный университет управления  
Адрес: 109542, Россия, г. Москва, ул. Рязанский проспект, 99  
Старший преподаватель кафедры управления транспортными комплексами  
E-mail: ga\_lastochkina@guu.ru

---

A.A. STEPANOV, A.O. MERENKOV, G.A. LASTOCHKINA

## THE STANDARD OF INTELLIGENT PASSENGER TRANSPORT SERVICE

***Abstract.** The article discusses the issues of the current level of development and principles of designing urban transport systems. The authors have identified the components of the formation of intelligent transport systems, analyzed current problems, studied the theory of the issue, retrospective and best practices. As the results of the study, the concept of transport services based on the use of digital technologies is presented.*

***Keywords:** intelligent transport systems, urban passenger transport, passenger service standard*

### BIBLIOGRAPHY

1. Gorin V.S., Merenkov A.O., Medvedeva E.V. Sovremennyy podkhod k upravleniyu klientskim servisom passazhira v gorodskoy srede Transportnoe delo Rossii. 2019. №2. S. 88-90.
2. Kamzin N. Interv`yu s Holgovoy A., prezidentom Natsional`noy assotsiatsii ekspertov po delovoy etike, etiketu i protokolu [Elektronnyy resurs]. URL: <https://www.m24.ru/articles/obshchestvo/19042021/157944>
3. Universitetskie subboty v GUU: tsikl lektsiy: Uchebnoe posobie / otv. Red. I.Z. Kogotkova. M: Departament obrazovaniya goroda Moskvy; Gosudarstvennyy universitet upravleniya. 143 s.
4. Stepanov A.A., Merenkov A.O. Klientoorientirovannyy podkhod k tsifrovoy ekonomike: «tsifrovoy» transport i logistika // Vestnik transporta. 2017. №10. S. 18-21.
5. Komarov V.V., Garagan S.A. Arkhitektura i standartizatsiya telematicheskikh i intellektual`nykh transportnykh sistem. Zarubezhnyy opyt i otechestvennaya praktika. M.: NTB "Energiya", 2012. 352 s.
6. Omarova Z.K., Minatullaev Sh.M., Kashmanov R.Ya. Povyshenie effektivnosti i kachestva obsluzhivaniya passazhirov na osnove ispol`zovaniya intellektual`nykh transportnykh sistem // Energo- i resursosberezhenie: promyshlennost` i transport. 2016. №5(17). S. 35-39. EDN WYRAAL.

7. Chzhan S., Konovalova O.N. Issledovanie standartov kachestva obsluzhivaniya passazhirov na vysokorostnom zhelezнодорожном transporte Kitaya // Innovatsionnaya ekonomika i obshchestvo. 2021. №2(32). S. 58-66. EDN VKAZXD.
8. Saginova O.V., Spirin I.V., Zav`yalova N.B., Sidorchuk R.R. Metodologicheskie aspekty upravleniya kachestvom transportnogo obsluzhivaniya // MIR (Modernizatsiya. Innovatsii. Razvitie). 2016. T. 7. №2(26). S. 28-37. DOI 10.18184/2079-4665.2016.7.2.28.37. EDN WEBCJV.
9. Fridlyand A.A., Svetlakova O.Yu. Istoricheskiy analiz razvitiya passazhirskogo terminala aeroporta // Nauka. Tekhnika. Chelovek: istoricheskie, mirovozzrencheskie i metodologicheskie problemy. 2022. T. 1. №12. S. 96-102. EDN XNMLDU.
10. Gavrikov V.A., Pen`shin N.V., Anokhin S.A. Sotsial`no-ekonomicheskie problemy organizatsii rabo-ty gorodskogo obshchestvennogo transporta // Global`nyy nauchnyy potentsial. 2019. №3(96). S. 125-129. EDN YPVOWQ.
11. Terent`ev A.S., Rembalovich G.K., Shemyakin A.V. i dr. Metod ekonomicheskoy otsenki kachestva obsluzhivaniya naseleniya passazhirskim transportom // Transportnoe delo Rossii. 2019. №5. S. 111-113. EDN HZXLFH.
12. Chumachenko I.V., Davidich Yu.A., Galkin A.S., Davidich N.V. Otsenka kachestva perevozki passazhirov gorodskim transportom pri razlichnom kolichestve transportnykh sredstv, rabotayushchikh na marshrute // Nauka i tekhnika. 2017. T. 16. №5. S. 415-421. DOI 10.21122/2227-1031-2017-16-5-415-421. EDN XQGIDB.
13. Transport i logistika ustoychivogo razvitiya territoriy, biznesa, gosudarstva (drayvery rosta, trendy i bar`ery): Materialy II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Moskva: Gosudarstvennyy universitet upravleniya. 2023. 441 s. ISBN 978-5-215-03692-1. EDN FTLDCF.
14. Merenkov A.O. Perspektivy ispol`zovaniya sistemy Era-GLONASS v sozdanii edinogo transportnogo prostranstva EAES // Transportnoe delo Rossii. 2023. №1. S. 62-64. DOI 10.52375/20728689\_2023\_1\_62. EDN BBAGMP.
15. Merenkov A.O. Bespilotnye transportnye koridory: novye zadachi i vyzovy // Transportnoe delo Rossii. 2022. №2. S. 192-194. DOI 10.52375/20728689\_2022\_2\_192. EDN RLKSDD.
16. Merenkov A.O. Razvitiya gorodskoy mobil`nosti v kontekste urbanizatsii rossiyskikh gorodov // Innovatsii i investitsii. 2022. №11. S. 285-290. EDN ZMJHOZ.
17. Levchenko K.I., Kurbatova A.V. Tsifrovizatsiya passazhirskogo transporta moskovskoy aglomeratsii // Aktual`nye problemy upravleniya - 2021: Materialy 26-y Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Moskva: Gosudarstvennyy universitet upravleniya. 2022. S. 226-228. EDN YCRTHJ.
18. Persianov V.A., Kurbatova A.V., Kurbatova E.S. Tsifrovaya ekonomika na transporte: tselepolaganie plus informatizatsiya v elektronnom formate // Transport: nauka, tekhnika, upravlenie. Nauchnyy informatsionnyy sbornik. 2022. №1. S. 17-22. DOI 10.36535/0236-1914-2022-01-3. EDN QUTFUP.
19. Bludyan N.O. Digital technologies and new mobility // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference on Digital Solutions for Automotive Industry, Roadway Maintenance and Traffic Control. Vol. 832. Bristol: Institute of Physics Publishing. 2020. P. 012041. DOI 10.1088/1757-899X/832/1/012041. EDN FLEZDB.
20. Bludyan N.O., Paramonova L.A. O probleme formalizatsii ponyatiy «intermodal`nye» i «mul`tmodal`nye» passazhirskie perevozki // Avtomobil`. Doroga. Infrastruktura. 2017. №1(11). S. 2. EDN YMDGUJ.

**Stepanov Alexey Alekseevich**

State University of Management

Address: 109542, Russia, Moscow, Ryazansky Prospekt str., 99

Doctor of economics sciences

E-mail: astepanov@guu.ru

**Merenkov Artem Olegovich**

State University of Management

Address: 109542, Russia, Moscow, Ryazansky Prospekt str., 99

candidate of economic sciences

E-mail: Artem-merenkov@yandex.ru

**Lastochkina Galina Alexandrovna**

State University of Management

Address: 109542, Russia, Moscow, Ryazansky Prospekt str., 99

Senior lecturer of the department of transport complex management

E-mail: ga\_lastochkina@guu.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 12.03.2024г.  
Дата выхода в свет 10.04.2024 г.  
Формат 70x108/16. Усл. печ. л. 8,9  
Цена свободная. Тираж 500 экз.  
Заказ № 106

Отпечатано с готового оригинал-макета  
на полиграфической базе ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»  
302026, г. Орёл, ул. Комсомольская, 95