

ISSN 2073-7432

**МИР ТРАНСПОРТА  
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН**

**НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ**

**№ 3-2 (82) 2023**

<b>Главный редактор:</b> Новиков А.Н. д-р техн. наук, проф.	
<b>Заместители главного редактора:</b> Васильева В.В. канд. техн. наук, доц. Родимцев С.А. д-р техн. наук, доц.	
<b>Редколлегия:</b> Агеев Е.В. д-р техн. наук, проф. (Россия) Агуреев И.Е. д-р техн. наук, проф. (Россия) Бажин А.В. д-р техн. наук, проф. (Украина) Басков В.Н. д-р техн. наук, проф. (Россия) Власов В.М. д-р техн. наук, проф. (Россия) Глаголев С.Н. д-р техн. наук, проф. (Россия) Демич М. д-р техн. наук, проф. (Сербия) Денисов А.С. д-р техн. наук, проф. (Россия) Жаковская Л. д-р наук, проф. (Польша) Жанказиев С.В. д-р техн. наук, проф. (Россия) Зырянов В.В. д-р техн. наук, проф. (Россия) Мартюченко И.Г. д-р техн. наук, проф. (Россия) Митусов А.А. д-р техн. наук, проф. (Казахстан) Нордин В.В. канд. техн. наук, доц. (Россия) Прентковский О. д-р техн. наук, проф. (Литва) Пржибыл П. д-р техн. наук, проф. (Чехия) Пушкарев А.Е. д-р техн. наук, проф. (Россия) Ременцов А.Н. д-р пед. наук, проф. (Россия) Сарбаев В.И. д-р техн. наук, профессор (Россия) Сиваченко Л.А. д-р техн. наук, проф. (Беларусь) Юнгмейстер Д.А. д-р техн. наук, проф. (Россия) Шарата А. д-р наук, проф. (Польша)	
<b>Ответственный за выпуск:</b> Акимочкина И.В.	
<b>Адрес редколлегии:</b> 302030, Россия, Орловская обл., г. Орёл, ул. Московская, 77 Тел. +7 905 856 6556 <a href="https://oreluniver.ru/science/journal/mtitit">https://oreluniver.ru/science/journal/mtitit</a> E-mail: <a href="mailto:srmostu@mail.ru">srmostu@mail.ru</a>	
Зарегистрировано в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство: ПИ № ФС77-67027 от 30.08.2016г.	
Подписной индекс: 16376 по объединенному 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>	
© Составление. ОГУ имени И.С. Тургенева, 2023	

## Содержание

Материалы IX международной научно-практической конференции  
«Информационные технологии и инновации на транспорте»  
Эксплуатация, ремонт, восстановление

А.В. Харитонов Влияние параметров горизонтальных связей рессорного подвешивания скоростных электропоездов на устойчивость движения.....	3
В.И. Воробьев, С.Н. Злобин, О.В. Измеров, Е.В. Николаев Возможности создания универсальных тепловозов для грузовой и пассажирской службы.....	11
Д.О. Ломакин, А.К. Поздняков Диагностирование технического состояния подшипниковых узлов качения в режиме реального времени.....	19
Ю.А. Заяц, Т.М. Заяц, Н.А. Загородний Решение первой задачи прогнозирования воздействий и остаточного ресурса транспортных средств.....	25
Р.Ю. Добрецов, С.А. Войнаш, В.А. Соколова, С.Е. Арико Семейство электромеханических трансмиссий на основе управляемых механизмов распределения мощности.....	32
<b>Технологические машины</b>	
А.В. Федоренко, К.Я. Лелиовский Испытания по определению параметров управления лёгкого колёсного вездехода амфибии с бортовым способом поворота.....	37
<b>Безопасность движения и автомобильные перевозки</b>	
А.А. Кравченко, И.А. Новиков, Н.А. Загородний, С.В. Куценко Актуальный подход к оценке уровня безопасности дорожного движения в рамках реализации национального проекта «Безопасные качественные дороги».....	44
Д.Г. Неволин, А.А. Цариков Влияние удаленности городов-спутников от ядра агломерации на объем транспортных корреспонденций.....	52
С.В. Еремин Гибридизация пассажирских транспортных систем городов.....	62
В.Н. Игин Обеспечение безопасности движения в условиях внешней среды восточного полигона.....	68
И.Е. Ильина, Е.Е. Витвицкий Определение потенциальных мест ДТП с целью прогнозирования аварийности с учетом человеческого фактора.....	74
К.А. Кошкин Оценка актуальности нового государственного стандарта электронных средств индивидуальной мобильности с точки зрения безопасности дорожного движения.....	81
И.Н. Пугачев, Д.В. Капский Разработка планов устойчивой городской мобильности и цифровая трансформация в области организации дорожного движения, путь к дальнейшему развитию городов и страны в целом.....	92
А.В. Кулев, Е.М. Минаева Проблемы повышения качества в сфере перевозок пассажиров.....	100
<b>Вопросы экологии</b>	
И.А. Гребнев Автоматизированный метод учета влияния ветровых нагрузок на тягу поездов.....	106
И.В. Макарова, Г.Р. Мавляутдинова, П.А. Буйвол, Е.Е. Гарявина Применение имитационных моделей для планирования доставки руды карьерными самосвалами на горно-обогатительные комбинаты Арктики при переходе на газомоторное топливо.....	113
<b>Образование и кадры</b>	
Ф.Н. Зейналов Вопросы интеграции госавтоинспекции новых субъектов Российской Федерации в систему оказываемых государственных услуг в сфере безопасности дорожного движения.....	122
Е.В. Агеев, Е.С. Виноградов Информационная модель анализа дорожной ситуации кандидатом в водители на этапе практической подготовки.....	128
<b>Экономика и управление</b>	
А.Е. Иванова, В.М. Власов, А.М. Ишков, Н.А. Филиппова Цифровая технология, как один из методов повышения эффективности работы автозвонников арктических районов республики Саха (Якутия).....	137

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

№ 3-2(82) 2023

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;"><b>Proceedings of the IX International Scientific and Practical Conference «Information Technologies and Innovations in Transport»</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Operation, Repair, Restoration</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>A.V. Bazhinov</b> <i>Doc. Eng., Prof. (Ukraine)</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>L. Żakowska</b> <i>Ph.D., Doc. Sc., Prof. (Poland)</i> <b>S.V. Zhankaziev</b> <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> <b>V.V. Zyryanov</b> <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> <b>I.G. Martyuchenko</b> <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> <b>A.A. Mitusov</b> <i>Doc. Eng., Prof. (Kazakhstan)</i> <b>V.V. Nordin</b> <i>Can. Eng. (Russia)</i> <b>O. Prentkovskis</b> <i>Doc. Eng., Prof. (Lithuania)</i> <b>P. Pribyl</b> <i>Doc. Eng., Prof. (Czech Republic)</i> <b>A.E. Pushkarev</b> <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> <b>A.N. Rementsov</b> <i>Doc. Edc., Prof. (Russia)</i> <b>V.I. Sarbaev</b> <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> <b>L.A. Sivachenko</b> <i>Doc. Eng., Prof. (Belarus)</i> <b>D.A. Yungmeister</b> <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> <b>A. Szarata</b> <i>Ph.D., Doc. Sc., Prof. (Poland)</i></p>	
<p><i>Person in charge for publication:</i> <b>I.V. Akimochkina</b></p>	<p style="text-align: center;"><i>Ecological Problems</i></p> <p><b>I.A. Grebnev</b> <i>Automated method accounting for influence the effect of wind loads on train traction</i>..... 106</p> <p><b>I.V. Makarova, G.R. Mavlyautdinova, P.A. Buyvol, E.E. Garyavina</b> <i>Application of simulation models for planning ore deliveries by dump trucks to arctic mining and processing plants during the transition to gas motor fuel</i>..... 113</p> <p style="text-align: center;"><i>Education and Personnel</i></p> <p><b>F.N. Zeynalov</b> <i>Issues of integration of the state traffic inspectorate of the new subjects of the russian federation into the system of public services provided in the field of road safety</i>..... 122</p> <p><b>E.V. Ageev, E.S. Vinogradov</b> <i>An information model for analyzing the traffic situation by a candidate driver at the stage of practical training</i>..... 128</p> <p style="text-align: center;"><i>Economics and Management</i></p> <p><b>A.E. Ivanova, A.M. Ishkov, V.M. Vlasov, N.A. Filippova</b> <i>Digital technology as one of the methods of increasing the work of auto-wimpers in the arctic regions of the republic of Sakha (Yakutia)</i>..... 137</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 style="text-align: center;"><i>Economics and Management</i></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-rt.ru">www.pressa-rt.ru</a> и <a href="http://www.akc.ru">www.akc.ru</a></p>	
<p>© Registration. Orel State University, 2023</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

Научная статья  
УДК 629.4.027.3  
doi:10.33979/2073-7432-2023-3-2(82)-3-10

А.В. ХАРИТОНОВ

## **ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СВЯЗЕЙ РЕССОРНОГО ПОДВЕШИВАНИЯ СКОРОСТНЫХ ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ДВИЖЕНИЯ**

***Аннотация.** В статье рассмотрены конструкция, а также проведен регрессионный анализ разброса значений горизонтальных упруго-диссипативных связей 1-й и 2-й ступеней рессорного подвешивания скоростных и высокоскоростных электропоездов. С целью оценки влияния продольной и поперечной жесткостей связей колесной пары с рамой тележки, а также диссипации продольного гидравлического гасителя колебаний 2-й ступени подвешивания на устойчивость движения экипажа, проведено численное исследование с помощью математической модели прицепного вагона электропоезда «Сапсан» в программном комплексе «Универсальный механизм»*

***Ключевые слова:** математическая модель, универсальный механизм, скоростной электропоезд, упруго-диссипативные связи*

### **Введение**

Исследования устойчивости железнодорожных транспортных средств имеющих колесные пары с обычными неразрезными осями, являются важной темой динамики железнодорожного транспорта. Наименьшая скорость, при которой горизонтальные колебания виляния тележек рельсового экипажа перестают затухать, называется критической скоростью. Проблему виляния тележек и, в связи с этим, повышение критической скорости движения решают несколькими способами, одними из которых являются подбор оптимальных параметров связей колесных пар с рамой тележки в продольном и поперечном направлении и применение мощных гидравлических гасителей колебаний виляния во 2-й ступени рессорного подвешивания [1, 2]. Увеличение продольной и поперечной жесткости связи колесной пары с рамой тележки может увеличить критическую скорость рельсового экипажа. Однако, жесткость упругого элемента связи не может быть настолько большой, насколько это возможно, потому что, когда она увеличивается сверх определенной степени, критическая скорость увеличивается медленнее, а затем уменьшается [3]. В тоже время, жесткая продольная связь ограничивает движение колесной пары в кривой, не позволяя занимать колесной паре радиальное положение. В связи с этим, радиусы кривых высокоскоростных магистралей имеют большой радиус, для облегчения вписывания экипажа в кривую и минимального износа поверхности колес колесной пары [4, 5]. Поперечная жесткость связи буксы и рамы тележки должна быть ниже продольной, для обеспечения поперечной податливости колесной пары и улучшения поперечных характеристик взаимодействия колеса и рельса. Вопрос выбора оптимального соотношения параметров продольной и поперечной жесткости связи является актуальной задачей.

### **Материал и методы**

На современном скоростном и высокоскоростном подвижном составе, наибольшее распространение получила конструкция узла связи корпуса буксы с рамой тележки шарнирно-поводкового типа с резинометаллическими шарнирами (рис. 1). В этом случае функции передачи усилий в горизонтальной плоскости выполняют жесткие тяги (буксовые балансиры) с шаровыми шарнирами [6, 7]. Конструкция обеспечивает вертикальную подвижность буксы и оптимальные соотношения жесткостей продольной и поперечной связей, реализуется хорошее качество хода и значительно улучшаются характеристики механизма гашения колебаний в вертикальном направлении.

© Харитонов А.В., 2023

Гидравлические гасители колебаний виляния (рис. 2) расположены в продольном направлении между траверсой (кузовом) и рамой тележки и служат для гашения колебаний виляния тележки по отношению к кузову вагона электропоезда. Так как данные устройства выполняют функции, относящиеся к безопасности движения, как правило, они выполнены с резервированием, то есть на каждой стороне тележки расположено по два гидравлических гасителя [8].



Рисунок 1 - Конструкция связи корпуса буксы с рамой тележки электропоезда «Сапсан»



Рисунок 2 - Гидравлические гасители колебаний виляния электропоезда «Сапсан»

Для определения диапазона изменения параметров упругой связи колесной пары и рамы тележки от конструкционной скорости движения экипажа, проведен регрессионный анализ значений жесткостей продольной и поперечной связей буксовой ступени рессорного подвешивания некоторых серий скоростных и высокоскоростных электропоездов [9-11] (рис. 3). Продольная жесткость буксовой ступени рессорного подвешивания исследуемых электропоездов (рис. 3 а) варьируется в достаточно широких пределах от 10 мН/м до 54 мН/м на одну буксу. Это связано с большим количеством факторов, определяемых техническим заданием на поезд, например, конструкционной скоростью движения, нагрузкой на ось, неподдресоренной массой, заданной скоростью прохождения кривых и радиусом кривых участков пути обращения.

Как было отмечено выше, поперечная жесткость связи буксы с рамой тележки, для улучшения поперечных характеристик взаимодействия колеса с рельсом, делается значительно ниже продольной и, в соответствии с рисунком 3 б, ее значение сосредоточено в области от 3,2 мН/м до 6,9 мН/м на одну буксу.

На электропоездах серии ICE 3 и Velaro RUS коэффициент демпфирования гидравлических гасителей колебаний виляния составляет 500 кНс/м и 330 кНс/м на гаситель соответственно.

#### **Теория / Расчет**

Для численного исследования влияния продольной и поперечной жесткостей связей колесной пары с рамой тележки, а также диссипации продольного гидравлического гасителя колебаний 2-й ступени подвешивания на устойчивость движения экипажа, разработана математическая модель вагона скоростного электропоезда в программном комплексе «Универсальный механизм» (УМ) [12, 13]. В качестве прототипа вагона электропоезда, были приняты значения массовых, инерционных, упруго-диссипативных параметров, а также пространственные координаты расположения силовых элементов модели экипажной части [8] согласно конструкции немоторной тележки типа SF-520 и кузова вагона DR T 02 электропоезда «Сапсан» с профилем колес ВНИИЖТ-PM-70 [14, 15] и рельс Р65 [16].

Модель состоит из абсолютно твердых тел с нелинейными силовыми характеристиками упруго-диссипативных элементов рессорного подвешивания. Комплект из двух цилиндрических пружин 1-й ступени рессорного подвешивания моделируется билинейным сило-

вым элементом, с заданием матриц жесткостей внешней и внутренней пружин [12]. Пневматическая рессора 2-й ступени реализована линейным силовым элементом. Резинометаллические элементы рессорного подвешивания, упругие буферы с нелинейными силовыми характеристиками моделируются силовыми элементами типа «сайлентблок», реализованными в УМ. Гидравлические гасители колебаний в УМ моделируются биполярными силовыми элементами с поточечным вводом нелинейных силовых характеристик. Подробная модель системы стабилизации поперечного наклона кузова состоит из торсионного вала с жестко посаженными на него рычагами и опорными втулками с сайлентблоками, через которые он монтируется к траверсе. Рычаги соединяются с рамой тележки через вертикальные поводки. Узлы системы стабилизации в УМ связаны между собой шарнирными элементами. Угловая жесткость вращения между телами торсионного вала и рычагами торсиона задается с помощью линейного силового элемента [17]. Графические образы элементов экипажной части были разработаны в сторонних CAD программах [18], остальные средствами УМ. Модель немоторной тележки электропоезда, разработанная в среде УМ, представлена на рисунке 4.

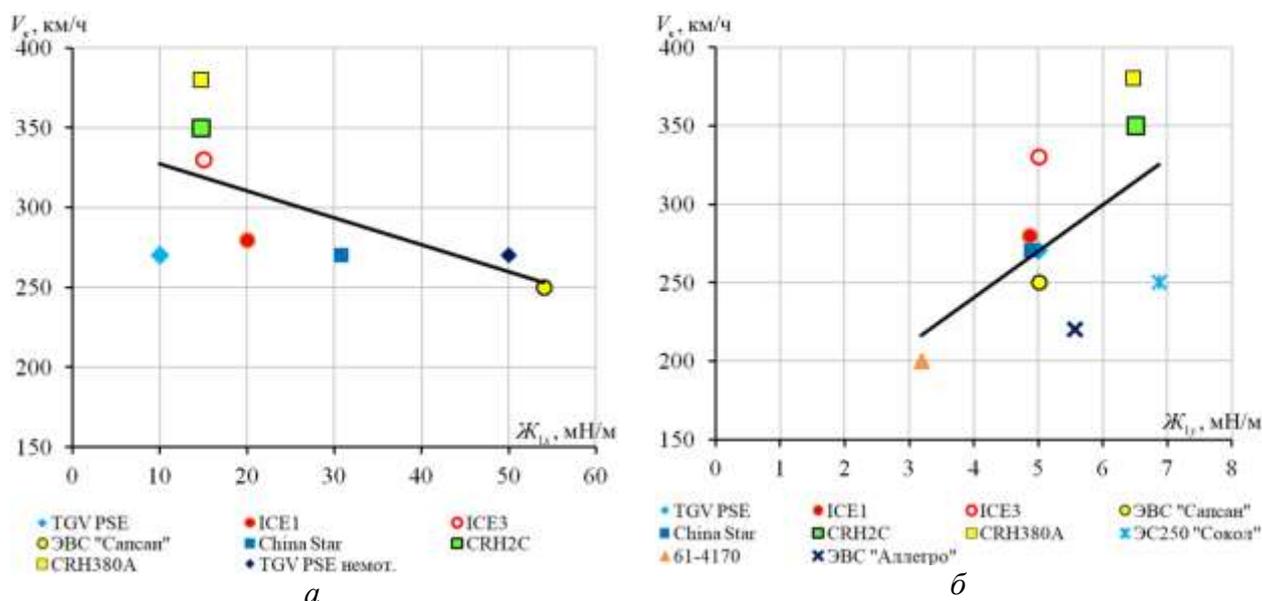


Рисунок 3 – Область изменений колесной пары и рамы тележки некоторых серий электропоездов в зависимости от конструкционной скорости движения: а - продольной жесткости связи на 1 буксу, б - поперечной жесткости связи на 1 буксу

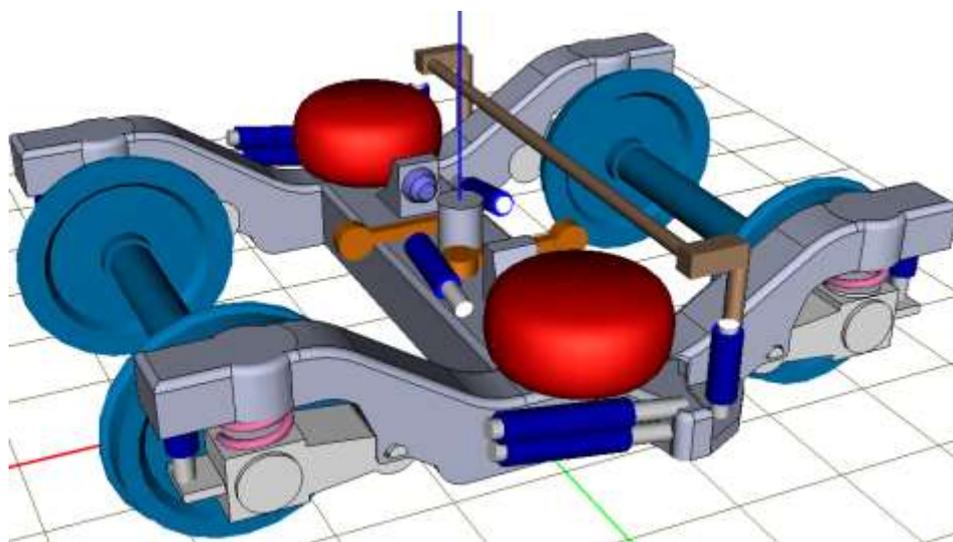


Рисунок 4 – Модель немоторной тележки электропоезда «Сапсан» в среде УМ (траверса не показана)

Методика определения критической скорости движения экипажа основана на использовании модуля многовариантных расчетов, реализованного в УМ. При этом задается вы-

борка исследуемых скоростей движения и контролируемая переменная – поперечные перемещения колесных пар. При каждой скорости движения определяется вероятностная характеристика случайных поперечных колебаний колесной пары. В качестве вероятностной характеристики, по рекомендациям в [12], выбрано среднеквадратическое отклонение (СКО), которое в дискретной постановке определяется по следующей формуле [19, 20].

$$S_{x_q} = \sqrt{\frac{1}{N} \left[ \sum_{i=0}^{N-1} (x_i - \bar{M}_q)^2 \right]},$$

где  $N$  – число точек рассматриваемого случайного процесса;

$x_i$  –  $i$  значение рассматриваемой случайной величины;

$\bar{M}_q$  – математическое ожидание рассматриваемого случайного процесса.

В результате расчета строится зависимость СКО поперечных перемещений колесной пары от заданных скоростей движения. Критическая скорость оценивается по точке резкого роста СКО [12]. Общий вид модели немоторного вагона электропоезда в УМ, представлен на рисунке 5.



Рисунок 5 – Общий вид модели немоторного вагона электропоезда «Сапсан» в УМ

### Результаты и обсуждение

Исследовалась устойчивость рассмотренной модели состава в зависимости от продольной жесткости связи колесной пары и рамы тележки  $ж_{1x}$  при фиксированных значениях поперечной жесткости связи колесной пары и рамы тележки  $ж_{1y}$ , а также при различных значениях коэффициента демпфирования гасителя колебаний виляния  $\beta_{2x}$  в следующих конфигурациях: все гасители в работе; один гаситель вышел из строя; два гасителя вышли из строя. Пример определения критической скорости модели электропоезда по росту СКО поперечных перемещений колесной пары представлен на рисунке 6 в виде графиков поверхностей.

Полученные в ходе численного исследования зависимости критической скорости модели вагона поезда от жесткости  $ж_{1x}$  при некоторых значениях жесткости  $ж_{1y}$  представлены на рисунке 7, зависимости критической скорости модели вагона поезда от коэффициента демпфирования гасителя колебаний виляния  $\beta_{2x}$  представлены на рисунке 8.

Согласно рисунку 6, при увеличении продольной жесткости связи колесной пары и рамы тележки, критическая скорость экипажа возрастает, и в диапазоне значений  $ж_{1x}$  от 12,5 мН/м до 15 мН/м достигает максимальных значений, что подтверждает выбор значений продольной жесткости связи в конструкции современных высокоскоростных электропоездов (рис. 3 а). При дальнейшем увеличении величины  $ж_{1x}$ , критическая скорость убывает. Выбор значения поперечной жесткости связи колесной пары и рамы тележки существенно не влияет на критическую скорость экипажа, а определяет, прежде всего, поперечную динамику взаимодействия колесной пары и рельсового пути.

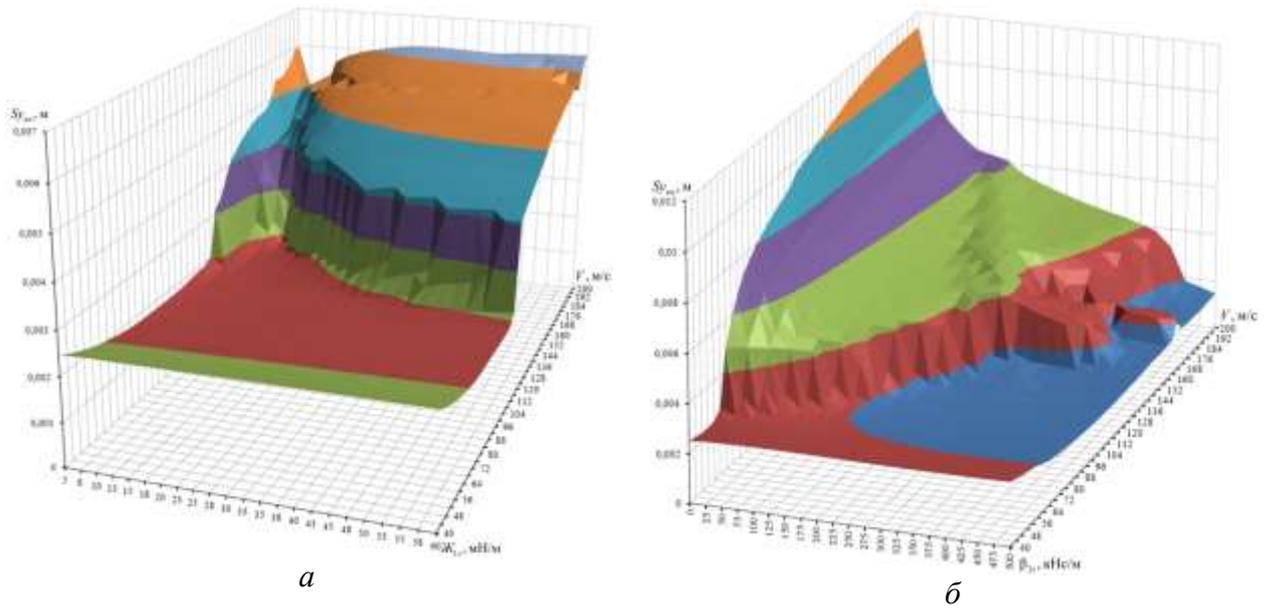


Рисунок 6 – Зависимость СКО поперечных перемещений колесной пары от скорости движения:  
 а - при различной продольной жесткости, б - при различном коэффициенте демпфирования гасителя виляния

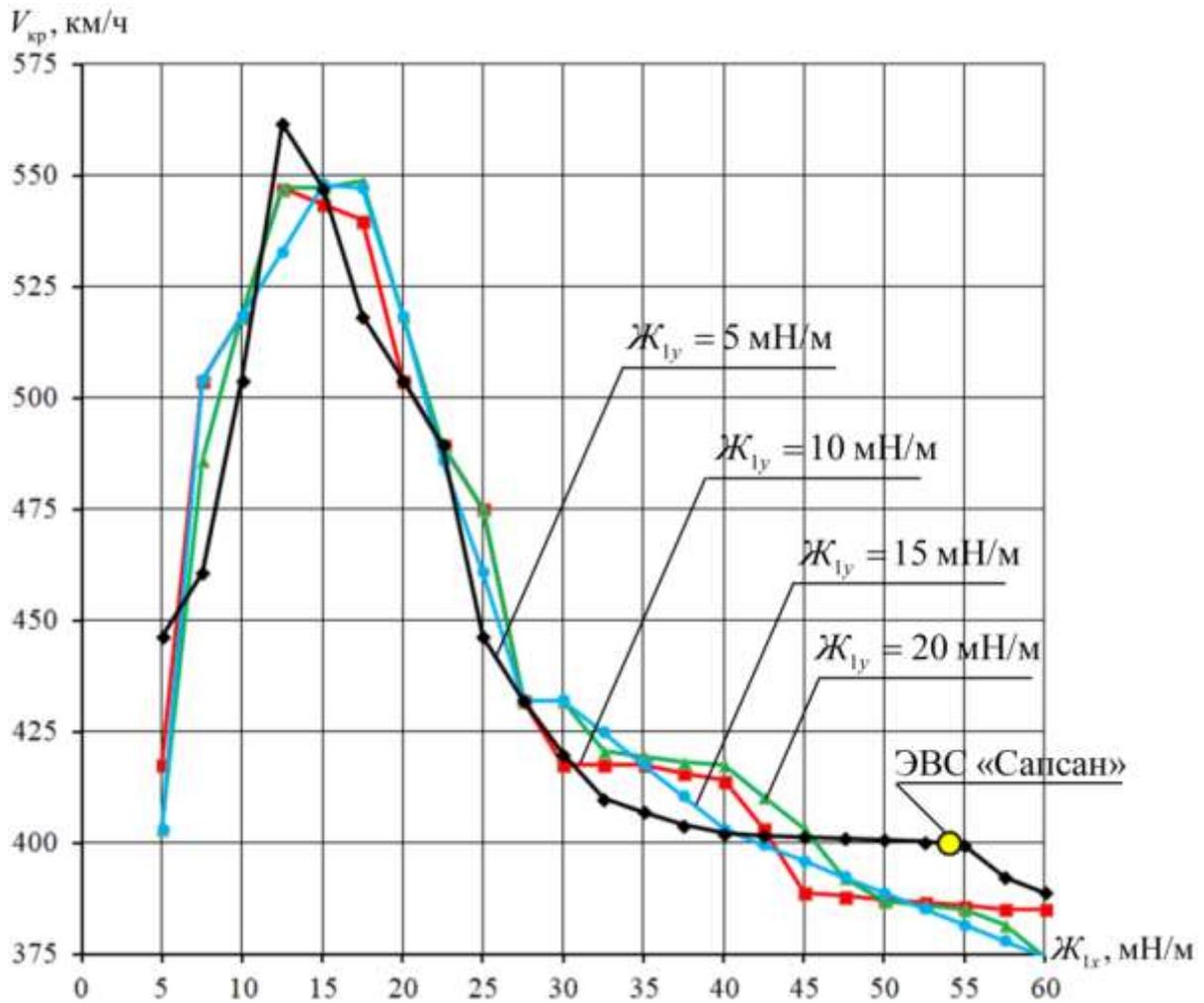


Рисунок 7 – Зависимость критической скорости от продольной жесткости связи колесной пары и рамы тележки

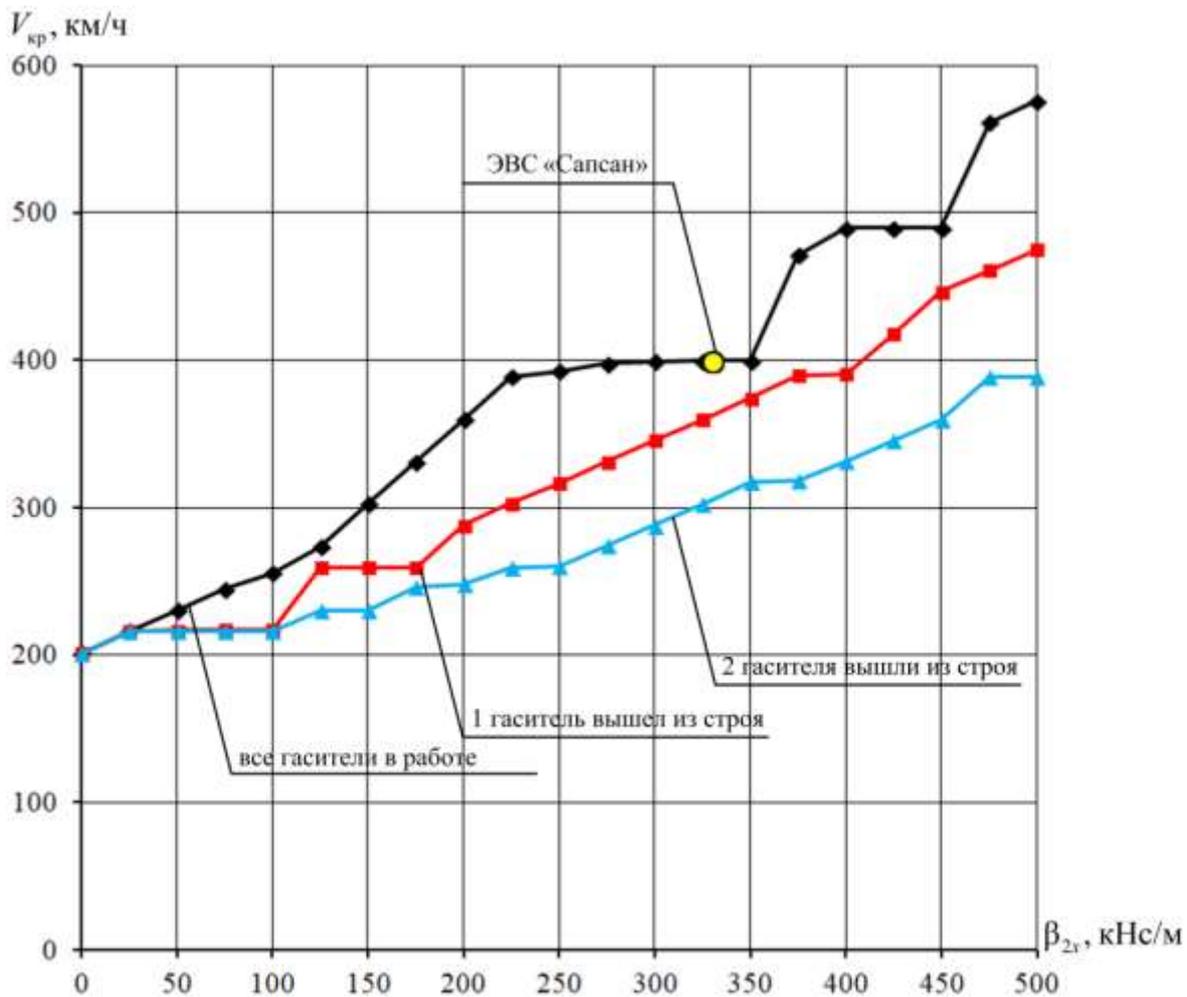


Рисунок 8 – Зависимость критической скорости от коэффициента демпфирования гасителя колебаний виляния

### Выводы

Проведенное в данной работе исследование позволяет сделать следующие выводы:

1) для получения высокой критической скорости движения экипажа требуется оптимизировать горизонтальные жесткости связи буксы колесной пары с рамой тележки. На современном высокоскоростном подвижном составе, работающем со скоростями выше 300 км/ч, соотношение между продольной и поперечной жесткостью данной связи находится в диапазоне от 2 до 3. Существует предел по увеличению продольной жесткости связи, определяемый прежде всего критериями износа колесной пары и вписыванием в кривые участки пути. Для трех серий рассмотренных электропоездов, конструкционная скорость которых выше 300 км/ч, значение продольной жесткости связи составляет от 14,7 мН/м до 15 мН/м, поперечной жесткости связи от 5 мН/м до 6,5 мН/м;

2) максимальное значение критической скорости, по результатам проведенного исследования, удалось получить при комбинации величин  $J_{1x} = 12,5$  мН/м и  $J_{1y} = 5$  мН/м;

3) с увеличением степени демпфирования гасителя колебаний виляния, критическая скорость экипажа увеличивается. Для варианта конструкции электропоезда «Сапсан», при отказе одного из четырех из гасителей виляния тележки, критическая скорость экипажа снизилась с 400 км/ч до 360 км/ч, то есть на 10%. При отказе двух из четырех из гасителей виляния тележки, критическая скорость экипажа снизилась с 400 км/ч до 302 км/ч, то есть на 24,5%.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Механическая часть тягового подвижного состава: учебник для вузов ж.-д. трансп. / И.В. Би-

- рюков, А.Н. Савоськин Г.П., Бурчак Г.П. и др.; под ред. И.В. Бирюкова. - Москва: Альянс, 2013. - 439 с.
2. Гарг В.К., Дуккипати Р.В. Динамика подвижного состава / Пер. с англ. К.Г. Бомштейна; Под ред. Н.А. Панькина. - Москва: Транспорт, 1988. - 390 с.
3. Weihua Zhang. Dynamics of Coupled Systems in High-Speed Railways. Theory and Practice. China Science Publishing and Media Ltd., 2020, 599 p.
4. Высокоскоростной железнодорожный транспорт. Общий курс: учебн. пособие: в 2 т. / И.П. Киселев и др.; под ред. И.П. Киселева. - Москва: ФГБОУ, 2014. Т.1. - 304 с.
5. Научное сопровождение развития высокоскоростных магистралей в России: Труды ученых АО «ВНИИЖТ» и АО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» / колл. авторов; под ред. А.Б. Косарева, О.Н. Назарова. - М.: РАС, 2018. - 116 с.
6. Высокоскоростной железнодорожный транспорт. Общий курс: Учебн. пособие: в 2 т. / И.П. Киселев и др.; под ред. И.П. Киселева. - Москва: ФГБОУ, 2014. Т.2. - 372 с.
7. Устройство и эксплуатация высокоскоростного наземного транспорта.: учебн. пособие / Д.В. Пегов и др. - М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014. - 267 с.
8. Высокоскоростные поезда «Сапсан» В1 и В2: Учеб. пособие / Н.Ю. Богомолов и др.; под ред. А.В. Ширяева. - Москва : ОАО «Российские железные дороги», 2013. - 522 с.
9. Труды Всесоюзного ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательского института железнодорожного транспорта / под ред. А.А. Львова. - Москва: Транспорт, 1978. - 135 с.
10. He Xia, Nan Zhang, Weiwei Guo. Dynamic interaction of train-bridge systems in high-speed railways theory and applications. springer science, 2018. - 590 p.
11. Wanming Zhai. Vehicle track-coupled-dynamics-theory-and-applications. Science press and springer nature singapore pte ltd, 2020. - 426 p.
12. Руководство пользователя Universal mechanism 9. Моделирование динамики железнодорожных экипажей [Электронный ресурс] / Режим доступа: [http://www.universalmechanism.com/download/90/rus/08\\_um\\_loco.pdf](http://www.universalmechanism.com/download/90/rus/08_um_loco.pdf)
13. Шкурников С.В., Морозова О.С. О разработке имитационной модели высокоскоростного поезда // Известия Петербургского университета путей сообщения. - 2017. - №3. - С. 481-489.
14. Киселев А.А., Блажко Л.С., Романов А.В. Эквивалентная конусность и ее влияние на движение подвижного состава // Известия Петербургского университета путей сообщения. - 2017. - №2(14). - С. 247-255.
15. Пат. 2441762 RU. Профиль поверхности железнодорожного колеса.
16. ГОСТ 8161-75 (СТ СЭВ 1667-79). Рельсы железнодорожные типа р65. Конструкция и размеры - Москва : Изд-во стандартов, 1994. - 9 с.
17. Митраков А.С. Обоснование параметров системы принудительного наклона кузовов вагонов: Дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07. / Митраков Артем Сергеевич. - Екб., 2020. - 171 с.
18. Руководство для учащихся по изучению программного обеспечения SolidWorks [Электронный ресурс] // Режим доступа: [https://www.solidworks.com/sw/docs/Student\\_WB\\_2011\\_RUS.pdf](https://www.solidworks.com/sw/docs/Student_WB_2011_RUS.pdf)
19. Теория вероятностей : учебник для вузов / Е.С. Вентцель. - 10-е изд., стер. - Москва: Academia, 2005. - 571 с.
20. Бендат Д.С., Пирсол А.Д. Измерение и анализ случайных процессов / Пер. с англ. Г.В. Матушевского и В.Е. Приваловского; с предисл. д-ра техн. наук Г.Я. Мирского. - Москва: Мир, 1974. - 463 с.

**Харитонов Антон Витальевич**

Российский университет транспорта РУТ (МИИТ)

Адрес: 127994, Россия, г. Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9

Аспирант кафедры «Электропоезда и локомотивы»

Проектно-конструкторско-технологическое бюро по нормированию – филиал ОАО «РЖД»

Адрес: 105005, Россия, г. Москва, Бригадирский пер., д. 6

Ведущий технолог отдела ОНлок

E-mail: [haritovanonv@yandex.ru](mailto:haritovanonv@yandex.ru)

---

A.V. KHARITONOV

**INFLUENCE OF PARAMETERS OF HORIZONTAL CONNECTIONS OF SPRING SUSPENSION OF HIGH-SPEED ELECTRIC TRAINS ON THE STABILITY OF MOVEMENT**

*Abstract. The article considers the design, as well as a regression analysis of the spread of values of horizontal elastic-dissipative connections of the 1st and 2nd stages of spring suspension of high-speed and high-speed electric trains. In order to assess the influence of the longitudinal and transverse stiffness of the wheelset connections with the bogie frame, as well as the dissipation of*

*the longitudinal hydraulic vibration damper of the 2nd stage of suspension on the stability of the crew movement, a numerical study was carried out using a mathematical model of a trailer car of the Sapsan electric train in the Universal Mechanism software package*

**Keywords:** *mathematical model, universal mechanism, high-speed electric train, elastic-dissipative connections*

## BIBLIOGRAPHY

1. Mekhanicheskaya chast' tyagovogo podvizhnogo sostava : uchebnik dlya vuzov zh.-d. transp. / I.V. Biryukov, A.N. Savos'kin G.P., Burchak G.P. i dr.; pod red. I.V. Biryukova. - Moskva: Al'yanS, 2013. - 439 s.
2. Garg V.K., Dukkipati R.V. Dinamika podvizhnogo sostava / Per. s angl. K.G. Bomshteyna; Pod red. N.A. Pan'kina. - Moskva: Transport, 1988. - 390 s.
3. Weihua Zhang. Dynamics of Coupled Systems in High-Speed Railways. Theory and Practice. China Science Publishing and Media Ltd., 2020, 599 p.
4. Vysokoskorostnoy zheleznodorozhnyy transport. Obshchiy kurs: uchebn. posobie: v 2 t. / I.P. Kiselev i dr.; pod red. I.P. Kiseleva. - Moskva: FGBOU, 2014. T.1. - 304 s.
5. Nauchnoe soprovozhdenie razvitiya vysokoskorostnykh magistralei v Rossii: Trudy uchenykh AO «VNIIZHT» i AO «Nauchno-issledovatel'skiy institut zheleznodorozhnogo transporta» / koll. avtorov; pod red. A.B. Kosareva, O.N. Nazarova. - M.: RAS, 2018. - 116 s.
6. Vysokoskorostnoy zheleznodorozhnyy transport. Obshchiy kurs: Uchebn. posobie: v 2 t. / I.P. Kiselev i dr.; pod red. I.P. Kiseleva. - Moskva: FGBOU, 2014. T.2. - 372 s.
7. Ustroystvo i ekspluatatsiya vysokoskorostnogo nazemnogo transporta.: uchebn. posobie / D.V. Pegov i dr. - M.: FGBOU «Uchebno-metodicheskiy tsentr po obrazovaniyu na zheleznodorozhnom transporte», 2014. - 267 s.
8. Vysokoskorostnye poezda «Sapsan» V1 i V2: Ucheb. posobie / N.Yu. Bogomolov i dr.; pod red. A.V. Shiryayeva. - Moskva : OAO «Rossiyskie zheleznye dorogi», 2013. - 522 s.
9. Trudy Vsesoyuznogo ordena Trudovogo Krasnogo Znameni nauchno-issledovatel'skogo instituta zheleznodorozhnogo transporta / pod red. A.A. L'vova. - Moskva: Transport, 1978. - 135 s.
10. He Xia, Nan Zhang, Weiwei Guo. Dynamic interaction of train-bridge systems in high-speed railways theory and applications. springer science, 2018. - 590 p.
11. Wanming Zhai. Vehicle track-coupled-dynamics-theory-and-applications. Science press and springer nature singapore pte ltd, 2020. - 426 p.
12. Rukovodstvo pol'zovatelya Universal mechanism 9. Modelirovanie dinamiki zheleznodorozhnykh ekipazhey [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: [http://www.universalmechanism.com/download/90/rus/08\\_um\\_loco.pdf](http://www.universalmechanism.com/download/90/rus/08_um_loco.pdf)
13. Shkurnikov S.V., Morozova O.S. O razrabotke imitatsionnoy modeli vysokoskorostnogo poezda // Izvestiya Peterburgskogo universiteta putey soobshcheniya. - 2017. - №3. - S. 481-489.
14. Kiselev A.A., Blazhko L.S., Romanov A.V. Ekvivalentnaya konusnost' i ee vliyanie na dvizhenie podvizhnogo sostava // Izvestiya Peterburgskogo universiteta putey soobshcheniya. - 2017. - №2(14). - S. 247-255.
15. Pat. 2441762 RU. Profil' poverkhnosti zheleznodorozhnogo kolesa.
16. GOST 8161-75 (ST SEV 1667-79). Rel'sy zheleznodorozhnye tipa r65. Konstruktsiya i razmery - Moskva: Izd-vo standartov, 1994. - 9 s.
17. Mitrakov A.S. Obosnovanie parametrov sistemy prinuditel'nogo naklona kuzovov vagonov: Dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.22.07. / Mitrakov Artem Sergeevich. - Ekb., 2020. - 171 s.
18. Rukovodstvo dlya uchashchikhsya po izucheniyu programmnoy obespecheniya SolidWorks [Elektronnyy resurs] // Rezhim dostupa: [https://www.solidworks.com/sw/docs/Student\\_WB\\_2011\\_RUS.pdf](https://www.solidworks.com/sw/docs/Student_WB_2011_RUS.pdf)
19. Teoriya veroyatnostey : uchebnik dlya vuzov / E.S. Venttsel'. - 10-e izd., ster. - Moskva: Academia, 2005. - 571 s.
20. Bendat D.S., Pirsol A.D. Izmerenie i analiz sluchaynykh protsessov / Per. s angl. G.V. Matushevskogo i V.E. Privalovskogo; s predisl. d-ra tekhn. nauk G.YA. Mirskogo. - Moskva: Mir, 1974. - 463 s.

### Haritonov Anton Vital'evich

Russian University of Transport RUT (MIIT)

Address: 127994, Russia, Moscow, Obraztsova str., 9, building 9

Postgraduate student

Design and Technological Bureau for Rationing - a branch of Russian Railways

Address: 105005, Russia, Moscow, Brigadirsky lane, 6

Leading technologist of the ONLock department

E-mail: haritonovantonv@yandex.ru

Научная статья  
 УДК 629.4.027.4: 656.2  
 doi:10.33979/2073-7432-2023-3-2(82)-11-18

В.И. ВОРОБЬЕВ, С.Н. ЗЛОБИН, О.В. ИЗМЕРОВ, Е.В. НИКОЛАЕВ

## ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЗОВ ДЛЯ ГРУЗОВОЙ И ПАССАЖИРСКОЙ СЛУЖБЫ

**Аннотация.** Проведен анализ рациональности конструкции пассажирских тепловозов отечественных железных дорог. Доказана возможность унифицировать пассажирские тепловозы с грузовыми на базе конструкции проектируемого тепловоза ТЭ26, что позволит повысить силу тяги на 15 %, а при использовании асинхронных двигателей – создать универсальный тепловоз с параметрами пассажирского и грузового. Предложены меры по модернизации тележки и тягового привода.

**Ключевые слова:** тепловоз, тележка локомотива, рессорное подвешивание, тяговый привод, конструирование

### Введение

Целью предлагаемой статьи является поиск рациональных решений для перспективных отечественных пассажирских тепловозов. Ранее авторами в [1] была доказана возможность снижения стоимости выпуска пассажирских тепловозов за счет унификации их конструкции с грузовыми. Необходимость обновления локомотивного парка на территориях, недавно вошедших в состав России и роста разнообразия новой части локомотивного парка вызывает необходимость вновь вернуться к данной теме с учетом проектируемых перспективных машин.

### Материал и методы

Объектом исследования являются выпускаемые и проектируемые тепловозы отечественных железных дорог широкой колеи общего назначения. Рассматриваются шестиосные тепловозы, на которых применены выпускаемые в настоящее время отечественные узлы и агрегаты (табл. 1).

Таблица 1 – Основные характеристики шестиосных тепловозов отечественных железных дорог

Серия	Мощность дизеля, кВт	Нагрузка на ось, кН	Констр. скорость, км/ч	Сила тяги, кН	Диаметр колес, мм	Генератор электро-снабжения
ТЭП70БС	2942	221	160/120	167/230	1220	есть
ТЭ125	2942	196	140	200	1050	нет
ТЭП150	3100	221	160	167	1050	есть
ТЭ26 (проект)	2850-3100	226	100	323	1050	есть

Объем поставок РЖД пассажирских тепловозов в 2021 году составил всего 4 секции, в то время как грузовых тепловозов поставлено 90 секций.

В качестве основного метода использована ранее предложенная авторами методология выбора рациональных решений в инновационике, описанная в [2].

### Теория

Проанализируем рациональность решений пассажирских тепловозов согласно предложенным авторами в [2] методам реинвентирования и исторического анализа конструкций (метод «know-why»).

Тепловоз ТЭП70 [3] создавался АО «Коломенский завод» в начале 70-х годов прошлого века, как часть перспективного типоразмерного ряда тепловозов мощностью 2942 и 4410 кВт по дизелю, и изначально был унифицирован по экипажной части с серийным тепловозом ТЭП60. После неудачи с созданием тепловоза ТЭП75 с дизелем 4410 кВт, тепловоз ТЭП70 был унифицирован по кузову и экипажной части с тепловозом ТЭП75, в расчете на создание нового типоразмерного ряда. В связи с тем, что тепловозная тяга в то время была основной, вариант унификации тепловоза с грузовыми не рассматривался. Тепловоз мощностью 4410 кВт на базе ТЭП70 так и не был создан, в дальнейшем тепловоз такой мощности был реализован в виде восьмиосного ТЭП80, который не выпускался серийно из-за отсутствия спроса.

Увеличение диаметра колеса с 1050 до 1220 мм., согласно [4], было произведено по требованию Министерства путей сообщения (МПС) для уменьшения контактных напряжений, и, согласно данным [5], позволило увеличить передаточные отношения до  $u = 3,12$  и силу тяги в продолжительном режиме до 167 кН против 123 кН у ТЭП60. Поскольку база тележки при этом составила 4300 мм против 3700 мм у тележки грузовых тепловозов, горизонтальная динамика в кривых ухудшилась. Так, при прохождении стрелочного перевода Р50 1/11 на боковой путь со скоростью 40 км/ч напряжения в подошве рельсов на переднем вылете составили 330 МПа против 227 МПа у 2ТЭ116 [5]. Рессорное подвешивание – двухступенчатое со статическим прогибом 180 мм. Согласно [6], при двухступенчатом рессорном подвешивании величину статического прогиба необходимо принимать на 20 % выше, чем при одноступенчатом, то есть данное подвешивание равноценно одноступенчатому со статическим прогибом 150 мм.

Тепловоз ТЭ125 был построен ПАО «Лугансктепловоз» в середине 70-х годов прошлого века для поставок на экспорт, в связи с чем максимально унифицирован с другими тепловозами этого ряда (ТЭ109, ТЭ129). На тепловозе использована модернизированная тележка тепловоза 2ТЭ116 с диаметром колес 1050 мм, в которой резинометаллические опоры кузова заменены второй ступенью рессорного подвешивания с суммарным статическим прогибом 154 мм. Использован опорно-рамный тяговый привод с дисковыми резинокордными муфтами и передаточным числом  $u = 2,56$  [7], что позволило обойтись без увеличения диаметра колес. Тепловоз не производился серийно вследствие того, что он был не востребован на экспортном рынке, а на внутреннем рынке на его базе не могла быть создана модификация с дизелем 4412 кВт на секцию. В 2005 – 2008 годах ПАО «Лугансктепловоз» создал на его базе тепловоз ТЭП150 [8], в котором статический прогиб 150 мм был реализован при использовании резинометаллических опор кузова на тележку, как в грузовых модификациях. Ввиду недостаточной платежеспособности заказчика (УЖД) было выпущено несколько локомотивов.

Наконец АО «БМЗ» разработан проект односекционного тепловоза ТЭ26 для малодетальных линий, который может использоваться в пассажирском сообщении. На тепловозе используется серийная тележка грузовых локомотивов.

Таким образом, выбор основных технических решений тепловоза ТЭП70 (увеличение диаметра колес, применение тележки и кузова, не унифицированных с грузовыми тепловозами) определяются планами создания ряда пассажирских тепловозов мощностью 2942 и 4410 кВт, которые не были реализованы и требованиями МПС 70-х годов, и которые не выполнялись для тепловозов более поздней постройки; таким образом, данные решения нельзя отнести к рациональным. Поскольку тяговые параметры ТЭП70 удастся реализовать с помощью модификаций тележки грузового тепловоза, а движение пассажирских поездов со скоростями выше 160 км/ч в настоящее время планируется реализовать исключительно с использованием электрической тяги, можно сделать вывод, что применение колес диаметром 1220 мм для пассажирского тепловоза нецелесообразно. С другой стороны, создание пассажирских модификаций односекционного тепловоза ТЭ26 для конструкционной скорости 120 и 160 км/ч можно отнести к рациональным решениям, поскольку позволяет увеличить объем выпуска в унифицированном ряду, образованном тепловозом ТЭ26, и применить узлы, унифицированные с грузовыми тепловозами. В более дальней перспективе имеет смысл создания универсальных тепловозов, сочетающих в себе тяговые свойства грузовых и конструкционную скорость пассажирских.

Рассмотрим практические возможности реализации экипажной части подобных тепловозов, исходя из того, что рациональным новым решением в условиях перестройки экономики является такое, которое может быть практически реализовано с минимальным риском принципиальных ошибок, а для этого оно должно содержать минимум информации, то есть информации, которую потребуется дополнительно получить в процессе разработок [9].

### **Расчет**

Как уже указывалось выше, на реализованных конструкциях отечественных пассажирских тепловозов для конструкционной скорости 160 км/ч применяется рессорное подвешивание с суммарным статическим прогибом, эквивалентным прогибу 150 мм при одноступенчатом рессорном подвешивании. В тележке тепловоза ТЭП 150 (рис. 1) статический прогиб буксового подвешивания составляет 126 мм, как и у тепловоза 2ТЭ116. Поскольку суммарный прогиб рессорного подвешивания тепловоза 2ТЭ116 равен 146 мм [10], можно считать, что заявленная цифра суммарного статического прогиба для ТЭП150 в 150 мм соответ-

ствуует действительности. Разница в осевой нагрузке между ТЭ26 и ТЭП70 составляет всего лишь 2 %.

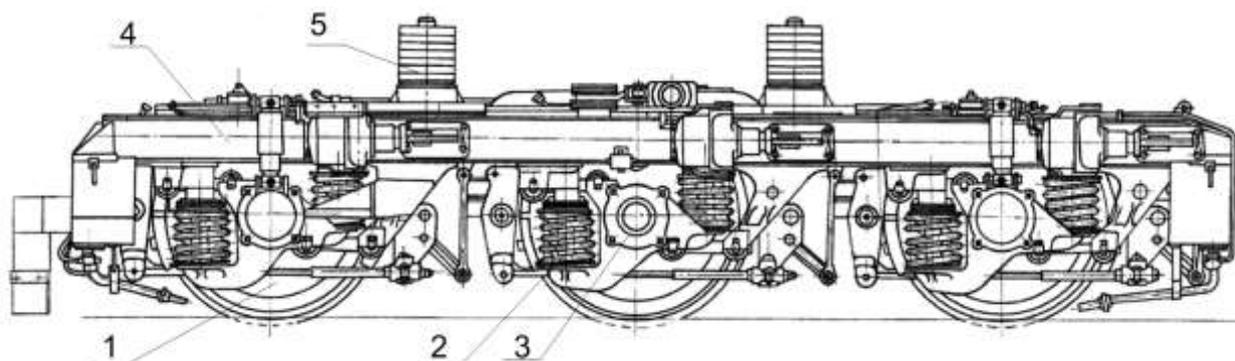


Рисунок 1 – Тележка тепловоза ТЭП150: 1 – колесная пара, 2 – пружина рессорного подвешивания, 3 – букса, 4 – рама тележки, 5 – опора кузова

Отсюда следует, что для создания варианта пассажирского тепловоза с конструкционной скоростью  $v_k = 120$  км/ч на базе тепловоза ТЭ26 достаточно только изменить передаточное отношение тяговой передачи на  $u = 3,65$ , при этом сила тяги продолжительного режима составит  $F_\infty = 267$  кН, что на 16 % выше, чем у тепловоза ТЭП70БС.

Для варианта тепловоза с  $v_k = 160$  км/ч величина статического прогиба 150 мм считается минимальной [7]. Известно, что ранее на тепловозе 2ТЭ116-184 [10, 11] в опытном порядке было применено пневмопружинное подвешивание в буксовой ступени (рис. 2).

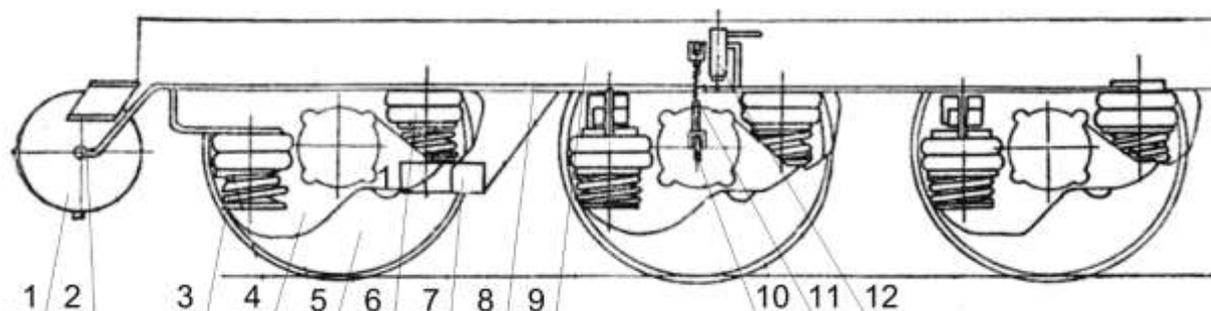


Рисунок 2 – Схема пневмопружинного подвешивания на унифицированной бесчелюстной тележке: 1 – резервуар, 2 – дроссель, 3 – пружина, 4 – букса, 5 – колесная пара, 6 – пневмооболочка, 7 – поводок буксы, 8 – трубопровод, 9 – рама тележки, 10 – кронштейн, 11 – пружина, 12 – высотрегулирующий клапан

В результате испытаний было установлено [10], что по сравнению со штатным вариантом подвешивания амплитуды динамических нагрузок на буксы снизились в 1,5-2,5 раза, что компенсирует увеличение статической нагрузки на ось на 2 %. В частности, данный эффект достигнут благодаря тому, что пневмоподвешивание является сбалансированным.

К недостаткам пневмопружинного подвешивания относится то, что при использовании опорно-рамного привода с полым валом на оси и отсутствии воздуха в пневмооболочках вертикальное перемещение букс относительно рамы тележки может привести к соприкосновению полого вала с колесной парой, зазор между которыми в месте максимального перемещения колесной пары относительно полого вала составляет около 40 мм (по данным [12]). В связи с этим авторы предлагают применить пневмопружинное подвешивание на пассажирском варианте локомотива при наличии ограничителей вертикального перемещения буксы в сторону рамы тележки. Согласно [7], динамические перемещения букс бесчелюстной тележки в штатном варианте составляют 30-35 мм, однако при использовании сбалансированного одноступенчатого рессорного подвешивания их удастся снизить до 22-26 мм [7, 13]. В связи с тем, что пневмопружинное подвешивание является сбалансированным, можно ограничить вертикальные перемещения букс до 35 мм, например, выбором высоты резиновых упоров над буксами.

При необходимости устойчивость движения тепловоза в прямых может быть повышена путем применения фрикционного гасителя колебаний относительного, описанного в [14].

Рассмотрим возможность реализации тягового привода. Допустим, что на тепловозе будет применяться тяговый электродвигатель (ТЭД) с характеристиками, аналогичными серийному отечественному ТЭД ДТК 417-К с крутящим моментом в продолжительном режиме, равном  $M_{\infty} = 6,6$  кНм. Тогда сила тяги тепловоза в продолжительном режиме составит:

$$F_{\infty} = \frac{12 u M_{\infty} \eta}{D_k}, \quad (1)$$

где  $u = 2,607$  (как у ТЭП150);

$\eta = 0,98$  – к.п.д. зубчатой передачи при подшипниках качения;

$D_k = 1,05$  м – диаметр колеса.

При указанных параметрах  $F_{\infty} = 193$  кН, что на 15 % выше, чем у ТЭП70.

Максимальная скорость вращения ротора ТЭД при  $v_k = 160$  км/ч составит:

$$n_{\max} = \frac{60 v_k u}{3,6 \pi D_k}. \quad (2)$$

При указанных параметрах  $n_{\max} = 2108$  мин<sup>-1</sup>, что на 10 % меньше предельного допустимого значения для ТЭД ДТК-417К (2320 мин<sup>-1</sup>).

Далее рассмотрим вопрос о возможности создания универсального тепловоза для грузового и пассажирского движения за счет применения бесколлекторных тяговых электродвигателей. В 1975 году ПАО «Лугансктепловоз» построил тепловоз ТЭ120 с асинхронными ТЭД ЭД-900, опорно-рамным приводом с передаточным числом  $u = 3,409$  и силой тяги в продолжительном режиме 256 кН [15], что ниже, чем у современных тепловозов с коллекторными ТЭД, поскольку крутящий момент ЭД-900 в продолжительном режиме составлял всего  $M_{\infty} = 7,55$  кНм, в то время, как у современного ДАТ-350-6, применяемого на тепловозе 2ТЭ25А, он составляет  $M_{\infty} = 9,15$  кНм. Требуемое передаточное число

$$u = \frac{F_{\infty} D_k}{12 M_{\infty} \eta}. \quad (3)$$

При  $F_{\infty} = 323$  кН и  $M_{\infty} = 9,15$  кНм передаточное число  $u = 3,15$ . Поскольку наружный диаметр ТЭД ДАТ-350-6 равен 770 мм, как и ТЭД ЭД-900, примененном на тепловозе ТЭ120, имеющем привод с полым валом при передаточном числе  $u = 3,41$ , можно считать, что двигатель ДАТ-350-6 или аналогичный, предназначенный для тепловоза 2ТЭ25А, может быть выполнен в модификации для опорно-рамного привода с передаточным числом  $u = 3,15$ . Согласно (2), максимальная скорость вращения ротора ТЭД при  $v_k = 160$  км/ч в этом случае составит  $n_{\max} = 2546$  мин<sup>-1</sup>. Это на 11 % выше максимальной скорости ДАТ-350-6, на тепловозе 2ТЭ25А, равной 2300 мин<sup>-1</sup>. Диаметр ротора рассматриваемого ТЭД приблизительно равен  $D_p = 0,5$  м. Таким образом, максимальная окружная скорость ротора составит

$$v_{\text{окр}} = \frac{n_{\max} \pi D_p}{60}, \quad (4)$$

откуда  $v_{\text{окр}} = 67$  м/с, что в 1,5 раз ниже предельно допустимой окружной скорости ротора для асинхронных ТЭД, которая в [16] определена равной 100 м/с.

В отличие от опорно-осевого привода, в опорно-рамном приводе с полым валом вводится дополнительный конструктивный элемент, лимитирующий надежность, в виде резинокордных упруго-компенсирующих муфт (РКМ). В отличие от электровозов ЭП1, данные муфты установлены на низкооборотной части привода, что сокращает число циклов угловой деформации в течение межремонтного пробега в число раз, равное передаточному числу тяговой передачи. При этом, в случае одноступенчатого рессорного подвешивания, в приводе практически не возникает динамических моментов при проезде неровностей пути [17]. РКМ на основе хлопчатобумажной ткани «Чефер», согласно [7], были испытаны на усталостную прочность при углах излома 1°30', что, при расстоянии между РКМ, приблизительно равным 1400 мм, соответствует вертикальному перемещению букс 37 мм, в то время как при сбалансированном пневмоподвешивании, как указывалось выше, оно должно составить 22-26 мм. В процессе испытаний РКМ также подвергалась периодическому воздействию крутящего момента, равного предельному по сцеплению при коэффициенте трения, равном 0,33, что соответствует силе тяги тепловоза ТЭ125, равной 388 кН и близко к силе тяги тепловоза ТЭ26 при трогании с места (около 400 кН). При этом было установлено, что РКМ должна обеспечить безремонтный пробег не менее 1 млн. км [7]. В настоящее время локомотивные РКМ

изготавливаются Опытным заводом НКМ «Прогресс» (г. Омск) по новой технологии, с сердечником из прорезиненного капронового корда 23 КНТС, нити которого направлены под углом  $15^\circ$  к радиусу [18], что позволит существенно увеличить долговечность РКМ по сравнению с конструкцией с кордом из ткани «Чефер». Предложенные авторами мероприятия по увеличению нагрузочной способности РКМ при воздействии статического крутящего момента были ранее изложены авторами в [1].

Таким образом, основные проблемы при использовании для универсального локомотива с АТД опорно-рамного тягового привода с полым валом и РКМ заключаются в воздействии на РКМ ударного крутящего момента при аварийных режимах работы преобразователя АТД (что отмечалось на тепловозе ТЭ120) и необходимость ограничения колеса по рельсу в режиме боксования не выше 3-4 км/ч, поскольку из-за высокой податливости РКМ на кручение, в данном приводе не происходит гашения фрикционных автоколебаний колесной пары из-за виброударных процессов в тяговой передаче [19].

Оба варианта (с коллекторным и асинхронным ТЭД) содержат минимальное количество униформации, поскольку все вновь предлагаемые конструктивные элементы ранее были практически реализованы и исследованы.

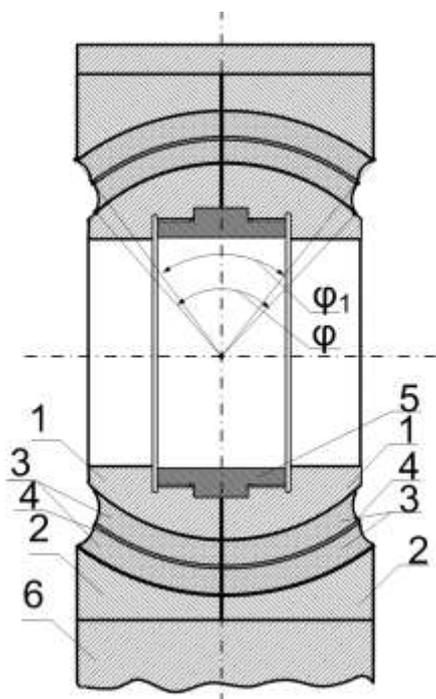
Рассмотрим вопрос о возможности дальнейшей унификации экипажной части предложенного универсального тепловоза с грузовыми за счет использования опорно-осевого привода, при котором неподрессоренная масса будет выше, чем при опорно-рамном. В таблице 2 приведены сведения о величине неподрессоренной массы  $m_n$  ряда пассажирских и грузовых локомотивов отечественных ж.д.

Таблица 2 – Сведения о величине неподрессоренной массы  $m_n$  ряда пассажирских и грузовых локомотивов отечественных ж.д.

Серия	ТЭП70БС	ЭП1М	ЭП2К	ЭП20	ЧС2	ЧС6	ТЭП10Л	2ТЭ25А
vk, км/ч	160	140	160	200	160	190	140	120
$m_n$ , т	2,76	3,9	3,9	2,95	3,85	3,25	4,44	3,9

Как видно из таблицы 2, современные пассажирские электровозы с опорно-рамным приводом (за исключением высокоскоростных) имеют практически такую же величину неподрессоренной массы, как и грузовой тепловоз 2ТЭ25А. Более того, в 60-х годах прошлого века было построено 550 пассажирских тепловозов ТЭП10 и ТЭП10Л с неподрессоренной массой 4,44 т, которые эксплуатировались на пути с более слабым верхним строением, чем сейчас. Следует также отметить, что в результате исследований динамики со скоростями движения до 200 км/ч тепловоза HS4000 фирмы Brush (Великобритания) было установлено, что тепловоз имеет лучшие динамические свойства, чем ТЭП70 [7].

Фактически требование применять только опорно-рамный привод на пассажирских тепловозах (а не установление норм на предельную необрессоренную массу) был обусловлен низкой надежностью коллекторных ТЭД при опорно-осевом приводе; так, повреждаемость ТЭД тепловоза ТЭП60 с опорно-рамным приводом оказалась в 3,5 раз ниже, чем ТЭД тепловоза 2ТЭ10Л [20]. Однако асинхронные ТЭД обладают гораздо более высокой надежностью и виброустойчивостью, что устраняет первоначальную проблему. По мнению авторов, имеет смысл вернуться к вопросу допустимости применения на пассажирских тепловозах опорно-осевого привода с упругим зубчатым колесом при обеспечении величины неподрессоренной массы не более 4 т на ось. Поскольку на тепловозах 2ТЭ25А наблюдались отказы резинометаллических шарниров подвески [21], авторами предложен двуслойный резинометаллический шарнир (рис. 3), отличающийся более высокой нагрузочной способностью. На конструкцию шарнира получен патент на полезную модель [22].



**Рисунок 3 – Двуслойный резинометаллический шарнир:** 1 – внутренняя втулка, 2 – наружная втулка, 3 – резиновый элемент, 4 – арматура, 5 – резьбовая втулка, 6 – подвеска

пассажирского тепловоза ТЭП70 определены ранее существовавшими планами создания тепловозов более высокой мощности, и в настоящее время не являются рациональными. Целесообразно создание пассажирских тепловозов, унифицированных с грузовыми, в том числе по экипажной части.

2. Доказана возможность создания пассажирского тепловоза на базе проектируемого ТЭ26 при модернизации тележки путем применения пневмопружинного подвешивания, опорно-рамного тягового привода с РКМ и фрикционных демпферов виляния и отбоя. При использовании коллекторных ТЭД сила тяги предлагаемого тепловоза в продолжительном режиме будет на 15 % выше, чем у ТЭП70.

3. Доказана возможность создания универсального тепловоза с асинхронными ТЭД в вариантах с опорно-рамным и опорно-осевым приводами. Для варианта с опорно-осевым приводом предложена конструкция двуслойного шарнира подвески ТЭД.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антипин Д.Я., Борзенков М.И., Воробьев В.И., Дорофеев О.В., Злобин С.Н., Измеров О.В., Копылов С.О. Возможности унификации грузовых и пассажирских тепловозов широкой колеи // Мир транспорта и технологических машин. – 2019. – №4(67). – С. 40-49.
2. Техническая инновационика. Рациональный выбор технических решений при проектировании: монография / О.В. Измеров и др.; под ред. О.В. Измерова. – Орел: Госуниверситет - УНПК, 2013. – 340 с.
3. Осин Г.Г. Устройство и эксплуатация тепловозов ТЭП70БС (ТЭП70У). – М.: ОАО «РЖД», 2015. – 266 с.
4. Пассажирский тепловоз ТЭП70 / В.Г. Быков, Б.Н. Морошкин, Г.Е. Серделевич, Ю.В. Хлебников, В.М. Ширяев. – М.: Транспорт, 1976. – 232 с.
5. Богданов Ы.М., Желнин Г.Г., Певзнер В.О., Кондратов В.А., Титаренко В.С., Гундарь В.П., Сидоров Н.П., Возняк Н.К. Воздействие тепловоза 2ТЭ121 на путь и допускаемые скорости движения / под ред. Л.К. Добрынина // Результаты испытаний тепловоза 2ТЭ121: Труды ВНИТИ. - Вып. 62. - Коломна. - 1985. - С. 93-96.
6. Тепловозы. Конструкция, теория и расчет: монография / Под редакцией Н.И. Панова // М.: Машиностроение, 1976. – 544 с.
7. Повышение надежности экипажной части тепловозов: монография / А.И. Беляев, Б.Б. Бунин, С.М. Голубятников и др.; Под ред. Л.К. Добрынина. – М.: Транспорт, 1984. – 248 с.
8. Знакомьтесь: Тепловоз ТЭП 150 // Локомотив. – М. – 2004. – №11. – С. 32-35.
9. Техническая инновационика. Поиск новых конструктивных решений: монография / Д.Я. Антипин, М.И. Борзенков, А.С. Космодамианский, В.И. Воробьев, О.В. Измеров, С.Н. Злобин, О.В. Дорофеев, Е.В. Николаев, А.А. Пугачев, Д.Н. Шевченко; под ред. А.С. Космодамианского. – Орел: ОГУ имени И.С. Тургенева, 2021. – 222 с.

### Результаты и обсуждение

Доказаны возможности создания на базе проектируемого тепловоза ТЭ26 пассажирского тепловоза с коллекторными ТЭД и тяговым усилием, на 15 % выше, чем у ТЭП70, и универсального тепловоза с силой тяги, как у грузового варианта, при конструкционной скорости пассажирского, в случае применения асинхронных ТЭД. Это позволит повысить степень унификации грузовых и пассажирских тепловозов, сократить количество оборудования, требуемого для производства и ремонта, а также позволит увеличить объем выпуска тепловоза ТЭ26 и снизить его стоимость.

Бесколлекторные ТЭД впервые в отечественной практике позволяют создать тепловоз, одновременно имеющий силу тяги в продолжительном режиме, как у грузового, при конструкционной скорости, как у пассажирского, что дает возможность более эффективно использовать имеющийся локомотивный парк.

### Выводы

1. В результате проведенного анализа установлено, что технические решения

10. Евстратов А.С. Экипажные части тепловозов: монография. – М.: Машиностроение, 1987. – 136 с.
11. Пневматическое рессорное подвешивание тепловозов: монография / Под общ. ред. С.М. Куценко. – Харьков: Вища школа, 1978. – 97 с.
12. Тепловоз ТЭП150. Руководство по эксплуатации. Часть 2. Альбом иллюстраций 2060.00.00.000 РЭ1 / Луганск: Лугансктепловоз, 2004. – 117 с.
13. Пузанов В.А., Цейтлин Е.Л. Динамические качества рессорного подвешивания тепловоза 2ТЭ121 / под ред. Л.К. Добрынина // Результаты испытаний тепловоза 2ТЭ121: Труды ВНИТИ. – Вып. 62. – Коломна, 1985. – С. 117-118.
14. Голубятников С.М., Сорочкин Э.М., Петров А.В., Спирягин И.К., Бурка М.Л., Кутепов С.А. Влияние конструкции и характеристик горизонтальных связей кузова с тележками на динамику тепловоза 2ТЭ121 в прямых, кривых и стрелочных переводах // Результаты испытаний тепловоза 2ТЭ121; под ред. Л.К. Добрынина: Труды ВНИТИ. – Вып. 62. – Коломна, 1985. – С. 97-108.
15. Электрические передачи переменного тока тепловозов и газотурбовозов / А.Д. Степанов, В.И. Андерс, В.А. Пречисский, Ю.И. Гусевский. – М.: Транспорт, 1982. – 254 с.
16. Проектирование тяговых электрических машин / М.Д. Находкин, Г.В. Василенко, В.И. Бочаров, М.А. Козорезов. – М.: Транспорт, 1976. – 624 с.
17. Результаты динамических испытаний привода колесных пар при опорно-рамном подвешивании тягового электродвигателя: Отчет ВНИТИ № И-61-73. – Коломна: ВНИКТИ, 1973. – 57 с.
18. Соколов Ю.Н., Суровцев П.М., Дегтярев В.Е., Пономарев А.С. О ресурсе резинокордных элементов муфты тягового привода пассажирского электровоза ЭП1 // Вестник ВНИКТИ. Экспериментальные исследования и конструкторские разработки по обеспечению работоспособности, повышению безотказности и эффективности подвижного состава и его узлов. – Вып. 93. – Коломна. – 2011. – С. 40-51.
19. Автоколебательные процессы в транспортных системах: монография / В.И. Воробьев, О.В. Дорофеев, О.В. Измеров, М.И. Борзенков, А.А. Пугачев, С.Н. Злобин, С.О. Копылов. – Орел: ОГУ имени И.С. Тургенева, 2016. – 127 с.
20. Тяговые передачи электроподвижного состава железных дорог: монография / И.В. Бирюков, А.И. Беляев, Е.К. Рыбников. – М.: Транспорт, 1986. – 256 с.
21. Алексеева М.С. Анализ работы тепловозов 2ТЭ25А «Витязь» на Дальневосточной железной дороге // Технические науки – от теории к практике: сб. ст. по матер. IVIII междунар. науч.-практ. конф. №5(53). Часть II. – Новосибирск: СибАК, 2016. – С. 61-66.
22. Пат. 213368 РФ, СПК F61C 11/06. Сферический резинометаллический шарнир.

**Воробьев Владимир Иванович**

Брянский государственный технический университет  
Адрес: 241035, Россия, Брянск, ул. Харьковская  
К.т.н., доцент кафедры «Подвижной состав железных дорог»  
E-mail: vladimvorobiev@yandex.ru

**Злобин Сергей Николаевич**

Орловский государственный университет имени  
И.С. Тургенева  
Адрес: 302030, Россия, г. Орел, ул. Московская, д. 77  
К.т.н., доцент кафедры машиностроения  
E-mail: zsn2@rambler.ru

**Измеров Олег Васильевич**

Брянский государственный технический университет  
Адрес: 241035, Россия, Брянск, ул. Харьковская  
Соискатель  
E-mail: izmerov@yandex.ru

**Николаев Евгений Владимирович**

Российский университет транспорта (МИИТ)  
Адрес: 127994, ГСП-4, г. Москва, ул. Образцова, д. 9  
Доцент кафедры «Тяговый подвижной состав»  
E-mail: vladimvorobiev@yandex.ru

V.I. VOROBYEV, S.N. ZLOBIN, O.V. IZMEROV, E.V. NIKOLAEV

## POSSIBILITIES OF CREATING UNIVERSAL DIESEL LOCOMOTIVES FOR CARGO AND PASSENGER SERVICE

**Abstract.** *The analysis of the rationality of the design of passenger locomotives of domestic railways is carried out. It is proved that it is possible to unify passenger locomotives with cargo locomotives based on the design of the projected TE26 diesel locomotive, which will increase the traction force by 15 %, and when using asynchronous motors – to create a universal diesel locomotive with passenger and cargo parameters. Measures to modernize the trolley and traction drive are proposed.*

**Keywords:** *diesel locomotive, locomotive trolley, spring suspension, traction drive, construction*

BIBLIOGRAPHY

1. Antipin D.Ya., Borzenkov M.I., Vorob`ev V.I., Dorofeev O.V., Zlobin S.N., Izmerov O.V., Kopylov S.O. Vozmozhnosti unifikatsii gruzovykh i passazhirskikh teplovozov shirokoy kolei // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2019. - №4(67). - S. 40-49.
2. Tekhnicheskaya innovatsionika. Ratsional`nyy vybor tekhnicheskikh resheniy pri proektirovanii: monografiya / O.V. Izmerov i dr.; pod red. O.V. Izmerova. - Orel: Gosuniversitet - UNPK, 2013. - 340 s.
3. Osin G.G. Ustroystvo i ekspluatatsiya teplovozov TEP70BS (TEP70U). - M.: OAO «RZHD», 2015. - 266 s.
4. Passazhirskiy teplovoz TEP70 / V.G. Bykov, B.N. Moroshkin, G.E. Serdelevich, Yu.V. Hlebnikov, V.M. Shiryaev. - M.: Transport, 1976. - 232 s.
5. Bogdanov Y.M., Zhelmin G.G., Pevzner V.O., Kondratov V.A., Titarenko V.S., Gundar` V.P., Sidorov N.P., Voznyak N.K. Vozdeystvie teplovoza 2TE121 na put` i dopuskaemye skorosti dvizheniya / pod red. L.K. Dobrynina // Rezul`taty ispytaniy teplovoza 2TE121: Trudy VNITI. - Vyp. 62. - Kolomna. - 1985. - S. 93-96.
6. Teplovozy. Konstruktsiya, teoriya i raschet: monografiya / Pod redaktsiyey N.I. Panova // M.: Mashinostroenie, 1976. - 544 s.
7. Povyshenie nadezhnosti ekipazhnoy chasti teplovozov: monografiya / A.I. Belyaev, B.B. Bunin, S.M. Golubyatnikov i dr.; Pod red. L.K. Dobrynina. - M.: Transport, 1984. - 248 s.
8. Znakom`tes` : Teplovoz TEP 150 // Lokomotiv. - M. - 2004. - №11. - S. 32-35.
9. Tekhnicheskaya innovatsionika. Poisk novykh konstruktivnykh resheniy: monografiya / D.Ya. Antipin, M.I. Borzenkov, A.S. Kosmodamianskiy, V.I. Vorob`ev, O.V. Izmerov, S.N. Zlobin, O.V. Dorofeev, E.V. Nikolaev, A.A. Pugachev, D.N. Shevchenko; pod red. A.S. Kosmodamianskogo. - Orel: OGU imeni I.S. Turgeneva, 2021. - 222 s.
10. Evstratov A.S. Ekipazhnye chasti teplovozov: monografiya. - M.: Mashinostroenie, 1987. - 136 s.
11. Pnevmaticheskoe ressonnoe podveshivanie teplovozov: monografiya / Pod obshch. red. S.M. Kutsenko. - Har`kov: Vishcha shkola, 1978. - 97 s.
12. Teplovoz TEP150. Rukovodstvo po ekspluatatsii. Chast` 2. Al`bom illyustratsiy 2060.00.00.000 RE1 / Lugansk: Luganskteplovoz, 2004. - 117 s.
13. Puzanov V.A., Tseytlin E.L. Dinamicheskie kachestva ressonnogo podveshivaniya teplovoza 2TE121 / pod red. L.K. Dobrynina // Rezul`taty ispytaniy teplovoza 2TE121: Trudy VNITI. - Vyp. 62. - Kolomna, 1985. - S. 117-118.
14. Golubyatnikov S.M., Sorochkin E.M., Petrov A.V., Spiriyagin I.K., Burka M.L., Kutepov S.A. Vliyaniye konstruktivnykh i kharakteristik gorizonta`nykh svyazey kuzova s tezhkimi na dinamiku teplovoza 2TE121 v pryamykh, krivykh i strelochnykh perevodakh // Rezul`taty ispytaniy teplovoza 2TE121; pod red. L.K. Dobrynina: Trudy VNITI. - Vyp. 62. - Kolomna, 1985. - S. 97-108.
15. Elektricheskie peredachi peremennogo toka teplovozov i gazoturbovozov / A.D. Stepanov, V.I. Anders, V.A. Prechisskiy, Yu.I. Gusevskiy. - M.: Transport, 1982. - 254 s.
16. Proektirovaniye tyagovykh elektricheskikh mashin / M.D. Nakhodkin, G.V. Vasilenko, V.I. Bocharov, M.A. Kozorezov. - M.: Transport, 1976. - 624 s.
17. Rezul`taty dinamicheskikh ispytaniy privoda kolesnykh par pri oporno-ramnom podveshivanii tyagovogo elektrodvigatelya: Otchet VNITI № I-61-73. - Kolomna: VNIKTI, 1973. - 57 s.
18. Sokolov Yu.N., Surovtsev P.M., Degtyarev V.E., Ponomarev A.S. O resurse rezinokordnykh elementov mufty tyagovogo privoda passazhirskogo elektrovoza EP1 // Vestnik VNIKTI. Eksperimental`nye issledovaniya i konstruktorskie razrabotki po obespecheniyu rabotosposobnosti, povysheniyu bezotkaznosti i effektivnosti podvizhnogo sostava i ego uzlov. - Vyp. 93. - Kolomna. - 2011. - S. 40-51.
19. Avtokolebatel`nye protsessy v transportnykh sistemakh: monografiya / V.I. Vorob`ev, O.V. Dorofeev, O.V. Izmerov, M.I. Borzenkov, A.A. Pugachev, S.N. Zlobin, S.O. Kopylov. - Orel: OGU imeni I.S. Turgeneva, 2016. - 127 s.
20. Tyagovye peredachi elektropodvizhnogo sostava zheleznykh dorog: monografiya / I.V. Biryukov, A.I. Belyaev, E.K. Rybnikov. - M.: Transport, 1986. - 256 s.
21. Alekseeva M.S. Analiz raboty teplovozov 2TE25A «Vityaz`» na Dal`nevostochnoy zheleznoy doroge // Tekhnicheskie nauki - ot teorii k praktike: sb. st. po mater. IVIII mezhdunar. nauch.-prakt. konf. №5(53). Chast` II. - Novosibirsk: SibAK, 2016. - S. 61-66.
22. Pat. 213368 RF, SPK F61C 11/06. Sfericheskiy rezinometallicheskiy sharnir.

**Vorobyev Vladimir Ivanovich**

Bryansk State Technical University  
Address: 241035, Russia, Bryansk, Kharkiv str.  
Candidate of technical sciences  
E-mail: vladimvorobiev@yandex.ru

**Zlobin Sergey Nikolaevich**

Orel State university  
Address: 302030, Russia, Orel, Moscow str.  
Candidate of technical sciences  
E-mail: zsn2@rambler.ru

**Izmerov Oleg Vasilevich**

Bryansk State Technical University  
Address: 241035, Russia, Bryansk, Kharkiv str.  
Applicant  
E-mail: izmerov@yandex.ru

**Nikolaev Evgeny Vladimirovich**

Russian University of Transport (MIIT)  
Address: 127994, GSP-4, Moscow, Obraztsova str.  
Associate professor  
E-mail: vladimvorobiev@yandex.ru

Научная статья

УДК 621.822

doi:10.33979/2073-7432-2023-3-2(82)-19-24

Д.О. ЛОМАКИН, А.К. ПОЗДНЯКОВ

## ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ КАЧЕНИЯ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

*Аннотация.* В статье дано понятие анализа вибрации технических систем и оборудования для выявления потенциальных проблем.

*Ключевые слова:* вибродиагностика, диагностика подшипников

### **Введение**

Дефекты материалов могут сохраняться на протяжении всего срока службы детали, возникая на разных этапах, например, во время подготовки заготовки или во время изготовления и эксплуатации. Необнаруженные производственные дефекты могут проявляться в виде внезапных отказов, приводящих к остановкам оборудования и простоям. Неразрушающий контроль является важнейшей практикой для оценки целостности и ключевых свойств объектов без причинения ущерба. Методы неразрушающего контроля основаны на физических полях или веществах, взаимодействующих с тестируемым объектом, часто фокусируясь на отдельных деталях или соединениях. Основные цели неразрушающего контроля включают выбор подходящих методов для обнаружения распространенных дефектов, разработку методов контроля и критериев, а также оценку уровня повреждения.

Одной из серьезных проблем вибрационной диагностики является определение технического состояния подшипников качения, установленных на валах. Во многих случаях безаварийность работы данного оборудования в большой степени зависит от состояния подшипников качения и влияет не только на технологический процесс, но и на безопасность работы узла, агрегата. Таким образом, решение вопроса диагностики таких узлов является весьма актуальной задачей.

### **Теория**

При обкатывании телами качения механических дефектов на обоймах подшипника, как и при дефектах на самих телах качения, в подшипнике возникают вибрационные процессы. Причиной возникновения вибраций является единичное импульсное возбуждение. Как аналог этого импульсного возбуждения можно рассмотреть удар при прохождении стыка двух рельс колесом вагона движущегося поезда. В этом случае колесо вагона является аналогом тела качения, а стык – дефекта на внешней обойме подшипника. Время действия возбуждающего усилия очень мало и составляет чаще всего доли или единицы миллисекунд. Каждое импульсное усилие от дефекта, возбуждаемое в элементах подшипника и в элементах механической конструкции агрегата, рассматривается как свободное затухающее колебание. Поскольку возбуждающее усилие носит кратковременный характер, то спектр частот возникающих свободных колебаний очень широк и может занимать полосу частот от сотен герц до сотен килогерц. Именно этим объясняется успешное применение для диагностики подшипников качения различных методов диагностики, анализирующих вибрации как в зоне слышимых частот, так и в зоне ультразвука и выше. Здесь очень важно уточнить, что частоты вибрации от дефектов подшипников качения мало зависят от частот вращения самих подшипников, т. к. свободные колебания механической конструкции от импульсного возбуждения определяются только резонансными свойствами самой конструкции. Т. е., с какой бы частотой ни наносились удары по подшипнику, частота свободных колебаний элементов подшипника не меняется. Следствием этого заключения является то, что с изменением частоты вращения контролируемого дефектного подшипника (конструкции) частота свободных колебаний не изменяется. Происходит только некоторое смещение распределения мощности в спектре вибрации. У быстроход-

ных подшипников большая часть мощности сосредоточена в высокочастотной зоне, у тихоходных подшипников больший вес имеют более низкие частоты. В любом случае частоты свободных колебаний не опускаются ниже нескольких сотен герц.

В случае вибродиагностики этот метод включает анализ параметров вибрации технических систем и оборудования для выявления потенциальных проблем. Это позволяет обнаруживать скрытые дефекты, требует минимальной разборки оборудования и обеспечивает быстрые результаты диагностики. С помощью вибродиагностики неисправности могут быть обнаружены на ранней стадии их развития, что сводит к минимуму риск аварийных ситуаций с оборудованием и повышает общую безопасность эксплуатации.

Хотя вибродиагностика обладает рядом преимуществ, следует иметь в виду некоторые соображения. Для обеспечения точных показаний требуется тщательное размещение датчика. На параметры вибрации влияет множество факторов, что затрудняет выделение сигналов, связанных с неисправностями. Следовательно, для эффективного анализа часто необходимы методы углубленного корреляционного и регрессионного анализа. Кроме того, на точность диагностики влияет количество используемых сглаженных параметров, таких как количество оценок.

### Материал и методы



Рисунок 1 – Анализатор параметров вибрации АГАТ-М

Для эффективного контроля анализатор параметров вибрации АГАТ-М служит надежным инструментом. Он обеспечивает двухканальный анализ и обеспечивает динамическую балансировку вращающегося оборудования в его опорах. Устройство АГАТ-М, наряду с программным обеспечением АГАТ-Protocol для обработки данных и Диамант-2 для анализа и сбора данных, облегчает комплексное обслуживание оборудования.

Для повышения надежности, точности и быстродействия систем виброакустической диагностики для выявления дефектов подшипниковых узлов предложена система вибродиагностики. Эта система объединяет датчики вибрации и акустической диагностики с устройствами усиления, фильтрации и преобразования сигналов. Обработанные сигналы затем отправляются в блок обработки, обучения и принятия решений, подключенный к базе данных и блоку прогнозирования состояния и отображения информации. Калибровочные блоки также используются для дальнейшего повышения производительности диагностической системы.

Основная концепция основана на системе вибродиагностики подшипниковых узлов, которая включает в себя датчики вибродиагностики и акустической диагностики. Эти датчики соединены между собой с помощью ряда устройств усиления, фильтрации и преобразования сигналов, которые в конечном счете подключаются к блоку обработки, обучения и принятия решений. Это устройство дополнительно подключено к базе данных и блоку прогнозирования состояния и отображения информации. Кроме того, к датчикам вибродиагностики и акустической диагностики подключен калибровочный блок, использующий устройства последовательного преобразования, фильтрации и усиления сигнала. Основным техническим результатом данного предложения является повышение надежности, точности и быстродействия системы виброакустической диагностики при выявлении различных типов дефектов подшипникового узла.

Предлагаемая установка относится к методам тестирования и диагностики и, в частности, применяется для ускоренного тестирования коробок передач в легковых автомобилях, оснащенных поперечным расположением двигателя. Это тестирование направлено на оценку долговечности коробок передач при моделируемых эксплуатационных нагрузках и диагно-

стику их технического состояния.

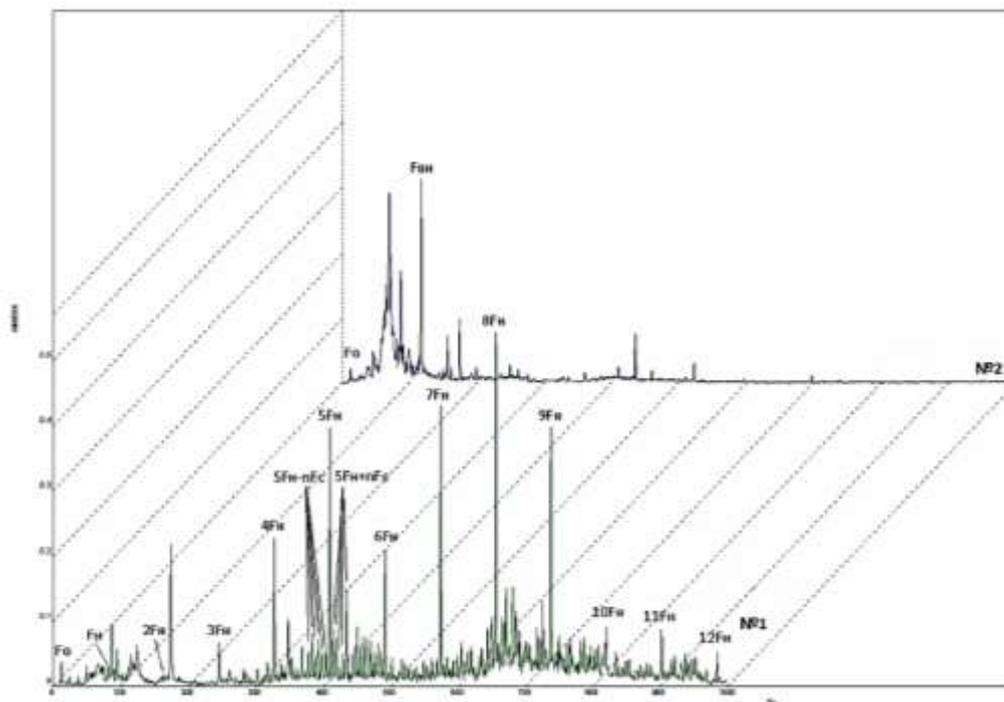


Рисунок 2 – Результаты измерений

В установке датчик 5 надежно установлен на корпусе 1 и подключен к блоку 10 через ряд последовательно подключенных устройств 7, 8 и 9. Аналогично, датчик 6 установлен на крышке 2 и подключен к блоку 10 через устройства 7, 8 и 9. Блок 10 устанавливает соединение с база данных 11 поступает на вход, а ее выходные данные подключаются к блоку 12. Блок 10 обработки, обучения и принятия решений может быть реализован в виде микрокомпьютера или микроконтроллера, оснащенного искусственной нейронной сетью в виде программного кода. Блок отображения 12, ответственный за отображение прогнозов состояния и информации, включает в себя дисплей с возможностями видео- и аудиосвязи. Калибровочный блок 13, подключенный к блоку 10, также подключен к блоку 12 через соответствующие устройства 9, 8 и 7, образуя соединения с датчиками 5 и 6 для целей калибровки.

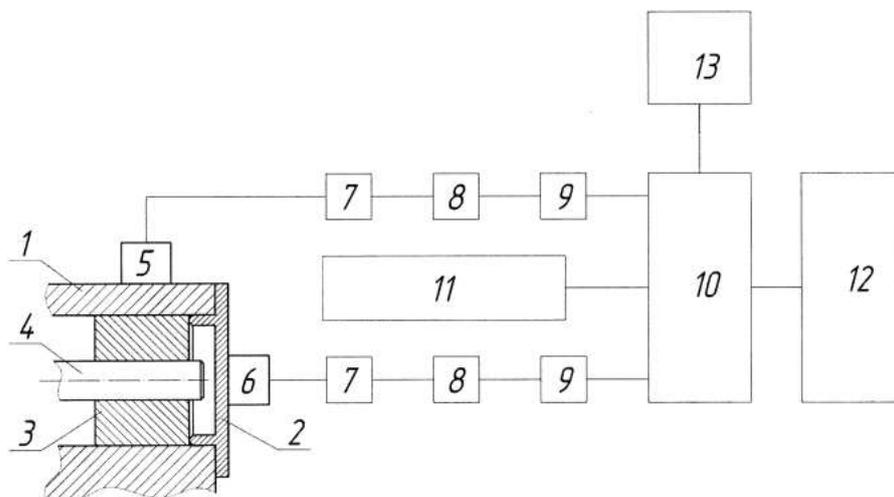


Рисунок 3 – Принципиальная схема экспериментальной установки

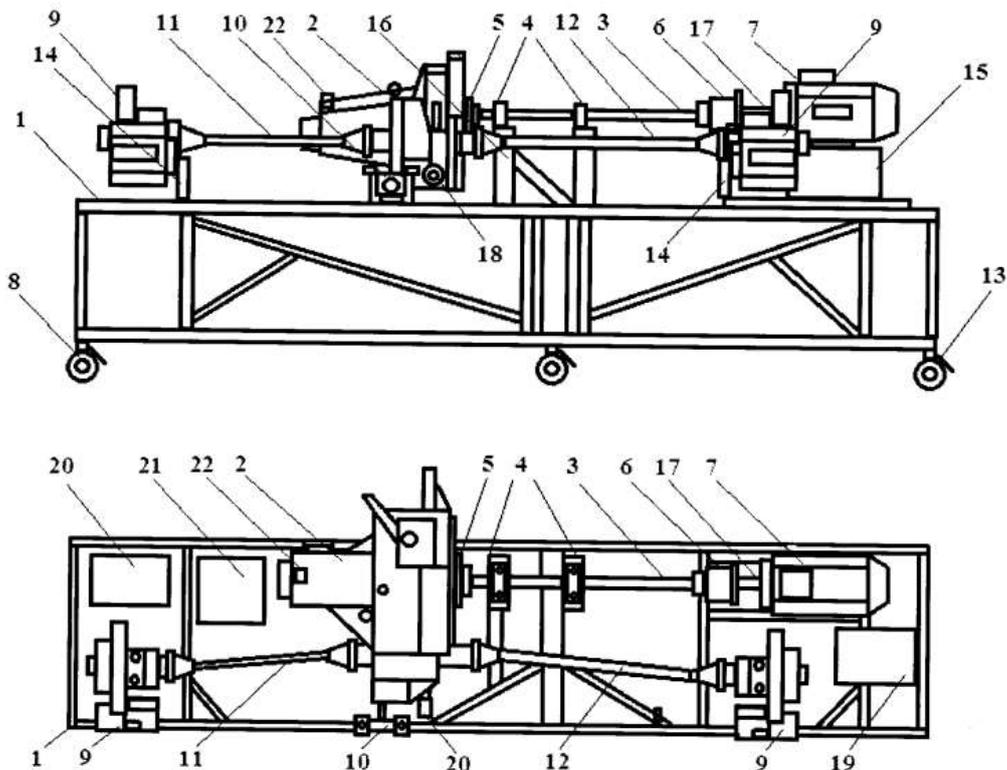


Рисунок 4 – Конструкция экспериментальной установки

Экспериментальная установка включает в себя монтажную раму 1, на которой с помощью кронштейна 15 установлен электродвигатель 7. Двигатель соединен с механической коробкой передач 2 через вал 17, гибкую муфту 6 и приводной вал 3. Коробка передач надежно закреплена на раме с помощью гибкой опоры 10. Приводной вал 3 установлен на опорах 4 с помощью кронштейна 16.



Рисунок 5 – Общий вид экспериментальной установки

Для облегчения измерений и анализа на коробке передач 2 установлены датчик вибрации 22 и механизм переключения передач 18. Коробка передач соединена с погрузочными механизмами 9 приводными валами 11 и 12. Эти загрузочные механизмы установлены на опорах 14. Рама 1 оснащена колесами 8 с тормозными механизмами 13 для обеспечения мобильности. Дополнительно, рама 1 содержит блок управления гидравлическим приводом 20, соединенный с механизмом загрузки коробки передач 9, блок преобразования сигнала 21, соединенный с датчиком вибрации 22, и подключенный к нему блок управления электродвигателем 19.

На экспериментальной установке проводились ускоренные испытания коробок передач легковых автомобилей с поперечным расположением двигателя для оценки долговечности и диагностики технического состояния. Установка включает в себя установку электродвигателей, механических коробок передач и различных датчиков для измерения вибрации и механизмов переключения передач.

#### Вывод

С помощью предлагаемой установки можно проводить ускоренные испытания коро-

бок передач легковых автомобилей, моделируя эксплуатационные нагрузки и оценивая их долговечность. Кроме того, это позволяет проводить диагностику технического состояния коробок передач, предоставляя ценную информацию об их производительности и потребностях в техническом обслуживании.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ ИСО 5347-0-95. Вибрация. Методы калибровки датчиков вибрации и удара [Электронный ресурс] / Портал общероссийского классификатора стандартов. - Режим доступа: [http://standartgost.ru/oks/246/1/267-vibratsii\\_izmereniya\\_udaraJ\\_vibratsii](http://standartgost.ru/oks/246/1/267-vibratsii_izmereniya_udaraJ_vibratsii).
2. ГОСТ Р 52545.1-2006. Подшипники качения. Методы измерения вибрации. Основные положения [Электронный ресурс] / Портал Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии. - Режим доступа: <http://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=128622>.
3. Неразрушающий контроль: Справочник / Под общ. Ред. В.В. Клюева. - В 7 т. - М.: Машиностроение. - 2005. - 829 с.
4. Тебекин М.Д., Родичев А.Ю., Токмакова М.А., Родичева И.В. Анализ способов безразборной диагностики механических коробок передач легковых автомобилей // Мир транспорта и технологических машин. - Орел: ОГУ имени И.С. Тургенева. - 2022. - №1(76). - С. 3-10.
5. Тебекин М.Д., Катунин А.А., Новиков А.Н. Технология диагностирования шаровых шарниров легковых автомобилей с помощью вибрационного способа // Информационные технологии и инновации на транспорте: сб. мат. второй Международной научно-практической конф. - Орел: ОГУ им. И.С. Тургенева, 2016.
6. Пат. 2783172 Российская Федерация, G01M 13/04. Система виброакустической диагностики подшипниковых узлов.
7. Пат. 2783190 Российская Федерация, G01M 13/02. Экспериментальная установка для диагностирования и испытания механических коробок передач легковых автомобилей.
8. Пат. 2753151 Российская Федерация, G01M 7/02. Способ вибрационной диагностики роторных систем.
9. Дороничев А.В., Константинов К.В. Методы диагностики технического состояния подшипников качения // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке: Труды Пятой международной научной конференции творческой молодежи. - В 6 т. - Хабаровск: ДВГУПС. - 2007. - Т. 4. - С. 248-251.
10. Петрухин В.В., Петрухин С.В. Основы вибродиагностики и средства измерения вибрации // Гриф УМО ВУЗов РФ. - М.: Инфра-Инженерия. - 2010. - 176 с.
11. Федотов А.И. Диагностика автомобиля: учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров и магистров «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов». - Иркутск: Иркутский гос. технический ун-т., 2012. - 476 с.
12. D'Elia G., Mucchi E., Cocconcelli M. On the identification of the angular position of gears for the diagnostics of planetary gearboxes // Mechanical systems and signal processing. - V. 83. - 2017. - P. 305-320.
13. Schmidt S., Heyns P.S., de Villiers J.P. A novelty detection diagnostic methodology for gearboxes operating under fluctuating operating conditions using probabilistic techniques // Mechanical systems and signal processing. - V.100. - 2018. - P. 152-166.
14. Weiguo Huang. Multi-source fidelity sparse representation via convex optimization for gearbox compound fault diagnosis // Journal of sound and vibration. - V. 496. - 2021. - P. 115879.
15. S. Foulard M., Ichchou M., Rinderknecht S., Perret-Liaudet J. Online and real-time monitoring system for remaining service life estimation of automotive transmissions - application to a manual transmission // Mechatronics. - V. 30. - 2015. - P. 140-157.
16. Chuan Li. Gearbox fault diagnosis based on deep random forest fusion of acoustic and vibratory signals // Mechanical systems and signal processing. - V. 76-77. - 2016. - P. 283-293.
17. Liu Hong, Jaspreet Singh, Dhupia A time domain approach to diagnose gearbox fault based on measured vibration signals // Journal of Sound and vibration. - V. 333. - 2014. - P. 2164-2180.
18. Gaigai Cai, Xuefeng Chen, Zhengjia He Sparsity-enabled signal decomposition using tunable Q-factor wavelet transform for fault feature extraction of gearbox // Mechanical systems and signal processing. - V. 41. - 2013. - P. 34-53.
19. Binqiang Chen. Fault feature extraction of gearbox by using overcomplete rational dilation discrete wavelet transform on signals measured from vibration sensors // Mechanical systems and signal processing. - V. 33. - 2012. - P. 275-298.
20. Yaguo Lei, Dong Han, Jing Lin, Zhengjia He Planetary gearbox fault diagnosis using an adaptive stochastic resonance method // Mechanical systems and signal processing. - V. 38. - 2013. - P. 113-124.

#### **Ломакин Денис Олегович**

Орловский государственный университет  
имени И.С.Тургенева  
Адрес: 302026, Россия, г. Орел, ул. Московская, 77  
К.т.н., доцент кафедры сервиса и ремонта машин  
E-mail: forstudentwork@mail.ru

#### **Поздняков Андрей Константинович**

Орловский государственный университет  
имени И.С.Тургенева  
Адрес: 302026, Россия, г. Орел, ул. Московская, 77  
Студент  
E-mail: srmostu@mail.ru

## DIAGNOSIS OF TECHNICAL CONDITION ROLLING BEARING UNITS IN REAL TIME

**Abstract.** The article gives the concept of vibration analysis of technical systems and equipment to identify potential problems.

**Keywords:** vibration diagnostics, diagnostics of bearings

### BIBLIOGRAPHY

1. GOST ISO 5347-0-95. Vibratsiya. Metody kalibrovki datchikov vibratsii i udara [Elektronnyy resurs] / Portal obshcherossiyskogo klassifikatora standartov. - Rezhim dostupa: [http://standartgost.ru/oks/246/1/267-vibratsii\\_izmereniya\\_udaraJ\\_vibratsii](http://standartgost.ru/oks/246/1/267-vibratsii_izmereniya_udaraJ_vibratsii).
2. GOST R 52545.1-2006. Podshipniki kacheniya. Metody izmereniya vibratsii. Osnovnye polozheniya [Elektronnyy resurs] / Portal Federal'nogo agentstva po tekhnicheskomu regulirovaniyu i metrologii. - Rezhim dostupa: <http://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=128622>.
3. Nerazrushayushchiy kontrol': Spravochnik / Pod obshch. Red. V.V. Klyueva. - V 7 t. - M.: Mashinostroyeniye. - 2005. - 829 s.
4. Tebekin M.D., Rodichev A.Yu., Tokmakova M.A., Rodicheva I.V. Analiz sposobov bezrazbornoy diagnostiki mekhanicheskikh korobok peredach legkovykh avtomobiley // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - Orel: OGU imeni I.S. Turgeneva. - 2022. - №1(76). - S. 3-10.
5. Tebekin M.D., Katunin A.A., Novikov A.N. Tekhnologiya diagnostirovaniya sharovykh sharnirov legkovykh avtomobiley s pomoshch'yu vibratsionnogo sposoba // Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte: sb. mat. vtoroy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konf. - Orel: OGU im. I.S. Turgeneva, 2016.
6. Pat. 2783172 Rossiyskaya Federatsiya, G01M 13/04. Sistema vibroakusticheskoy diagnostiki podshipnikovykh uzlov.
7. Pat. 2783190 Rossiyskaya Federatsiya, G01M 13/02. Eksperimental'naya ustanovka dlya diagnostirovaniya i ispytaniya mekhanicheskikh korobok peredach legkovykh avtomobiley.
8. Pat. 2753151 Rossiyskaya Federatsiya, G01M 7/02. Sposob vibratsionnoy diagnostiki rotornykh si-stem.
9. Doronichev A.B., Konstantinov K.V. Metody diagnostiki tekhnicheskogo sostoyaniya podshipnikov kacheniya // Nauchno-tekhnicheskoe i ekonomicheskoe sotrudnichestvo stran ATR v XXI veke: Trudy Pyatoy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii tvorcheskoy molodezhi. - V 6 t. - Habarovsk: DVGUPS. - 2007. - T. 4. - S. 248-251.
10. Petrukhin V.V., Petrukhin S.V. Osnovy vibrodiagnostiki i sredstva izmereniya vibratsii // Grif UMO VUZov RF. - M.: Infra-Inzheneriya. - 2010. - 176 s.
11. Fedotov A.I. Diagnostika avtomobilya: uchebnik dlya studentov vuzov, obuchayushchikhsya po napravleniyu podgotovki bakalavrov i magistrav «Ekspluatatsiya transportno-tekhnologicheskikh mashin i kompleksov». - Irkutsk: Irkutskiy gos. tekhnicheskii un-t., 2012. - 476 s.
12. D'Elia G., Mucchi E., Cocconcelli M. On the identification of the angular position of gears for the diagnostics of planetary gearboxes // Mechanical systems and signal processing. - V. 83. - 2017. - P. 305-320.
13. Schmidt S., Heyns P.S., de Villiers J.P. A novelty detection diagnostic methodology for gearboxes operating under fluctuating operating conditions using probabilistic techniques // Mechanical systems and signal processing. - V.100. - 2018. - P. 152-166.
14. Weiguo Huang. Multi-source fidelity sparse representation via convex optimization for gearbox compound fault diagnosis // Journal of sound and vibration. - V. 496. - 2021. - R. 115879.
15. S. Foulard M., Ichchou M., Rinderknecht S., Perret-Liaudet J. Online and real-time monitoring system for remaining service life estimation of automotive transmissions - application to a manual transmission // Mechatronics. - V. 30. - 2015. - P. 140-157.
16. Chuan Li. Gearbox fault diagnosis based on deep random forest fusion of acoustic and vibratory signals // Mechanical systems and signal processing. - V. 76-77. - 2016. - P. 283-293.
17. Liu Hong, Jaspreet Singh, Dhupia A time domain approach to diagnose gearbox fault based on measured vibration signals // Journal of Sound and vibration. - V. 333. - 2014. - P. 2164-2180.
18. Gaigai Cai, Xuefeng Chen, Zhengjia He Sparsity-enabled signal decomposition using tunable Q-factor wavelet transform for fault feature extraction of gearbox // Mechanical systems and signal processing. - V. 41. - 2013. - P. 34-53.
19. Binjiang Chen. Fault feature extraction of gearbox by using overcomplete rational dilation discrete wavelet transform on signals measured from vibration sensors // Mechanical systems and signal processing. - V. 33. - 2012. - P. 275-298.
20. Yaguo Lei, Dong Han, Jing Lin, Zhengjia He Planetary gearbox fault diagnosis using an adaptive stochastic resonance method // Mechanical systems and signal processing. - V. 38. - 2013. - P. 113-124.

**Lomakin Denis Olegovich**

Orel State University

Address: 302026, Russia, Orel, Moscow str., 77

Candidate of technical sciences

E-mail: forstudentwork@mail.ru

**Pozdnyakov Andrey Konstantinovich**

Orel State University

Address: 302026, Russia, Orel, Moscovskaya str., 77

Student

E-mail: srmostu@mail.ru

Научная статья

УДК 656.13

doi:10.33979/2073-7432-2023-3-2(82)-25-31

Ю.А. ЗАЯЦ, Т.М. ЗАЯЦ, Н.А. ЗАГОРОДНИЙ

## РЕШЕНИЕ ПЕРВОЙ ЗАДАЧИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЙ И ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

***Аннотация.** Представлен механизм решения актуальной задачи прогнозирования технических воздействий и остаточного ресурса в зависимости от наработки на эксплуатационных режимах. В качестве методологической базы предлагается использовать теорию планирования эксперимента при условии, что факторы являются независимыми, управляемыми, все их сочетания возможны, а целевая функция может быть измерена. В качестве факторов используются величины, определяющие эксплуатационный режим: частота вращения коленчатого вала, температура, нагрузка двигателя и др. Такая задача в статье авторами названа первой задачей прогнозирования. Практическая реализация данного механизма позволит в реальном масштабе времени выводить на экран водителю вариационный ряд остаточного ресурса до отказа.*

***Ключевые слова:** прогнозирование, планирование эксперимента, целевая функция, остаточный ресурс, эксплуатационный режим, управление техническим состоянием*

### **Введение**

Решение задачи прогнозирования остаточного ресурса, а, следовательно, и проведения каких-либо технических воздействий, предотвращающих остановку транспортно-технологического процесса, является актуальной, и в настоящее время полностью не решена. В работах [1, 2], а также в работе [3], опубликованной по материалам VII международной научно-практической конференции «Информационные технологии и инновации на транспорте», выполнена постановка задачи прогнозирования воздействий остаточного ресурса (ВиОР) и обоснованы предпосылки ее решения на основе эксплуатационных режимов. Решение задачи прогнозирования на основе эксплуатационных режимов применительно к моторному маслу рассматривалась в работах [4-7], применительно к тормозной системе впервые в работе [8]. Отдельные элементы этой идеи в других областях техники представлены в патентах [9, 10] и материалах работы [11].

Если рассмотреть перечень агрегатов (А), систем (С), элементов (Э) автомобиля, требующих контроля их технического состояния и определяющих безотказность транспортного средства, то можно выделить три задачи прогнозирования, логически разделяющих агрегаты, системы и элементы по методам решения задачи.

Первая задача прогнозирования ВиОР связана с определением целевой функции, характеризующей изменение структурного параметра (в последствии отказ) в зависимости от эксплуатационных режимов какого-либо агрегата, системы или элемента автомобиля. При этом предполагается, что факторы определяющие эксплуатационные режимы являются независимыми, управляемыми факторами, а их сочетания могут быть реализованы в процессе проведения испытаний.

При решении второй задачи предполагается, что в перечне факторов, определяющих эксплуатационные режимы какого-либо АСЭ, имеются как независимые и управляемые факторы, так и зависимые и неуправляемые, а их сочетания не могут быть реализованы в полной мере. Целевая функция, характеризующая отказ, известна и измеряема на протяжении всего эксперимента.

Решение третьей задачи обусловлено тем, что в перечне факторов, определяющих эксплуатационные режимы какого-либо агрегата или системы, имеются как независимые и управляемые факторы, так и зависимые и неуправляемые, а их сочетания не могут быть реализованы в полной мере. Целевая функция, характеризующая отказ, неизвестна или не измеряема (набор дискретных событий и результатов их оценки), известен только факт наличия отказа.

В данной работе рассматривается решение первой задачи.

### **Материал и методы**

Под прогнозированием технических воздействий понимается процедура определения момента проведения требуемого набора технологических операций для поддержания и восстановления исправности или работоспособности в зависимости от общепринятых аргументов – пробега автомобиля с начала эксплуатации или от наработки автомобиля, измеряемой в

единицах времени (циклах работы).

Современные методы прогнозирования остаточного ресурса и технического состояния объектов подразделяются на несколько основных групп по подходам к моделированию [12-14].

1. Модели на основе описания физических процессов. Такие модели включают в себя описание физических процессов в элементах машины как в нормальных условиях их работы, так и в условиях неисправностей (повреждений). В последнем случае часто используют дополнительную модель развития повреждения, также основанную на происходящих физических процессах.

2. Модели на основе данных. Методы моделирования, базирующиеся на основных положениях теории подобия, формировании модели изучаемого объекта, проведении экспериментальных исследований и пересчете полученных показателей с модели на натуральный объект. К этим методам относится также метод аналогий поведения объекта с поведением других объектов в данных условиях эксплуатации.

3. Эвристические модели. Методы экспертных оценок, сущность которых сводится к обобщению, статистической обработке и анализу мнений специалистов. Эксперты обосновывают свою точку зрения на собственном опыте, литературных данных, анализе эксплуатационной надежности узлов и механизмов автомобилей и т.д.

4. Статистические модели. Статистические методы, из которых наиболее широкое распространение получил метод экстраполяции, основанный на анализе статистических данных об отказах и ресурсе множества аналогичных объектов при схожих режимах и условиях эксплуатации.

5. Комбинированные (гибридные модели). Их применение обусловлено невозможностью охватить все разнообразие возможных видов отказов для всех элементов машины. В этом случае применяют комбинацию этих методов.

В статье [13] предлагается оценка ресурса узлов автомобиля с использованием вероятностных моделей через плотность распределения наработок объекта до предельного состояния, а также гамма-процентного ресурса. В реальных условиях эксплуатации ресурс транспортного средства из-за воздействия на него множества случайных факторов варьируется в довольно широких пределах. Поэтому ресурс объекта следует считать случайной величиной, он может быть описан только вероятностными моделями.

Недостатком данного вероятностного, как и статистического способов является невозможность индивидуальной оценки остаточного ресурса каждой детали, системы и агрегата в виду различия эксплуатационных режимов работы и условий эксплуатации транспортного средства.

В работах [15, 16] автор убедительно приходит к выводу о необходимости проведения для автомобилей технического обслуживания с индивидуальной программой, которое условно можно назвать индивидуальным техническим обслуживанием, однако, механизмы прогнозирования не раскрываются.

Идея данной работы базируется на определении эксплуатационных режимов и продолжительности эксплуатации на них на основе параметров, полученных со штатных бортовых датчиков, в том числе, с использованием системы бортовой диагностики. Для каждого агрегата, системы, элемента существует свой ограниченный набор факторов, характеризующий эксплуатационный режим. Основной и самой трудоемкой задачей является задача определения влияния каждого эксплуатационного режима на расход ресурса.

Учитывая, что при решении первой задачи факторы, определяющие эксплуатационные режимы являются независимыми, управляемыми, а их сочетания могут быть реализованы в процессе проведения испытаний, а целевая функция, представляющая собой какие-либо структурные параметры может быть измерена, наиболее целесообразным методом решения данной задачи является использование математической теории планирования эксперимента. Применение данного метода решения задачи оправдано с точки зрения непосредственного применения результатов после проведения экспериментов и получения аналитических зависимостей. Однако главным недостатком данного метода решения задачи является необходимость проведения ресурсных испытаний, что само по себе является затратным, если учесть, что количество изделий при проведении эксперимента должно быть, как минимум три.

Другим ограничивающим фактором является количество факторов, определяющих эксплуатационный режим. Однако это ограничение ослабляется постановкой дробно-

факторного эксперимента.

Главным преимуществом является то, что при проведении одной серии ресурсных испытаний можно производить замеры всех интересующих нас целевых функций (структурных параметров) и по окончании получать аналитические зависимости, характеризующие скорость изменения структурного параметра в зависимости от эксплуатационных режимов. Скорость изменения структурного параметра в зависимости от эксплуатационного режима по своей сущности является коэффициентом влияния эксплуатационного режима на целевую функцию и в данной реализации можно вычислить этот коэффициент при любых значениях факторов, ограничивающих множество эксплуатационных режимов. Примеры целевых функций представлены в таблице.

Таблица 1 – Примеры целевых функций при решении первой задачи

Технические воздействия / контроль (оцениваемые группы свойств)	Целевая функция
Качество масла двигателя	Измеряется характерный показатель (показатели), диэлектрическая проницаемость, обводненность и др.
Уровень масла в системе	Уровень масла в системе
Загрязнённость фильтров грубой и тонкой очистки топлива	Показатель загрязнённости (от 0 до 1). Оценивается по перепаду давления.
Качество масла ГМП (при наличии ГМП)	Измеряется характерный показатель (показатели), диэлектрическая проницаемость, обводненность и др.
Центробежный масляный фильтр	Показатель загрязнённости (от 0 до 1)
Качество охлаждающей жидкости	Измеряется характерный показатель качества (показатели)
Уровень охлаждающей жидкости в системе охлаждения	Уровень охлаждающей жидкости в системе охлаждения
Масло турбокомпрессора, если система смазки независима от системы смазки двигателя	Измеряется характерный показатель (показатели)
Загрязнённость фильтра воздухоочистителя (с его элементами)	Загрязнённость фильтра воздухоочистителя (с его элементами) (от 0 до 1). Оценивается по перепаду давления
Приводные ремни агрегатов (при наличии)	Две целевые функции: измеряемая – прогиб наибольшей ветви ремня, не измеряемая (частично измеряемая) – наличие трещин, надрывов, надразов, износ ручейков и др.
Момент затяжки крепежных элементов	Текущий момент затяжки (от 0 до 1). 0 – крепежный элемент не выполняет своей функции или его нет; 1 – момент затяжки соответствует НТД
Зазоры между клапанами и коромыслами	Изменение зазора к номинальному значению
Др.	

### Теория

В данной работе не будем описывать всю процедуру планирования эксперимента. Она достаточно хорошо представлена в литературе и разработана теоретически [17-20]. Отметим, однако, что с точки зрения построения аналитических выражений для изменения различных структурных параметров могут быть использованы как линейные, так и нелинейные модели.

В общем виде регрессионная модель представляется в виде полинома

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{i=1}^n b_{ii} x_i^2 + \sum_{i < j}^n b_{ij} x_i x_j + \dots, \quad (1)$$

где  $b_0, b_i, b_{ii}, b_{ij}$  – оценки теоретических коэффициентов уравнения регрессии;

$Y$  – целевая функция;

$x_i$  – факторы.

Чем больше степень полинома, тем больше нужно опытов. Значит нужно найти такой полином, который содержит как можно меньше коэффициентов, но удовлетворяет требованиям, предъявляемым к модели. Модель должна хорошо предсказывать направление наискорейшего улучшения параметра оптимизации. Такое направление называется направлением по градиенту. Этим требованиям удовлетворяет полином первой степени. С одной стороны, он содержит информацию о направлении градиента, с другой - в нем минимально возможное число коэффициентов при данном числе факторов. Единственное опасение, будет ли линей-

ная модель адекватной, т.е. предсказанное с помощью модели значение отклика не должно отличаться от фактического больше чем на некоторую заранее заданную величину. Условие аналитичности функции отклика гарантирует нам, что в факторном пространстве всегда существует такая окрестность любой точки, в которой модель адекватна.

Процесс нахождения регрессионной модели состоит из следующих этапов:

- планирование эксперимента (построение плана эксперимента);
- проведение эксперимента;
- проверка воспроизводимости (однородности выборочных дисперсии);
- получение регрессионной модели с проверкой статистической значимости выборочных коэффициентов регрессии;
- проверка адекватности математического описания.

На первых этапах построения моделей целесообразно учитывать линейные эффекты и парные эффекты взаимодействия. Некоторые из эффектов взаимодействия могут быть исключены из уравнения модели при проверке значимости коэффициентов уравнения регрессии. В нашем случае целесообразно использовать модель

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{i < j}^n b_{ij} x_i x_j + \dots \quad (2)$$

Под функцией отклика  $Y = \{y_k\}$  в данном случае понимается множество целевых функций характеризующих техническое состояние. Факторами являются основные физические величины, характеризующие эксплуатационный режим:

$n$  – частота вращения коленчатого вала, об./мин;

$T$  – температура охлаждающей жидкости,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$N$  – нагрузка двигателя, кВт.

Для отдельных целевых функций необходимы и другие параметры, такие как:

факт включения турбокомпрессора (при наличии);

$T_m$  – температура масла,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$T_o$  – температура окружающей среды,  $^{\circ}\text{C}$ ;

и др.

В связи с тем, что испытания являются ресурсными и проводятся в соответствии с построенным планом, изменение целевой функции, отнесенное к объему испытаний на заданном режиме, дает скорость изменения структурного параметра в единицу времени.

Таким образом, в процессе эксплуатации измеряя значения факторов, влияющих на целевую функцию, через равные промежутки времени, получаем изменение структурного параметра (целевой функции) за этот период. Накопление изменений  $k$ -й целевой функции показывает изменение структурного параметра.

Оценка остаточного ресурса по заданному структурному параметру (для целевой функции  $Y_k$ ) проводится с учетом линейности изменения структурного параметра.

Пусть текущее состояние структурного параметра равно  $d_t$ , его начальное значение  $d_0$ , а предельное, характеризующее отказ –  $d_{np}$ . Общая наработка изделия до момента  $d_t$  составляет  $M_t$ . Тогда остаточный ресурс  $P_{ост}$  вычисляется по формуле (3).

$$M_{ост} = \frac{d_{np} - d_t}{d_t - d_0} \cdot M_t \quad (3)$$

Преимуществом данного подхода является то, что в процессе эксплуатации формируется зависимость  $\Delta d(M)$ , где  $\Delta d = d_{np} - d_t$  и оценка остаточного ресурса может быть проведена последовательными процедурами аппроксимации и интерполяции функции  $\Delta d(M)$ . Такая процедура актуальна в тех случаях, когда на этапе проведения ресурсных испытаний проявляется явный нелинейный характер изменения целевой функции от общей наработки.

#### **Результаты и обсуждение**

На основании предложений, описанных выше, можно сформировать основные этапы прогнозирования воздействий и остаточного ресурса агрегатов транспортного средства, основанные на разработке аналитических уравнений, описывающих закономерности изменения целевой функции (структурных параметров) в единицу времени, в зависимости от факторов, определяющих эксплуатационные режимы и условия эксплуатации и использовании этого уравнения для индивидуального прогнозирования значений всех возможных целевых

функций (структурных параметров) в границах изменения значений факторов, определенных при получении аналитических уравнений:

1 Этап. Для нескольких транспортных средств, входящих в группу однотипных объектов выделяются фиксируемые с помощью бортовых датчиков независимые и управляемые параметры, характеризующие эксплуатационные режимы и определяются целевые функции, представляющие собой те структурные параметры, которые можно измерить в процессе проведения эксперимента и достижение предельных значений которых вызывает соответствующие отказы;

2 Этап. Проводится полнофакторный или дробнофакторный эксперимент при условии, что значение наработки при каждом сочетании независимых и управляемых факторов одинаково и вызывает измеряемое изменение всех установленных на 1-м этапе целевых функций, выполняется математическая обработка и получают для каждой из целевых функций адекватную регрессионную модель, описывающую зависимость изменения целевой функции (структурного параметра, достижение предельного значения которого вызывает соответствующий отказ или необходимость технического воздействия) от значения независимых и управляемых факторов в единицу времени.

3 Этап. В процессе эксплуатации транспортных средств, входящих в группу однотипных объектов, для которых выполнены 1-й и 2-й этапы осуществляется мониторинг параметров с бортовых датчиков, характеризующих эксплуатационные режимы, и бортовым компьютером по регрессионным моделям, полученным на 1-м этапе, с частотой не менее 1 Гц выполняется расчет по каждой целевой функции изменения структурных параметров с обеспечением функции независимых накоплений этих изменений (по каждому структурному параметру) с начала эксплуатации транспортного средства;

4 Этап. Для каждого отказа (необходимости технического воздействия), характеризующегося достижением предельного значения целевой функции (структурного параметра), остаточный ресурс вычисляется как произведение наработки  $\Delta T$  на последнем временном участке на отношение разности между предельным и текущим значением структурного параметра к изменению значения структурного параметра за период наработки  $\Delta T$  при условии сохранения статистического распределения наработки по эксплуатационным режимам и изменении структурного параметра менее чем на 30 % от его максимально возможного изменения до предельного состояния; если изменение превышает 30 %, строится аппроксимирующая функция, связывающая изменение структурного параметра и наработку, а по экстраполяции этой аппроксимирующей функции определяется остаточный ресурс;

5 Этап. По запросу водителя или автоматически на экране монитора транспортного средства строится вариационный ряд отказов с указанием остаточного ресурса до них и выделяются те отказы и технические воздействия, остаточный ресурс до которых является наименьшим.

### **Выводы**

Таким образом, на основании проведенного исследования обоснован подход к решению первой задачи прогнозирования воздействий и остаточного ресурса в зависимости от эксплуатационных режимов при соблюдении требований независимости, управляемости, сочетаемости к факторам и измеримости целевой функции на основе теории планирования эксперимента.

Представлены зависимости для определения остаточного ресурса с учетом линейности изменения структурного параметра.

Реализация данного подхода к прогнозированию технических воздействий и остаточного ресурса позволяет выполнять постоянный мониторинг остаточного ресурса деталей, систем, агрегатов, рабочих жидкостей до отказа или до проведения технического воздействия в зависимости от эксплуатационных режимов, что позволяет реализовать стратегию ремонта по техническому состоянию, повысить надежность транспортно-технологического процесса, обеспечить своевременное снабжение запасными частями и снизить издержки на их хранение.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Заяц Ю.А., Голубев Д.С. Постановка задачи прогнозирования остаточного ресурса военной техники и ее элементов // Научный резерв. – Рязань : РВВДКУ, 2021. – №2(14). – С. 51-56.
2. Гайдар С.М., Заяц Ю.А., Заяц Т.М., Власов А.О. Подходы к определению технического состояния транспортных средств // Грузовик. – 2015. – №5. – С. 27-30.
3. Заяц Ю.А., Голубев Д.С., Заяц Т.М. Информационный аспект в прогнозировании технического со-

- стояния транспортных средств // Информационные технологии и инновации на транспорте: Сборник трудов VII международной научно-практической конференции. - В 2-х томах. - Орел. - 2021. - С. 425-436.
4. Власов А.О., Заяц Ю.А. Модель прогнозирования состояния моторного масла дизелей // Мир транспорта и технологических машин. - Орел : ОрГТУ. - 2016. - №4(55). - С. 16-23.
  5. Штурманов С.С. Контроль технического состояния дизеля УТД-29 БМД-4М по данным бортовой информационно-управляющей системы шасси // Научный резерв. - Рязань: РВВДКУ, 2018. - №3(3). - С. 39-48.
  6. Штурманов С.С., Голубев Д.С. Бортовой регистратор параметров работы дизеля УТД-29 БМД-4М // Известия ТулГУ. Технические науки. - 2018. - Вып. 11. - С. 223-230.
  7. Штурманов С.С., Голубев Д.С. и др. Оценка влияния эксплуатационных факторов на процесс старения моторного масла // Вестник РГАТУ. - 2017. - Вып. 3 (35). - С. 91-97.
  8. Заяц Ю.А., Голубев Д.С., Штурманов С.С., Мочалов В.В., Мохов С.В. Методика прогнозирования остаточного ресурса тормозной системы БМД-4М по данным бортовой информационно-управляющей системы // Научный резерв. - Рязань : РВВДКУ. - 2020. - №4(12). - С. 37-42.
  9. Пат. № 2612951 РФ, МПК Способ технической диагностики и оценки остаточного и отработанного ресурса особо ответственных узлов транспортных средств.
  10. Авторское свидетельство СССР №825428 МПК G07C 3/10 Способ учета ресурса двигателя / Кобзев В.В., Шканов О.В., Березин С.Н., Шевцов С.П., заявка от 03.01.1991, опубл. 30.06.1993, Бюл. №24.
  11. Гусев, А.С., Стародубцева С.А., Щербаков В.И. Прогнозирование остаточного ресурса по результатам диагностирования натуральных конструкций и при непрерывном отслеживании их технического состояния // Известия МГАТУ «МАМИ». Естественные науки. - 2014. - Т. 4. - №1(19). - С. 100-104.
  12. ГОСТ Р ISO 13381-1-2016 Контроль состояния и диагностика машин. Прогнозирование технического состояния. - Часть 1. Общее руководство. - Москва Стандартинформ, 2017. - С. 24
  13. Баженов Ю.В., Баженов М.Ю. Прогнозирование остаточного ресурса конструктивных элементов автомобилей в условиях эксплуатации // Технические науки. Фундаментальные исследования. - №4. - 2015. С. 16-21.
  14. Мясников, Ю.Н. Методы прогнозирования технического состояния судового энергетического оборудования / Ю.Н. Мясников, В.С. Никитин, А.А. Равин, О.В. Хруцкий // Труды Крыловского государственного научного центра. - Т. 386. - №4. - 2018. - С. 117-132.
  15. Зубрицкас И.И. Методика прогнозирования периодичности индивидуального технического обслуживания и моментов устранения неисправностей автомобилей // Технические науки. Фундаментальные исследования. - №5. - 2015. - С. 73-76.
  16. Зубрицкас И.И. Предпосылки создания адаптивной системы управления техническим состоянием автомобилей // Технические науки. Фундаментальные исследования. - №2. - 2015. - С. 923-926.
  17. Гайдар С.М. Планирование и анализ эксперимента: учебник. - М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. - 548 с.
  18. Сидняев Н.И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных: учебник и практикум для вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: Юрайт, 2019. - 495 с.
  19. Ерещенко Т.В., Михайлова Н.А. Планирование эксперимента: учебно-практическое пособие - М-во образования и науки Рос. Федерации, Волгогр. гос. архит.-строит. ун-т. - Волгоград: ВолГАСУ, 2014.
  20. Заяц Ю.А. Основы теории надежности: учебник. - Рязань: РВВДКУ, 2013. - 277 с.

**Зяц Юрий Александрович**

Рязанское гвардейское высшее воздушно-десантное командное училище  
Адрес: 390031, Россия, г. Рязань, пл. генерала армии В. Ф. Маргелова, 1  
Д.т.н., профессор, профессор кафедры математических и естественнонаучных дисциплин  
E-mail: sajua@yandex.ru

**Зяц Татьяна Михайловна**

Рязанское гвардейское высшее воздушно-десантное училище  
Адрес: 390007, Россия, г. Рязань, ул. Военных автомобилистов, 12  
К.т.н., доцент, доцент кафедры математических и естественнонаучных дисциплин  
E-mail: saujtm@yandex.ru

**Загородний Николай Александрович**

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова  
Адрес: 308012, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова, 46  
К.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Эксплуатация и организация движения автотранспорта»  
E-mail: n.zagorodnij@yandex.ru

---

YU.A. ZAYATS, T.M. ZAYATS, N.A. ZAGORODNY

**SOLUTION OF THE FIRST PROBLEM OF FORECASTING  
IMPACTS AND RESIDUAL LIFE OF VEHICLES**

*Abstract. The mechanism of solving the actual problem of forecasting technical impacts and residual life depending on the operating time in operational modes is presented. As a methodological basis, it is proposed to use the theory of experimental planning, provided that the factors are independent, controllable, all their combinations are possible, and the objective function can be measured. As factors, the values that determine the operating mode are used: the speed of rotation*

*of the crankshaft, temperature, engine load, etc. Such a task in the article is called by the authors the first forecasting task. The practical implementation of this mechanism will allow the driver to display a variation series of the residual resource to failure in real time.*

**Keywords:** forecasting, experiment planning, objective function, residual resource, operational mode, technical management

## BIBLIOGRAPHY

1. Zayats Yu.A., Golubev D.S. Postanovka zadachi prognozirovaniya ostatochnogo resursa voennoy tekhniki i ee elementov // Nauchnyy rezerv. - Ryazan` : RVVDKU, 2021. - №2(14). - S. 51-56.
2. Gaydar S.M., Zayats Yu.A., Zayats T.M., Vlasov A.O. Podkhody k opredeleniyu tekhnicheskogo sostoyaniya transportnykh sredstv // Gruzovik. - 2015. - №5. - S. 27-30.
3. Zayats Yu.A., D.S. Golubev, T.M. Zayats Informatsionnyy aspekt v prognozirovanii tekhnicheskogo sostoyaniya transportnykh sredstv // Sbornik trudov VII mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte». - V 2-kh tomakh. - Orel. - 2021. - S. 425-436.
4. Vlasov A.O., Zayats Yu.A. Model` prognozirovaniya sostoyaniya motornogo masla dizeley // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - Orel : OrGTU. - 2016. - №4(55). - S. 16-23.
5. Shturmanov S.S. Kontrol` tekhnicheskogo sostoyaniya dizelya UTD-29 BMD-4M po dannym bortovoy informatsionno-upravlyayushchey sistemy shassi // Nauchnyy rezerv. - Ryazan` : RVVDKU, 2018. - №3(3). - S. 39-48.
6. Shturmanov S.S., Golubev D.S. Bortovoy registrator parametrov raboty dizelya UTD-29 BMD-4M // Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki. - 2018. - Vyp. 11. - S. 223-230.
7. Shturmanov S.S., Golubev D.S. i dr. Otsenka vliyaniya ekspluatatsionnykh faktorov na protsess stareniya motornogo masla // Vestnik RGATU. - 2017. - Vyp. 3 (35). - S. 91-97.
8. Zayats Yu.A., D.S. Golubev, S.S. Shturmanov, V.V. Mochalov, S.V. Mokhov Metodika prognozirovaniya ostatochnogo resursa tormoznoy sistemy BMD-4M po dannym bortovoy informatsionno-upravlyayushchey sistemy // Nauchnyy rezerv. - Ryazan` : RVVDKU. - 2020. - №4(12). - S. 37-42.
9. Pat. № 2612951 RF, MPK Sposob tekhnicheskoy diagnostiki i otsenki ostatochnogo i otrabotannogo resursa osobo otvetstvennykh uzlov transportnykh sredstv.
10. Avtorskoe svidetel'stvo CCCR №825428 MPK G07C 3/10 Sposob ucheta resursa dvigatelya / Kobzev V.V., Shkanov O.V., Berezin S.N., Shevtsov S.P., zayavka ot 03.01.1991, opubl. 30.06.1993, Byul. №24.
11. Gusev, A.S., Starodubtseva S.A., Shcherbakov V.I. Prognozirovanie ostatochnogo resursa po rezul'tatam diagnostirovaniya naturnykh konstruksiy i pri nepreryvnom otslezhivaniy ikh tekhnicheskogo sostoyaniya // Izvestiya MGATU «MAMI». Estestvennye nauki. - 2014. - T. 4. - №1(19). - S. 100-104.
12. GOST R ISO 13381-1-2016 Kontrol` sostoyaniya i diagnostika mashin. Prognozirovanie tekhnicheskogo sostoyaniya. - Chast` 1. Obshee rukovodstvo. - Moskva Standartiiform, 2017. - S. 24
13. Bazhenov Yu.V., Bazhenov M.Yu. Prognozirovanie ostatochnogo resursa konstruktivnykh elementov avtomobiley v usloviyakh ekspluatatsii // Tekhnicheskie nauki. Fundamental`nye issledovaniya. - №4. - 2015. S. 16-21.
14. Myasnikov, Yu.N. Metody prognozirovaniya tekhnicheskogo sostoyaniya sudovogo energeticheskogo oborudovaniya [Tekst] / Yu.N. Myasnikov, V.S. Nikitin, A.A. Ravin, O.V. Hrutskiy // Trudy Krylovskogo gosudarstvennogo nauchnogo tsentra. T. 386, № 4. 2018 s.117-132.
15. Zubritskas I.I. Metodika prognozirovaniya periodichnosti individual'nogo tekhnicheskogo obsluzhivaniya i momentov ustraneniya neispravnostey avtomobiley // Tekhnicheskie nauki. Fundamental`nye issledovaniya. - №5. - 2015. - S. 73-76.
16. Zubritskas I.I. Predposylki sozdaniya adaptivnoy sistemy upravleniya tekhnicheskimi sostoyaniem avtomobiley // Tekhnicheskie nauki. Fundamental`nye issledovaniya. - №2. - 2015. - S. 923-926.
17. Gaydar S.M. Planirovanie i analiz eksperimanta: uchebnik. - M.: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2015. - 548 s.
18. Sidnyaev N.I. Teoriya planirovaniya eksperimanta i analiz statisticheskikh dannykh: uchebnik i praktikum dlya vuzov. - 2-e izd., pererab. i dop. - Moskva: Yurayt, 2019. - 495 s.
19. Ereshchenko T.V., Mikhaylova N.A. Planirovanie eksperimanta: uchebno-prakticheskoe posobie - M-vo obrazovaniya i nauki Ros. Federatsii, Volgogr. gos. arkhит.-stroit. un-t. - Volgograd: VolgGASU, 2014.
20. Zayats Yu.A. Osnovy teorii nadezhnosti: uchebnik. - Ryazan` : RVVDKU, 2013. - 277 s.

### **Zayats Yuri Alexandrovich**

Ryazan Guards Higher Airborne Command School  
Address: 390031, Russia, Ryazan, Army General V.F. Margelov Square, 1  
Doctor of technical sciences  
E-mail: sajua@yandex.ru

### **Zagorodny Nikolai Alexandrovich**

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

### **Zayats Tatiana Mikhailovna**

Ryazan Guards Higher Airborne School  
Address: 390007, Russia, Ryazan, Military Motorists str.  
Candidate of technical sciences  
E-mail: sauhtm@yandex.ru

Научная статья

УДК 623.437.3.093; 629.03

doi:10.33979/2073-7432-2023-3-2(82)-32-36

Р.Ю. ДОБРЕЦОВ, С.А. ВОЙНАШ, В.А. СОКОЛОВА, С.Е. АРИКО

## СЕМЕЙСТВО ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ТРАНСМИССИЙ НА ОСНОВЕ УПРАВЛЯЕМЫХ МЕХАНИЗМОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МОЩНОСТИ

**Аннотация.** В статье предложена структура полностью дифференциальной трансмиссии, базирующейся на управляемых межосевом и межколесных механизмах распределения мощности. В качестве примера рассмотрена двухосная машина. Трансмиссия может работать с тепловым двигателем, гибридной силовой установкой, тяговым электрическим двигателем. Последний вариант представляется предпочтительным. Кратко пояснены принципы работы управляемого межосевого дифференциала, рассмотрен пример кинематической схемы. Приведены ссылки на публикации, раскрывающие отечественные технологии, необходимые для создания рассматриваемой трансмиссии.

**Ключевые слова:** управляемость, устойчивость, проходимость, транспортные машины, планетарный механизм

### **Введение**

Современные тенденции к внедрению тяговых электродвигателей (ТЭД) в состав силовых установок и трансмиссий транспортных и транспортно-технологических машин обуславливают широкий спектр возможных технических решений. Сравнительный анализ наиболее перспективных вариантов представлен, например, в статье [1].

Поиск наиболее рационального решения приводит к довольно простому принципу модульной конструкции электромеханического привода ведущих колес моста. В таком приводе используется центральный ТЭД, работающий в паре с двухрежимной коробкой диапазонов и управляемый межосевой механизм распределения мощности (МРМ), обеспечивающий необходимое изменение скоростей и моментов на ведущих колесах. Применение данного принципа для гусеничной рассмотрено подробно в работе [2, 14]. В этом случае МРМ выполняет функции механизма передачи и поворота. Для колесной машины управляемый межколесный МРМ используется для улучшения управляемости и устойчивости движения. За рубежом серийно выпускается, например, управляемый дифференциал *ZF Vector Drive*. В последнее время запатентован и ряд родственных технических решений в России [3, 4].

Цель настоящей работы – обобщить накопленный авторским коллективом опыт и систематизировать методы, технологии и результаты, полученные в области управления распределением мощности в трансмиссиях транспортных машин.

### **Материал и методы**

При наличии более одного ведущего моста конкурирующими решениями будут концепция параллельного гибрида, принцип использования электромеханических модулей ведущих мостов и достаточно традиционная в автомобилестроении полностью дифференциальная трансмиссия (рис. 1).

Каждый из вариантов будет иметь свои достоинства и недостатки, но применение полностью дифференциальной трансмиссии с внедрением в нее управляемого межосевого и межколесных МРМ даст транспортному средству новые возможности за счет полного контроля над тяговыми силами на всех колесах на фоне исключения циркуляции мощности в трансмиссии на основных режимах работы.

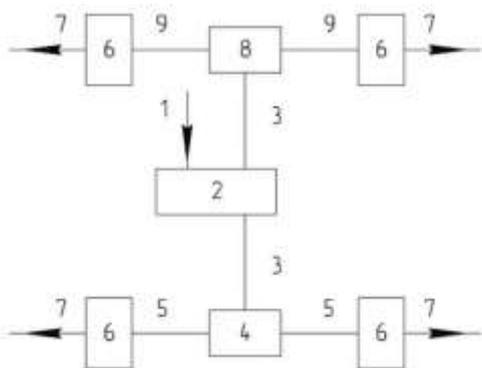
### **Теория**

Данная публикация носит обобщающий характер и содержит ссылки на ключевые работы авторского коллектива и других специалистов, позволяющие задействовать при необходимости воспроизведения результатов, необходимую методологическую и теоретическую базу.

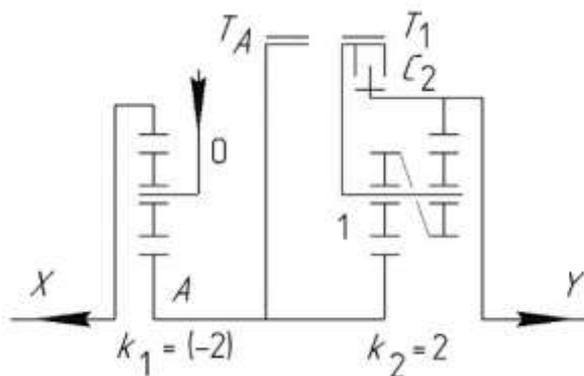
© Добрецов Р.Ю., Войнаш С.А., Соколова В.А., Арико С.Е., 2023

В основе работ лежат методы и технологии синтеза планетарных механизмов с двумя и тремя степенями свободы; теории движения гусеничных и колесных машин; проектирования трансмиссий транспортных машин, теоретической механики и машиноведения, теории систем автоматического управления.

Одна из возможных схем управляемого межосевого МРМ приводится на рисунке 2. Принципы построения подобных схем и подходы к кинематическому и силовому анализу подобных механизмов рассмотрены в статье [5, 13]. При проектировании и изготовлении управляемых МРМ предлагается использовать опыт, накопленный при работе над трансмиссиями гусеничных машин [6-9].



**Рисунок 1 – Структура распределительной части трансмиссии:** 1 – подвод мощности, 2 – межосевой МРМ, 3 – карданные передачи, 4 – редуктор заднего моста, 5 – полуоси, 6 – бортовой или колесный редуктор, 7 – к ведущим колесам, 8 – редуктор переднего моста, 9 – полуоси с ШРУС



**Рисунок 2 – Упрощенная схема управляемого межосевого МРМ:** 0, X и Y – входные и выходные звенья, 1 и A – тормозное и соединительное звенья,  $T_{1,A}$  и  $C_2$  – элементы управления,  $k_{1,2}$  – кинематические параметры планетарных рядов

Управляемый межосевой дифференциал является планетарным механизмом с тремя степенями свободы.

Элементы управления могут быть выполнены в виде дисковых тормозов, но, поскольку переключение режимов работы производится в абсолютном большинстве случаев на стоящем автомобиле, можно применить в конструкции зубчатые муфты (ожидается, что не потребуются даже использование синхронизаторов).

Мощность подводится от коробки диапазонов (или коробки передач, если рассматривать вариант использования теплового двигателя или параллельный гибрид) на ведущее звено.

Если остановлено звено A, мост, связанный с выходным звеном Y, отключен и работает в ведомом режиме.

При включении муфты  $C_2$  дифференциал работает, как несимметричный, перераспределяя крутящий момент в пропорции 1:2, что выгодно для грузового автомобиля, скиддера или форвардера при полной загрузке или при движении на подъем. Между мостами сохраняется дифференциальная связь, что исключает циркуляцию мощности.

При включении  $T_1$  устройство работает, как симметричный дифференциал, перераспределяя крутящий момент в пропорции 1:1.

В приведенном примере не рассматривается возможность блокировки межосевого дифференциала, так как в трансмиссии присутствуют два управляемых межколесных МРМ и блокировка межосевого дифференциала в большинстве случаев нецелесообразна.

Для реализации режима блокировки потребуется введение еще одного элемента управления, связывающего, например, ведущее звено и звено A. Одновременно с этим элементов управления должна включаться муфта  $C_2$ , так как механизм имеет три степени свободы.

### Результаты и обсуждение

Используя методы расчета, изложенные в работе [5, 15-18], можно выбирать кинематические параметры планетарных рядов таким образом, чтобы обеспечить нужные пропор-

ции распределения крутящего момента между осями, однако рассмотренный вариант представляется наиболее востребованным.

При увеличении числа ведущих мостов можно использовать технические решения, апробированные на многоосных грузовых автомобилях (например, проходные мосты).

Предложенную структуру трансмиссии можно использовать с небольшими изменениями на колесных и гусеничных машинах различного назначения. Схема может быть адаптирована к применению на двухзвенных машинах и монокорпусных транспортерах с поворотными гусеничными тележками.

При необходимости обеспечить плавное изменение передаточного отношения между мостами можно использовать технологию контроля буксования дискового тормоза [10-12].

### **Выводы**

1. Полностью дифференциальная трансмиссия на базе управляемых механизмов распределения мощности может конкурировать с параллельным гибридом и найти применение на полноприводных колесных машинах (в первую очередь – грузовые автомобили, скиддеры, форвардеры, харвестеры, специальные шасси высокой проходимости).

2. Предлагаемый подход позволяет создать семейство трансмиссий с высокой степенью унификации деталей и узлов для использования на машинах различного назначения.

3. В России имеется теоретическая база, технологический задел и опыт производства, позволяющие реализовать необходимые узлы и агрегаты с максимальной степенью локализации. Такие технологии сосредоточены в первую очередь в области танкостроения.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Поршнева Г.П., Добрецов Р.Ю., Красильников А.А. Трансмиссия с электромеханической передачей для тракторов и дорожно-строительных машин // Известия МГТУ МАМИ. – 2020. – №2(44). – С. 33-41.
2. Добрецов Р.Ю., Канинский А.О. и др. Принципы построения электромеханического модуля привода ведущих колес гусеничной машины с бортовым управлением поворотом // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. – 2022. – №17-2. – С. 244-249.
3. Дидиков Р.А., Добрецов Р.Ю. К вопросу о выборе кинематических схем шестеренчатых МРМ // Автомобильная промышленность. – М. - 2014. – №9. – С. 12-14.
4. Пат. 2763002 Рос. Федерация МПК В60К 17/35, F16H 48/30, F16H 37/08. Механизм распределения мощности в трансмиссии транспортного средства.
5. Чайкин А.П., Добрецов Р.Ю. и др. Управляемый межосевой механизм распределения мощности // Грузовик. - 2023. - №5. - С. 3-7.
6. Носов Н.А., Харченко А.П., Галышев В.Д. Расчет и конструирование гусеничных машин: Учебник для вузов / Под ред. Н.А. Носова. – Ленинград: Машиностроение, 1972. – 559 с.
7. Харитонов С.А. Автоматические коробки передач. – Москва: ООО «Издательство Аристель», ООО «Издательство АСТ», 2003. – 335 с.
8. Поршнева Г.П. Проектирование автомобилей и тракторов. Конструирование и расчет трансмиссий колесных и гусеничных машин. – СПб.: Политехн. ун-т, 2017. – 126 с.
9. Fischer R., Küçükay F., Jürgens G., Najork R., Pollak B. The automotive transmission book // Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht London. - 2015.
10. Демидов Н.Н., Добрецов Р.Ю., Медведев М.С. Фрикционные механизмы поворота в двухпоточных трансмиссиях транспортных гусеничных машин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2019. – №1. – С. 60-69.
11. Demidov N.N., et. Friction steering devices as an object of impulse control. lecture notes in mechanical engineering [Электронный ресурс] / 2020. - P. 49-62. – Режим доступа: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-39500-1\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-030-39500-1_6)
12. Dobretsov, R.Y., Uvakina, D.V. The mechatronic device impulse control in vehicle powertrains. lecture notes in mechanical engineering [Электронный ресурс] / 2020. - P. 63-73. – Режим доступа: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-39500-1\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-39500-1_7)
13. Штурманов С.С., Голубев Д.С. и др. Оценка влияния эксплуатационных факторов на процесс старения моторного масла // Вестник РГАТУ. – 2017. – Вып. 3 (35). – С. 91-97.
14. Заяц Ю.А., Голубев Д.С., Штурманов С.С., Мочалов В.В., Мохов С.В. Методика прогнозирования остаточного ресурса тормозной системы БМД-4М по данным бортовой информационно-управляющей системы // Научный резерв. – Рязань : РВВДКУ. - 2020. – №4(12). – С. 37-42.
15. Научное сопровождение развития высокоскоростных магистралей в России: Труды ученых АО «ВНИИЖТ» и АО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» / колл. авторов; под ред. А.Б. Косарева, О.Н. Назарова. – М.: РАС, 2018. – 116 с.

16. Устройство и эксплуатация высокоскоростного наземного транспорта.: учебн. пособие / Д.В. Пегов и др. – М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014. – 267 с.

17. Шкурников С.В., Морозова О.С. О разработке имитационной модели высокоскоростного поезда // Известия Петербургского университета путей сообщения. - 2017. - №3. - С. 481-489.

18. Киселев А.А., Блажко Л.С., Романов А.В. Эквивалентная конусность и ее влияние на движение подвижного состава // Известия Петербургского университета путей сообщения. - 2017. - №2(14). - С. 247-255.

**Добрецов Роман Юрьевич**

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

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

Д.т.н., профессор Высшей школы транспорта

E-mail: dr-idpo@yandex.ru

**Войнаш Сергей Александрович**

Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»

Адрес: 658207, Россия, Рубцовск, Тракторная ул., 2/6

Младший научный сотрудник

E-mail: sergey\_voi@mail.ru

**Соколова Виктория Александровна**

Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Буденного

Адрес: 194064, Россия, Санкт-Петербург, Тихорецкий пр., 3

К.т.н., доцент

E-mail: sokolova\_vika@inbox.ru

**Арико Сергей Евгеньевич**

Белорусский государственный технологический университет

Адрес: 220006, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Свердлова, 13а

К.т.н., доцент

E-mail: sergeyariko@mail.ru

---

R.Yu. DOBRETISOV, S.A. VOINASH, V.A. SOKOLOVA, S.Y. ARIKO

## A LINE UP OF ELECTROMECHANICAL TRANSMISSIONS BASED ON CONTROLLED POWER DISTRIBUTION MECHANISMS

***Abstract.** The article proposes the structure of a fully differential transmission based on controlled axle-to-axle and inter-wheel power distribution mechanisms. A two-axle machine is considered as an example. The transmission can work with a heat engine, hybrid power plant, traction electric motor. The latter option seems preferable. The principles of operation of a controlled center differential are briefly explained, an example of a kinematic scheme is considered. Links to publications revealing domestic technologies necessary to create the transmission in question are provided.*

***Keywords:** controllability, stability, mobility, transport vehicles, planetary gear*

### BIBLIOGRAPHY

1. Porshnev G.P., Dobretsov R.Yu., Krasil'nikov A.A. Transmissiya s elektromekhanicheskoy peredachey dlya traktorov i dorozhno-stroitel'nykh mashin // Izvestiya MGTU MAMI. - 2020. - №2(44). - S. 33-41.
2. Dobretsov R.Yu., Kaninskiy A.O. i dr. Printsipy postroeniya elektromekhanicheskogo modulya privoda vedushchikh koles gusenichnoy mashiny s bortovym upravleniem povоротом // Transportnoe, gornoe i stroitel'noe mashinostroenie: nauka i proizvodstvo. - 2022. - №17-2. - S. 244-249.
3. Didikov R.A., Dobretsov R.Yu. K voprosu o vybore kinematicallykh skhem shesterenchatykh MRM // Avtomobil'naya promyshlennost'. - M. - 2014. - №9. - S. 12-14.
4. Pat. 2763002 Ros. Federatsiya MPK B60K 17/35, F16H 48/30, F16H 37/08. Mekhanizm raspredeleniya moshchnosti v transmissii transportnogo sredstva.
5. CHaykin A.P., Dobretsov R.Yu. i dr. Upravlyaemyy mezhosevoy mekhanizm raspredeleniya moshchnosti // Gruzovik. - 2023. - №5. - S. 3-7.

6. Nosov N.A., Harchenko A.P., Galyshev V.D. Raschet i konstruirovaniye gusenichnykh mashin: Uchebnik dlya vuzov / Pod red. N.A. Nosova. - Leningrad: Mashinostroeniye, 1972. - 559 s.
7. Haritonov S.A. Avtomaticheskie korobki peredach. - Moskva: OOO «Izdatel'stvo Aristel'», OOO «Izdatel'stvo AST», 2003. - 335 s.
8. Porshnev G.P. Proektirovaniye avtomobiley i traktorov. Konstruirovaniye i raschet transmissiy kolesnykh i gusenichnykh mashin. - SPb.: Politekhn. un-t, 2017. - 126 s.
9. Fischer R., KOkay F., Jrgens G., Najork R., Pollak B. The automotive transmission book // Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht London. - 2015.
10. Demidov N.N., Dobretsov R.YU., Medvedev M.S. Friksionnyye mekhanizmy povorota v dvukhpotochnykh transmissiyakh transportnykh gusenichnykh mashin // Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny. - 2019. - №1. - S. 60-69.
11. Demidov N.N., ect. Friction steering devices as an object of impulse control. lecture notes in mechanical engineering [Elektronnyy resurs] / 2020. - P. 49-62. - Rezhim dostupa: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-39500-1\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-030-39500-1_6)
12. Dobretsov, R.Y., Uvakina, D.V. The mechatronic device impulse control in vehicle powertrains. lecture notes in mechanical engineering / 2020. - P. 63-73. - Rezhim dostupa: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-39500-1\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-39500-1_7)
13. SHturmanov S.S., Golubev D.S. i dr. Otsenka vliyaniya ekspluatatsionnykh faktorov na protsess stareniya motornogo masla // Vestnik RGATU. - 2017. - Vyp. 3 (35). - S. 91-97.
14. Zayats Yu.A., Golubev D.S., SHturmanov S.S., Mochalov V.V., Mokhov S.V. Metodika prognozirovaniya ostatochnogo resursa tormoznoy sistemy BMD-4M po dannym bortovoy informatsionno-upravlyayushchey sistemy // Nauchnyy rezerv. - Ryazan': RVVDKU. - 2020. - №4(12). - S. 37-42.
15. Nauchnoe soprovozhdeniye razvitiya vysokoskorostnykh magistraley v Rossii: Trudy uchenykh AO «VNIIZHT» i AO «Nauchno-issledovatel'skiy institut zheleznodorozhnogo transporta» / koll. avtorov; pod red. A.B. Kosareva, O.N. Nazarova. - M.: RAS, 2018. - 116 s.
16. Ustroystvo i ekspluatatsiya vysokoskorostnogo nazemnogo transporta.: uchebn. posobie / D.V. Pegov i dr. - M.: FGBOU «Uchebno-metodicheskiy tsentr po obrazovaniyu na zheleznodorozhnom transporte», 2014. - 267 s.
17. Shkurnikov S.V., Morozova O.S. O razrabotke imitatsionnoy modeli vysokoskorostnogo poezda // Izvestiya Peterburgskogo universiteta putey soobshcheniya. - 2017. - №3. - S. 481-489.
18. Kiselev A.A., Blazhko L.S., Romanov A.V. Ekvivalentnaya konusnost' i ee vliyanie na dvizheniye po-dvizhnogo sostava // Izvestiya Peterburgskogo universiteta putey soobshcheniya. - 2017. - №2(14). - S. 247-255.

**Dobretsov Roman Yurievich**

St.Petersburg Polytechnic University  
Address: 195251, Russia, St.Petersburg, Polytechnicheskaya str., 29  
Doctor of technical sciences  
E-mail: dr-idpo@yandex.ru

**Voinash Sergey Alexandrovich**

Rubtsovsk Industrial Institute  
Address: 658207, Russia, Rubtsovsk, Tractornaya str., 2/6  
Junior researcher  
E-mail: sergey\_voi@mail.ru

**Sokolova Victoria Alexandrovna**

Military Academy of Communications  
Address: 194064, Russia, St. Petersburg, Tikhoretsky pr., 3  
Candidate of technical sciences  
E-mail: sokolova\_vika@inbox.ru

**Ariko Sergey Yevgen'yevich**

Belarussian State Technological University  
Address: 220006, Republic of Belarus, Minsk, Sverdlova str., 13a  
Candidate of technical sciences  
E-mail: sergeyariko@mail.ru

Научная статья

УДК 629.113

doi:10.33979/2073-7432-2023-3-2(82)-37-43

А.В. ФЕДОРЕНКО, К.Я. ЛЕЛИОВСКИЙ

## ИСПЫТАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ УПРАВЛЯЕМОСТИ ЛЁГКОГО КОЛЁСНОГО ВЕЗДЕХОДА АМФИБИИ С БОРТОВЫМ СПОСОБОМ ПОВОРОТА

***Аннотация.** В данной статье приводятся некоторые данные, полученные в ходе испытаний особо лёгких снегоболотоходов с бортовым способом поворота с целью выявления показателей их технико-эксплуатационных свойств, в частности управляемости. Представлены промежуточные результаты работ, выполняемых коллективом исследователей НГТУ им. Р.Е. Алексеева. Исследуемый снегоболотоход предполагается, что ляжет в основу модельного ряда наземных транспортно-технологических средств. Разрабатываемая линейка позиционируется для обеспечения индивидуальной мобильности технического персонала занятого обслуживанием трубопроводов, линий электропередач и связи, кроме того проведением поисково-спасательных и патрульных работ, в том числе в условиях приполярных районов Севера. Разработка, а также модернизация их конструкций, экспериментальное обоснование принципов расчёта выбрано в качестве дальнейшего направления развития проекта.*

***Ключевые слова:** вездеходные транспортные средства, управляемость, бортовой силовой способ поворота, колесные машины, эффективность, подвижность*

### **Введение**

Современные тенденции совершенствования отслеживания технического состояния трубопроводных трасс, линий электропередач, связи, патрулирования их с целью ликвидации вероятных чрезвычайных происшествий, взаимосвязаны с применением специальных транспортных средств индивидуальной мобильности обслуживающего персонала. Большинство из используемых для этих целей транспортно-технологических машин отличаются значительными массогабаритными характеристиками. Это ограничивает эффективность и повышает затраты, требующихся для решения подобных задач. Одним из вариантов преодоления обозначенных проблем с технической точки зрения можно рассматривать создание вездеходных шасси с минимальными массами и размерами. Вопросы их конструирования и расчёта представляют интерес в плане научного обоснования и экспериментального исследования принимаемых инженерных решений. Перспективными областями применения вездеходных транспортных средств особо малого класса могут являться: обеспечение мобильности техников и другого персонала, осуществляющего обслуживание, ремонт, инспектирование различных линий коммуникаций (трубопроводы, электролинии, линии передач связи). Вездеходное шасси при этом должно нести на себе приборное оснащение массой до 200 кг. Указанная грузоподъемность так же была бы полезна в ходе поисковых, спасательных, эвакуационных работ, а так же в ходе обеспечения военных действий. Все названные условия эксплуатации отличаются ухудшенными дорожными условиями. Применение легких вездеходов, в том числе с бортовым способом поворота, даст возможность передвижения по различным труднопроходимым участкам, таким где тяжёлые вездеходы не смогут проехать.

В качестве одного из направлений проектирования особо лёгких снегоболотоходов с бортовым способом поворота следует выделить выработку методик подбора параметров их узлов и деталей, что на основе дальнейших экспериментальных и теоретических исследований позволит установить рамки технико – эксплуатационных характеристик. Данные разработки впоследствии могут быть применены при проектировании серий универсальных снегоболотоходов малого класса с бортовым способом поворота для организаций, осуществляющих эксплуатацию и сервис газо- и нефтепроводов и т.п., кроме того обеспечивать индивидуальную мобильность членов малых геодезических, геологических групп в труднопроходи-

мых районах, в том числе в тех, где важно сохранение целостности почвенного покрова, например, по тундре.

#### **Материал и методы**

Испытания данного снегоболотохода малого класса с бортовым способом поворота, направленные на изучение параметров его управляемости, реализовывались согласно ГОСТ Р 50943-2011 «Снегоболотоходы. Технические требования и методы испытаний». Данный нормативный документ устанавливает параметры управляемости и устойчивости аналогичные тем, что даны ГОСТ Р 52302-2004 «Автотранспортные средства. Управляемость и устойчивость. Технические требования. Методы испытаний». Таким образом, обобщённая методика проведения испытаний на устойчивость и управляемость исследуемого лёгкого снегоболотохода, будет аналогична тем, что применяются для обычных транспортных средств. Технические требования, предъявляемые ГОСТ к автомобилям при проведении данных испытаний, а также их методики рассмотрены ниже [1, 7, 8, 11-13].

#### **Теория / Расчет**

Испытания «усилия на руле», согласно ГОСТ Р 50943-2011, предназначены для определения усилий, прикладываемых водителем транспортного для поворота его управляемых колес [2, 9, 10]. Таковым, согласно ГОСТ Р 50943-2011, определяется усилие, приложенное к ободу рулевого колеса в его горизонтальной плоскости, необходимое для начала поворота или его предотвращения. Особенностью устройства рулевого привода исследуемого снегоболотохода малого класса является рулевой колонка мотоциклетного типа [3]. Следовательно, указанная в ГОСТе, последовательность действий, впрямую была неприменима. Поэтому, в качестве допущения, усилие на руле, потребное для начала изменения машиной траектории - принято таковым, что которое было бы и достаточным. Как было указано ранее, особенностью конструкции испытуемого лёгкого вездехода является бортовой способ поворота. Это обусловило его повышенную траекторную устойчивость и малую чувствительность к воздействию на рулевую колонку. Поэтому прямолинейное движение, при заездах, в большинстве случаев, реализовывалась транспортным средством удовлетворительно. Замеры осуществлялись, согласно ГОСТ Р 50943-2011, в движении вездехода с начальной скорости равной 10 км/ч, при её достижении производился переход к движению по окружности радиусом, равным 8 м., (минимально допустимым). Разметка криволинейной траектории движения осуществлялась предварительно. Для этого использовались специально изготовленные вехи. Для измерения скорости движения был использован цифровой прибор «Рейслогджик», устанавливавшийся на испытуемый снегоболотоход. Для определения усилия на руле применялся динамометр.

Было проведено 5 заездов [3]. Среднее усилие на руле составило: при движении по ровному сухому асфальтовому участку - 7,5 кгс, по ровному травянистому участку – 5,3 кгс (рис. 1, 2). Для сравнения производились измерения усилия на руле также при неподвижном состоянии вездехода. Руль поворачивали с угловой скоростью 50°/с из нейтрального в крайнее левое и затем, в крайнее правое. Измерялись при этом:

- угол поворота руля;
- усилие на руле;
- время поворота руля.

Результаты замеров:

- среднее значение угла поворота руля - 2,69°;
- усреднённое усилие, прикладываемое к рулю: 8,01 кгс;
- среднее время поворота руля: 0,82 с.

Испытания «стабилизация». Согласно ГОСТ Р 50943-2011 предназначаются для определения характеристик самостоятельный возврат руля к нейтральной позиции после снятия с него усилий. Определялись также характеристики самовозврата исследуемого снегоболотохода к прямолинейной траектории движения. Заезды состояли в движении по окружности с изначально постоянной скоростью, с последующим снятием усилия с руля и съездом ходом с круга (рис. 3 и 4). Соблюдались следующие требования:

- отсутствие увеличения угла поворота руля после снятия с него усилия;
- обязательный самовозврат руля;
- угол поворота руля (после 6 с после снятия с него усилия) при повороте, обеспечивающем установившееся движение по траектории постоянного радиуса - менее 30 % от начального;
- возврат руля в нейтральное положение – без рывков.



*Рисунок 1- Круговое движение по луговине*



*Рисунок 2 - Круговое движение по сухому ровному асфальту*



*Рисунок 3 - Испытания «стабилизация»: заезды по ровному сухому асфальтбетонному покрытию*



*Рисунок 4 - Испытания «стабилизация»: заезды по ровному задернованному лугу*

Радиус поворота колёс внутренней (относительно центра поворота) стороны снегоболотохода:  $(10 \pm 1)$  м. Его скорость движения:  $20 \pm 2$  км/ч. Поворот осуществлялся при поддержании постоянной скорости движения. В ходе данных испытательных заездов прибором «Рейслоджик» регистрировались:

- ускорения в вертикальном направлении;
- ускорения в горизонтальном направлении;
- продольные скорости движения.

При помощи другой измерительной аппаратуры регистрировались::

- угол отклонения руля;
- время отклонения руля.

По итогам заездов определялись:

- средние значения величин угла поворота руля  $\Delta\delta_n$ , град.;
- наличие или отсутствие остаточных колебаний руля.

Заезды осуществлялись на следующих опорных основаниях: ровном асфальтобетонном покрытии (сухом, чистом), задернованном ровном участке луга и нездернованном ровном участке с супесчаным почвами. Радиусы круга выбирались равными  $10 \pm 0,5$  м. Маркация трека выполнялась посредством вех. Данные, полученные в ходе замеров, представлены в таблицах 1 и 2.

Испытания «рывок руля» были проведены для оценки курсовой устойчивости снегоболотохода с бортовым способом поворота [4]. Его курсовая устойчивость определяется согласно ГОСТ Р 50943-2011 «Снегоболотоходы. Технические требования и методы испытаний».

Параметры: характеристика поворачиваемости, характеристика чувствительности к управлению; величина «заброса» угловой скорости; время 90%-ной реакции по угловой скорости.

Согласно ГОСТ Р 50943-2011: характеристика времени 90%-ной реакции транспортного средства – график зависимости времени 90%-ной реакции ( $\Delta t_{90}$ ) от его бокового ускорения  $\Delta t_{90} = f_3(a_y)$ . Характеристика заброса угловой скорости транспортно – технологической машины представляет зависимость заброса угловой скорости  $\Delta\psi$  от углового ускорения  $\Delta\psi = f_2(a_y)$ . ГОСТ Р 50943-2011 допускает определение данных характеристик в рамках проведения испытаний по определению «стабилизации рулевого управления». В ходе проведённых замеров, выполненных при проведении заездов транспортно – технологического средства «Корсак», требуемые величины для вычерчивания указанных характеристик были получены. Часть из них приведена в таблицах 1 и 2.

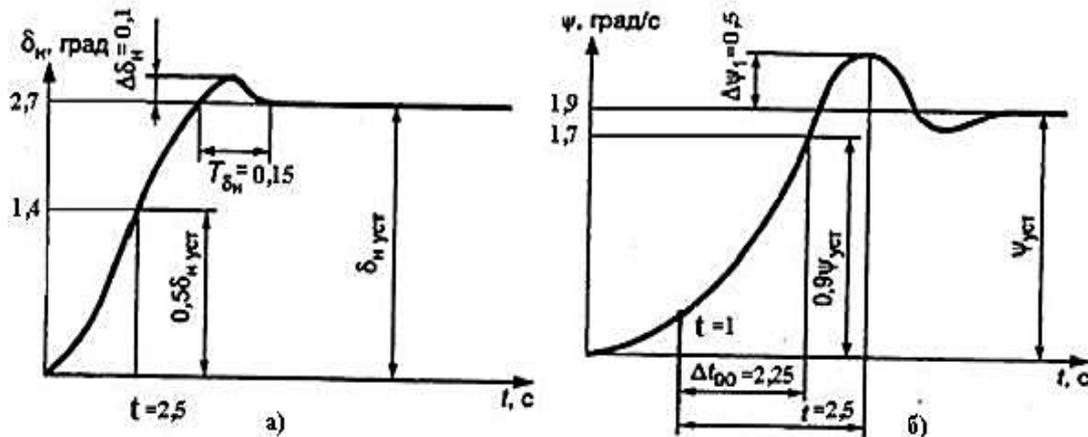


Рисунок 5 - Примеры графиков характеристик управляемости лёгкого вездехода, полученных при заездах на луговине: а – неравномерности угловой скорости поворота; б – 90 %-ного отклика рулевого управления

На рисунке 5 [4] приведены примеры характеристик управляемости снегоболотохода, зарегистрированные при заездах по луговине. В частности, приведены графики зависимости времени 90%-ной реакции  $\Delta t_{90}$  от бокового ускорения и заброса угловой скорости  $\Delta\psi$  от углового ускорения. Также были получены в ходе замеров параметров управляемости при заездах по открытому супесчаному и асфальтовому участку. Их общий вид, в целом, аналогичен представленному на рисунке 5. Построенные характеристики позволяют получить дополнительную информацию об управляемости исследуемого снегоболотохода [3].

### Результаты и обсуждение

Таблица 1 - Характеристики управляемости вездехода, зарегистрированные при испытаниях

Поворот руля ( $\delta_n$ ), град.			Время поворота руля ( $t$ ), с.			Средние значения остаточного угла поворота руля ( $\Delta\delta_n$ ), град.		
асфальтобетон	луг	супесчаный участок	асфальтобетон	луг	супесчаный участок	асфальтобетон	луг	супесчаный участок
2,69	2,71	2,69	2,29	2,49	3,21	0,0	0,0	0,0

Таблица 2 - Характеристики управляемости вездехода, зарегистрированные при испытаниях

Максимальные вертикальные ускорения, $m/s^2$ .			Максимальные горизонтальные ускорения, $m/s^2$ .			Предельные линейные скорости движения, км/ч		
асфальтобетон	луг	супесчаный участок	асфальтобетон	луг	супесчаный участок	асфальтобетон	луг	супесчаный участок
1,701	1,599	1,499	2,302	1,902	2,198	26,79	23,71	25,41

Максимально допустимыми принимались скорости, при которых сидящий за рулём испытатель был вынужден корректировать траекторию движения. На тех участках, где проводились заезды, такая потребность возникала при начале срезания колесами вездехода

верхнего слоя опорного основания [17-20].

Результаты проведенных измерений свидетельствуют о следующем: излишние люфты рулевого управления испытуемого снегоболотохода отсутствуют ввиду того, что его способ поворота - бортовой; наивысшие значения параметров управляемости исследуемого транспортного средства при испытаниях «усилия на руле», «стабилизация» были зарегистрированы в ходе заездов по сухой задернованной целине, незадернованному супесчаному участку (на деформируемых поверхностях).

По результатам проведенных измерений и вычислений данных характеристик можно сделать следующие выводы: они в целом подтверждают и дополнительно иллюстрируют выводы, сделанные по результатам испытаний «стабилизация рулевого управления». Полученные графики характеристик зависимости времени 90%-ной реакции  $\Delta t_{90}$  от бокового ускорения и заброса угловой скорости  $\Delta\psi$  от углового ускорения, согласно величинам значений также свидетельствуют о том, что колебаний на руле данного вездехода в ходе проведенных исследований практически не наблюдается. Это можно объяснить особенностями конструкции рулевого привода, а так же способом поворота – бортовым [5].

### **Выводы**

Вывод по проведенным измерениям при испытаниях «усилия на руле»: в данном варианте конструкционного исполнения усилие на руле исследуемого легкого вездехода излишне высокое для машин такого класса при излишне малом углу поворота руля. В случае постановке рассматриваемого снегоболотохода данные параметры конструкции потребуют переработки. Приведенные результаты исследований показателей управляемости лёгкого колёсного снегоболотохода с бортовым способом поворота могут быть полезными для разработки транспортно – технологических машин, предназначенных для обслуживания трубопроводов, линий электропередач и связи, проведения поисково-спасательных и патрульных работ, в труднодоступных районах нашей области, страны, в том числе в условиях приполярных районов Севера. Исследования позволят выработать рекомендации по выбору оптимальных режимов и приемы эксплуатации, исходя из их тактико-технических показателей, в частности из области управляемости. Важность этого обуславливается тем, что упомянутые показатели являются значимыми, (в числе других), с точки зрения подвижности изучаемой автотранспортной техники, особенно с учётом её оперативно-функционального назначения – машины для обеспечения мобильности, (в том числе индивидуальной), сотрудников разного рода служб обслуживания, а также быстрого реагирования [13-16]. Исследуемый лёгкий колёсный снегоболотоход является в настоящее время, ходовым макетом, предназначенным для отработки реализуемых конструкторских решений, в том числе, в области обеспечения его управляемости. Как показали результаты описываемых в статье испытаний, бортовой способ поворота, реализованный в его конструкции, накладывает некоторые особенности на методики организации измерений, а также обуславливает величины полученных в ходе них параметров и характеристик, отличающихся от тех, что свойственны транспортным средствам, направление движения которых изменяется за счёт поворота управляемых колёс [6]. Таким образом, можно сделать заключение о том, что кроме явного конструкционного упрощения рулевого управления, связанного с отсутствием ряда элементов, обязательно присутствующих на транспортно – технологических машинах с «традиционной» конструкцией рулевого привода, предложенный вариант его конструкции потребует уточнения целого проектировочных и компоновочных решений. Данный вывод можно сделать на основе анализа результатов проведенных испытаний, описываемых выше. Как было указано, не все параметры, отражающие управляемость снегоболотохода, при существующих конструкционных решениях, являются оптимальными и даже приемлемыми для случая его повседневной эксплуатации. В ходе нее, водитель – оператор, который также, зачастую, будет являться техником – механиком, специализирующимся на проведении каких – либо спасательных или иных технологических операций, (т.е. не обладать, в отличие от водителя-испытателя, управлявшего данным снегоболотоходом при испытательных заездах, специальными навыками и приёмами вождения именно этого транспортного средства), с высокой долей вероят-

ности столкнётся с затруднениями при управлении. В критической ситуации это может оказаться существенным фактором, обуславливающим потерю снегоболотоходом проходимости и даже подвижности. Следовательно, полученные результаты испытаний могут послужить основанием для изменения параметров и компоновки механизмов управления «блокировки бортов» снегоболотохода.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 52302-2004. Автотранспортные средства. Управляемость и устойчивость. Технические требования. Методы испытаний; Введ. 01.01.05. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2004. – 16 с.: ил.
2. ГОСТ Р 50943-2011. Снегоболотоходы. Технические требования и методы испытаний; Введ. 01.01.11. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2011. – 12 с.: ил.
3. Федоренко А.В., Лелиовский К.Я. Испытания по определению показателей управляемости лёгкого колёсного снегоболотохода «Корсак» с бортовым способом поворота // Арктика. инновационные технологии, кадры, туризм: сборник матер. междуна. науч. – практ. конф. – Воронеж: Воронеж. гос. лес. тех. ун-т. – 2021. – С. 213-221.
4. Огороднов С.М., Лелиовский К.Я. Испытания транспортных машин: дорожные испытания. Стендовые испытания узлов и агрегатов: учеб. пособие. – Н.Новгород: Нижегород. гос. тех. ун-т., 2012. – 234 с.
5. Тарасик В.П. Теория движения автомобиля. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 478 с.
6. Фаробин Я.Е. Теория поворота транспортных машин. – М.: Машиностроение, 1970. – 176 с.
7. ГОСТ Р 51709-2001. Автотранспортные средства. требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 22 с.
8. Технический регламент о безопасности колесных транспортных средств, постановление Правительства Российской Федерации № 720 от 10.09.2009 г. – М.: Минпромторг, 2010. – 325 с.
9. Беккер М.Г. Введение в теорию систем местность – машина. – М.: Машиностроение, 1973. – 273 с.
10. Беляков В.В. и др. Концепция подвижности наземных транспортно - технологических машин // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Н.Новгород: НГТУ. – 2013. - №3. - С. 145-174.
11. Вездеходные транспортно-технологические машины. Основы теории движения: монография / Барахтанов Л.В. и др.; под. общ. ред. В.В. Белякова и А.П. Куляшова. – Н. Новгород: ТАЛАМ, 2004. – 961 с.
12. Барахтанов Л.В. Экспериментально-теоретические исследования опорной проходимости многоосных колесных машин // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2012. - №3. - С. 162-170.
13. Барахтанов Л.В. и др. Экспериментальные исследования поворота многоосных колесных машин // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. - 2012. - №4. - С. 175-181.
14. Гончаров К.О. Оценка влияния экскавационно-бульдозерных эффектов на проходимость многоосных колесных машин при криволинейном движении по снегу: Дис. ... канд. техн. наук. - Н. Новгород, 2011. – 263 с.
15. Гончаров К.О., Макаров В.С., Беляков В.В. Проведение замеров микропрофиля поверхности движения типа ровное поле // Леса России и хозяйство в них. - 2012. - Т. 1-2. - №42-43. - С. 29-30.
16. Хачатуров А.А., Афанасьев В.Л., Васильев В.С. Динамика системы «дорога – автомобиль – водитель» / под общ. ред. А.А. Хачатурова. – М.: Машиностроение, 1976. – 535 с.
17. Чернышов Н.В. Комплексная система управления поворотом боевой колёсной машины 8Х8: дис. ... канд. техн. наук. – М., 2009. - 118 с.
18. Чобиток В.А. Подвижность танков [Электронный ресурс] / НИЛ-2: научно – метод сборник. – 1979. - Режим доступа: <http://armor.kiev.ua/>
19. Чобиток В.А. Теория движения танков и БМП: учебник. – М.: Воениздат, 1984. - 376 с.
20. Шарипов В.М. Конструирование и расчёт тракторов: учеб. для студентов вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2009. - 752 с.

**Федоренко Александр Викторович**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева  
Адрес: 603950, Россия, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24  
Старший преподаватель кафедры «Автомобили и тракторы»  
E-mail: alex.fedorenko.tech@yandex.ru

**Лелиовский Константин Ярославич**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева  
Адрес: 603950, Россия, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24  
К.т.н., доцент кафедры «Строительные и дорожные машины»  
E-mail: kleliovskiy@mail.ru

---

A.V. FEDORENKO, K.Y. LELIOVSKIY

## TESTS TO DETERMINE THE CONTROLLABILITY PARAMETERS OF A LIGHT WHEELED AMPHIBIOUS ALL-TERRAIN VEHICLE WITH AN ON-BOARD TURNING METHOD

*Abstract.* This article presents some data obtained during tests of particularly light snowmobiles with an on-board turning method in order to identify indicators of their technical and opera-

tional properties, in particular controllability. The intermediate results of the work carried out by the team of researchers of the R.E. Alekseev NSTU are presented. The investigated snowmobile is supposed to form the basis of a model range of ground transportation and technological means. The developed line is positioned to ensure the individual mobility of technical personnel engaged in the maintenance of pipelines, power lines and communications, in addition to conducting search and rescue and patrol operations, including in the circumpolar regions of the North. The development, as well as the modernization of their structures, experimental substantiation of the calculation principles was chosen as a further direction of the project development.

**Keywords:** all-terrain vehicles, controllability, on-board power method of turning, wheeled vehicles, efficiency, mobility

## BIBLIOGRAPHY

1. GOST R 52302-2004. Avtotransportnye sredstva. Upravlyaemost` i ustoychivost`. Tekhnicheskie trebovaniya. Metody ispytaniy; Vved. 01.01.05. - M.: Gosstandart Rossii: Izd-vo standartov, 2004. - 16 s.: il.
2. GOST R 50943-2011. Snegobolotokhody. Tekhnicheskie trebovaniya i metody ispytaniy; Vved. 01.01.11. - M.: Gosstandart Rossii: Izd-vo standartov, 2011. - 12 s.: il.
3. Fedorenko A.V., Leliovskiy K.Ya. Ispytaniya po opredeleniyu pokazateley upravlyaemosti liogkogo koliosnogo snegobolotokhoda «Korsak» s bortovym sposobom povorota // Arktika. innovatsionnye tekhnologii, kadry, turizm: sbornik mater. mezhdun. nauch. - prakt. konf. - Voronezh: Voronezh. gos. les. tekhn. un-t. - 2021. - S. 213-221.
4. Ogorodnov S.M., Leliovskiy K.Ya. Ispytaniya transportnykh mashin: dorozhnye ispytaniya. Stendovye ispytaniya uzlov i agregatov: ucheb. posobie. - N. Novgorod: Nizhegorod. gos. tekhn. un-t., 2012. - 234 s.
5. Tarasik V.P. Teoriya dvizheniya avtomobilya. - SPb.: BHV-Peterburg, 2006. - 478 s.
6. Farobin Ya.E. Teoriya povorota transportnykh mashin. - M.: Mashinostroenie, 1970. - 176 s.
7. GOST R 51709-2001. Avtotransportnye sredstva. trebovaniya bezopasnosti k tekhnicheskomu sostoyaniyu i metody proverki. - M.: Izd-vo standartov, 2001. - 22 s.
8. Tekhnicheskiiy reglament o bezopasnosti kolesnykh transportnykh sredstv, postanovlenie Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii № 720 ot 10.09.2009 g. - M.: Minpromtorg, 2010. - 325 s.
9. Bekker M.G. Vvedenie v teoriyu sistem mestnost` - mashina. - M.: Mashinostroenie, 1973. - 273 s.
10. Belyakov V.V. i dr. Kontseptsiya podvizhnosti nazemnykh transportno - tekhnologicheskikh mashin // Trudy NGTU im. R.E. Alekseeva. - N. Novgorod: NGTU. - 2013. - №3. - S. 145-174.
11. Vezdekhodnye transportno-tekhnologicheskie mashiny. Osnovy teorii dvizheniya: monografiya / Barakhtanov L.V. i dr.; pod. obshch. red. V.V. Belyakova i A.P. Kulyashova. - N. Novgorod: TALAM, 2004. - 961 s.
12. Barakhtanov L.V. Eksperimental'no-teoreticheskie issledovaniya opornoy prokhdimosti mnogoosnykh kolesnykh mashin // Trudy NGTU im. R.E. Alekseeva. - 2012. - №3. - S. 162-170.
13. Barakhtanov L.V. i dr. Eksperimental'nye issledovaniya povorota mnogoosnykh kolesnykh mashin // Trudy NGTU im. R.E. Alekseeva. - 2012. - №4. - S. 175-181.
14. Goncharov K.O. Otsenka vliyaniya ekskavatsionno-bul'dozernykh effektov na prokhdimost` mnogoosnykh kolesnykh mashin pri krivolineynom dvizhenii po snegu: Dis. ... kand. tekhn. nauk. - N. Novgorod, 2011. - 263 s.
15. Goncharov K.O., Makarov V.S., Belyakov V.V. Provedenie zamerov mikroprofilya poverkhnosti dvizheniya tipa rovnogo pole // Lesa Rossii i khozyaystvo v nikh. - 2012. - T. 1-2. - №42-43. - S. 29-30.
16. Hachaturov A.A., Afanas'ev V.L., Vasil'ev V.S. Dinamika sistemy «doroga - avtomobil` - vodi-tel'» / pod obshch. red. A.A. Hachaturova. - M.: Mashinostroenie, 1976. - 535 s.
17. Chernyshov N.V. Kompleksnaya sistema upravleniya povorotom boevoy koliosnoy mashiny 8X8: dis. ... kand. tekhn. nauk. - M., 2009. - 118 s.
18. Chobitok V.A. Podvizhnost` tankov [Elektronnyy resurs] / NIL-2: nauchno - metod sbornik. - 1979. - Rezhim dostupa: <http://armor.kiev.ua/>
19. Chobitok V.A. Teoriya dvizheniya tankov i BMP: uchebnik. - M.: Voenizdat, 1984. - 376 s.
20. Sharipov V.M. Konstruirovaniye i raschiot traktorov: ucheb. dlya studentov vuzov. - 2-e izd., pererab. i dop. - M.: Mashinostroenie, 2009. - 752 s.

**Fedorenko Alexander Victorovich**  
Nizhny Novgorod State Technical University  
Address: 603950, Russia, Nizhny Novgorod, Minin str.  
Senior lecturer  
E-mail: alex.fedorenko.tech@yandex.ru

**Leliovsky Konstantin Yaroslavich**  
Nizhny Novgorod State Technical University  
Address: 603950, Russia, Nizhny Novgorod, Minin str.  
Candidate of technical sciences  
E-mail: kleliovskiy@mail.ru

Научная статья

УДК 656.015

doi:10.33979/2073-7432-2023-3-2(82)-44-51

А.А. КРАВЧЕНКО, И.А. НОВИКОВ, Н.А. ЗАГОРОДНИЙ, С.В. КУЩЕНКО

**АКТУАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ  
ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В РАМКАХ РЕАЛИЗАЦИИ  
НАЦИОНАЛЬНОГО ПРОЕКТА  
«БЕЗОПАСНЫЕ КАЧЕСТВЕННЫЕ ДОРОГИ»**

***Аннотация.** В статье проведен анализ реализации национального проекта «Безопасные качественные дороги» на территории Белгородской агломерации. Выявлено снижение дорожно-транспортных происшествий по отношению к предыдущему году, что свидетельствует о повышении уровня безопасности дорожного движения. Представлены места концентрации дорожно-транспортных происшествий на территории области. Предложена разработка программного продукта, позволяющего автоматизировать сбор, хранение и обработку больших данных для прогнозирования возможных мест возникновения дорожно-транспортных происшествий.*

***Ключевые слова:** безопасность дорожного движения, дорожно-транспортное происшествие, национальный проект «Безопасные качественные дороги», места концентрации дорожно-транспортных происшествий, статистика*

**Введение**

На сегодняшний день снижение смертности от дорожно-транспортных происшествий одна из основных задач всех органов власти в рамках реализации национального проекта «Безопасные качественные дороги».

Несомненно, роль дорожной деятельности в вопросе повышения уровня безопасности передвижения всех участников дорожного движения наиболее существенная на всех её этапах [1-6]. Проектирование, строительство и эксплуатация улично-дорожной сети в нормативе залог защищенности, уверенности и успеха реализации национального проекта «Безопасные качественные дороги».

**Материал и методы**

Благодаря работе национального проекта «Безопасные качественные дороги» в 2022 году проведены дорожные работы в общей сложности на 5900 объектов с общей протяженностью дорог 16800 км, которые полностью приведены к нормативному состоянию. Бюджет всех уровней власти на развитие региональных дорог и дорог местного значения составил около 420 млрд. руб.

С целью повышения безопасности дорожного движения на объектах, предусмотренных национальным проектом, проведены следующие виды работ: нанесено 21000000 п.м. дорожной разметки, обустроено 1600000 п.м. тротуарных дорожек, установлено 581000 п.м. стационарного освещения и около 2300 светофорных объектов, 198000 дорожных знаков, более 241000 п.м. пешеходного и около 1400000 п.м. барьерного ограждения.

Согласно статистике аварийности по данным ГИБДД на территории России зарегистрировано 126705 дорожно-транспортных происшествий, в которых 14172 человека погибло и 159635 получили ранения различной степени тяжести. Таким образом, относительно 2021 года имеется тенденция на улучшение ситуации: количество дорожно-транспортных происшествий снизилось на 5 %, количество погибших – на 4,7 %, а количество раненых – на 4,9 %.

В 2022 году в рамках национального проекта «Безопасные качественные дороги» [18, 19, 20] на территории Белгородской области проведены дорожные работы на 134 км автодорог (97 объектов), из которых 49,9 км – региональные (14 объектов) и 84,1 км – местные дороги (83 объекта) на общую сумму около 2,8 млрд. рублей.

Бюджет дорожного фонда Белгородской области в 2022 году составил 15 688 130 тыс. руб. (в т.ч. БКД – 2 814 755 тыс. руб.).

© Кравченко А.А., Новиков И.А., Загородний Н.А., Кущенко С.В., 2023

**Теория**

В рамках проведения работ выполнены мероприятия по установке более 2 тысячи дорожных знаков, 49 км барьерного и 6,2 км пешеходного ограждений, строительству 102 км тротуаров, 24 светофорных объектов, построено более 62 км линий стационарного искусственного освещения.

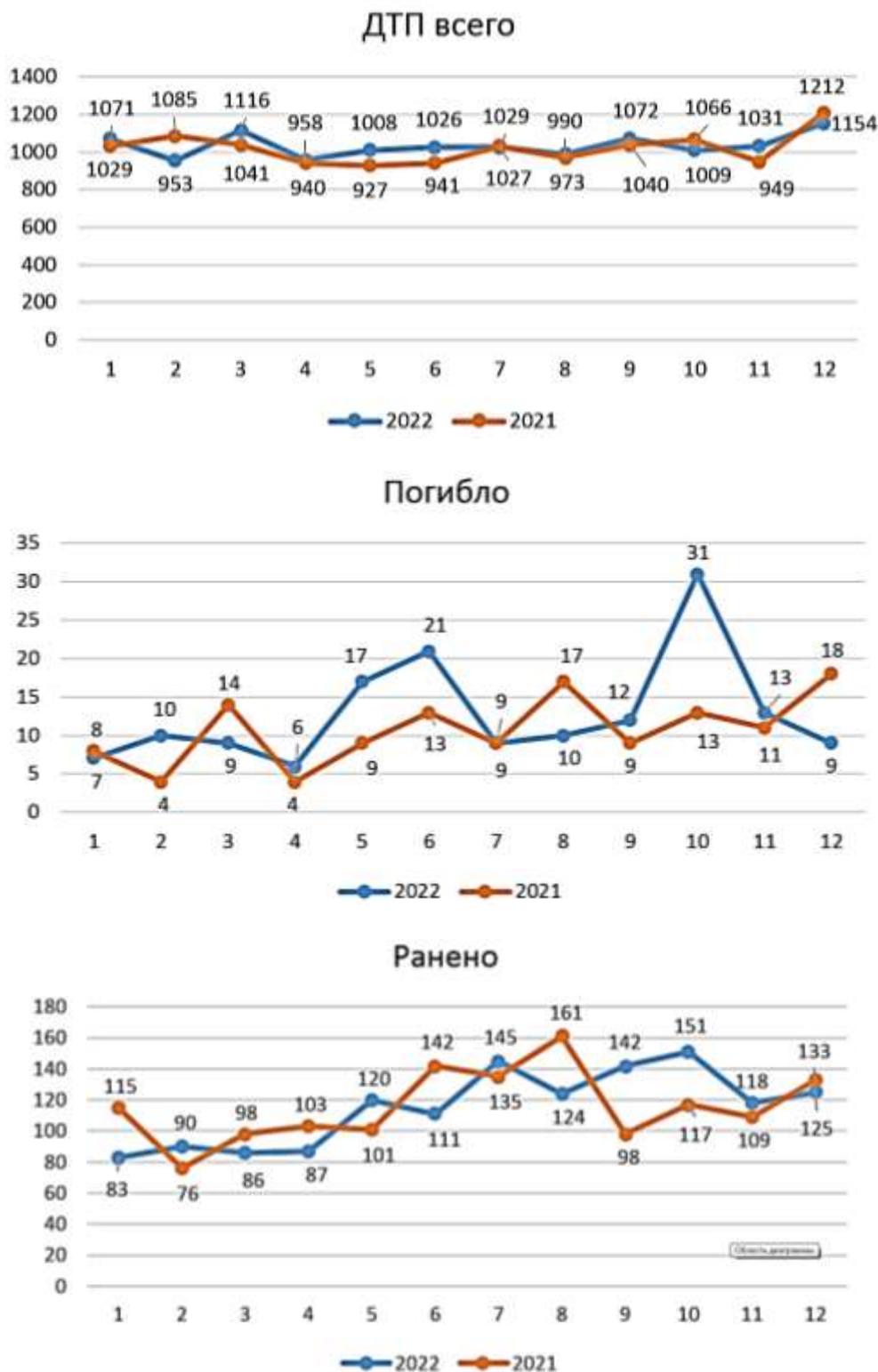


Рисунок 1 - Статистика ДТП, погибших и раненых в Белгородской области за 2021, 2022 годы

По итогам 2022 года на территории Белгородской области зарегистрировано 12748 дорожно-транспортных происшествий, в которых 155 человека погибло и 1349 получили ра-

нения различной степени тяжести. В сравнении с прошлым годом количество ДТП снизилось на 2,1 %, погибших на 16,1 %, раненых на 0,3 %.

На сегодняшний день в условиях совершенствования базы по системе организации дорожного движения дорабатывается и терминология. Поэтому специалистами в области безопасности дорожного движения при оценке уровня безопасности дорожного движения принято применять термин «Место концентрации дорожно-транспортных происшествий».

Вышеуказанный термин закреплен ОДМ № 218.6.015–2015 «Рекомендации по учету и анализу дорожно-транспортных происшествий на автомобильных дорогах Российской Федерации», и он звучит как - аварийно-опасный участок дороги (место концентрации ДТП) [7-9, 11, 13]: участок дороги, улицы, не превышающий 1000 метров вне населенного пункта или 200 метров в населенном пункте, либо пересечение дорог, улиц, где в течение отчетного года произошло три и более ДТП одного вида или пять и более ДТП независимо от их вида, в результате которых погибли или были ранены люди».

По данным ГИБДД за 2022 года в Белгородской области установлено 14 мест концентрации ДТП, в которых совершено 48 ДТП. В данных ДТП 4 человека погибло и 64 человека получили ранения различной степени тяжести.

Таким образом, по итогам 2022 года доля ДТП, совершенных в местах концентрации ДТП составила 4,6 % от общего количества ДТП, в которых погибло 2,6 % и ранено 4,7 % от общего количества погибших и раненых соответственно.



Рисунок 2 - Процентное соотношение мест концентрации ДТП от общего количества ДТП

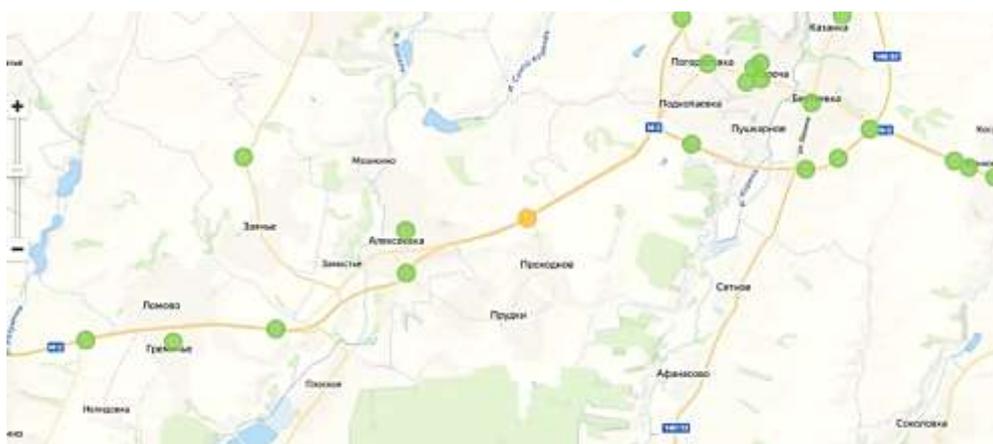
При этом нормативы в области дорожной деятельности нацеливают владельца дороги на проведение работ именно в местах концентрации ДТП, несомненно это необходимо, однако считаем, что современный подход к снижению количества и тяжести ДТП должен основываться на онлайн мониторинге состояния БДД с учетом каждого совершенного происшествия и принятие мер должно носить комплексный характер [10, 12, 14].

Еще одним доказательством необходимости анализа каждого ДТП служит картографическое размещение мест совершения дорожно-транспортных происшествий на территории региона в период 2017-2022 годов [15-17].

Картографическое размещение мест совершения дорожно-транспортных происшествий свидетельствует о разрозненности их совершения на улично-дорожной сети г. Белгорода в 2020 - 2022 годах.



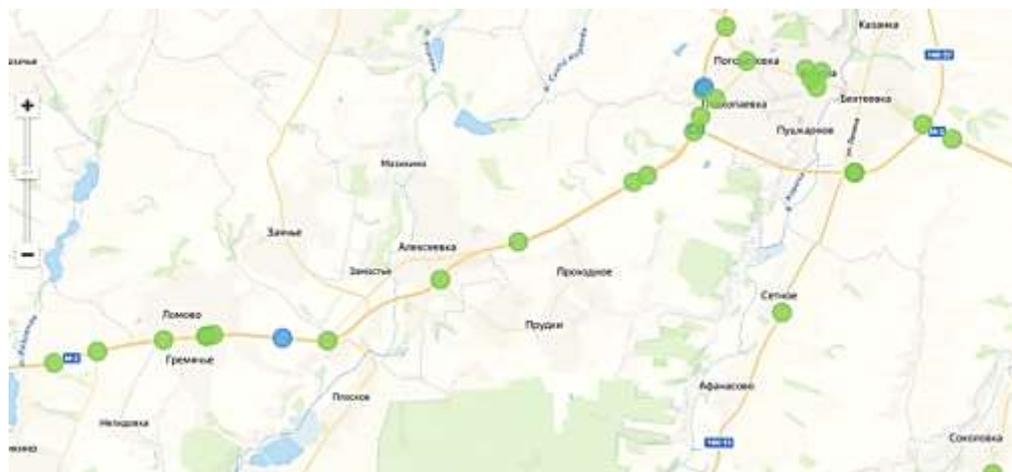
**Рисунок 3 – Места зарегистрированных дорожно-транспортных происшествий с пострадавшими на участке УДС в г. Белгороде в 2020 - 2022 годах:**  
а - 2020 г., б - 2021 г., в - 2022 г.



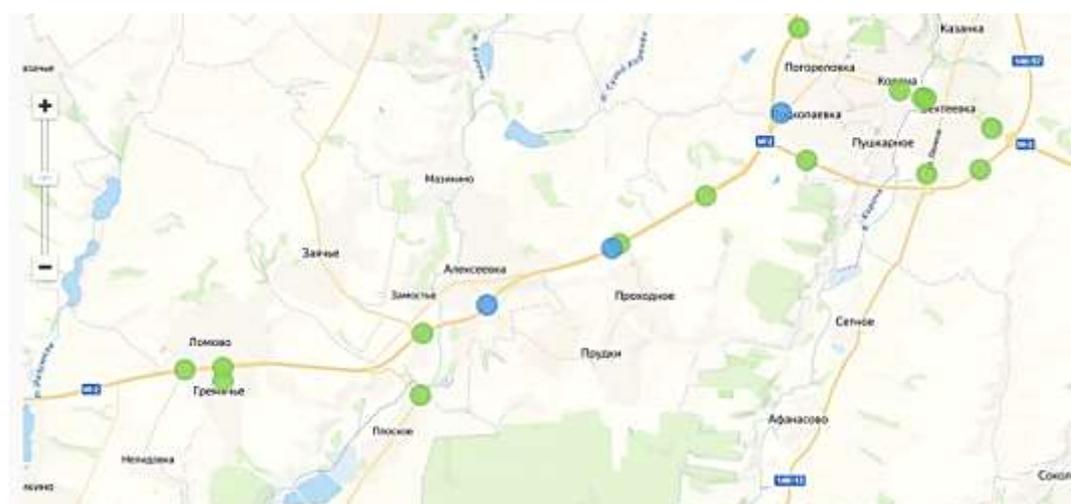
**Рисунок 4 – Места дорожно-транспортных происшествий в 2022 году**

Аналогичная ситуация складывается на дорогах федерального, регионального, межмуниципального и местного значения Белгородской области. Представленный на рисунке участок автомобильной дороги «М-2 «Крым» Москва – Тула – Орел – Курск – Белгород – граница с Украиной, соединительная дорога «Белгород – М-4 «Дон на участке км 8+00 – км 216+100, Белгородская область», так же свидетельствует о разрозненности совершения дорожно-транспортных происшествий в период с 2020- 2022 годы, при этом мест концентрации на данном участке в указанный период не зарегистрировано.

Места совершения происшествий и способствующие ему условия требуют глубокого анализа, не ограничивающегося рамками 1000 и 200 метровых зон.



*Рисунок 5 – Места дорожно-транспортных происшествий в 2021 году*



*Рисунок 6 – Места дорожно-транспортных происшествий в 2020 году*

И роль каждого субъекта в профилактике совершения происшествий носит существенный характер. В 2022 году нами совместно с сотрудниками управления Госавтоинспекции УМВД России по Белгородской области проведен анализ ранее совершенных ДТП в летний период 2021 года.

Установлено, что в период с 01 июля по 01 сентября, пик аварийности, наибольшее количество зарегистрированных ДТП и погибших в них людей приходится на август 2021 года. Затем определены места профилактики нарушений Правил дорожного движения сотрудниками Госавтоинспекции на улично-дорожной сети области в данный период 2022 года.

По итогам, в августе 2022 года количество погибших в совершенных происшествиях людей снизилось на 41 %, а это 7 человеческих жизней.

Однако, ввиду ограниченности ресурсов Госавтоинспекции, дорожной отрасли, проблем профилактики опасного поведения на дорогах всех участников движения необходима консолидация усилий всех служб и ведомств в реализации национального проекта.

### ***Результаты и обсуждение***

Наиболее важным является реализация мероприятий инженерного характера, при этом выбор реализуемых мероприятий должен основываться на глубоком анализе всех дорожно-транспортных происшествий совершенных, к примеру, в пределах региона.

Итак, необходим программный продукт, который позволит автоматизировать сбор, хранение и обработку больших данных для прогнозирования возможных мест возникновения дорожно-транспортных происшествий на основе динамических статистических данных о

ДТП и технико-эксплуатационных показателях улично-дорожной сети и дорог общего пользования с учетом характеристик транспортных и пешеходных потоков. Выявлять участки дорог общего пользования и улично-дорожной сети, не соответствующих установленным нормативным требованиям с выработкой типовых решений по совершенствованию безопасности дорожного движения на основе выявленных несоответствий нормативных показателей.

### **Выводы**

Таким образом, наиболее востребованным данный продукт должен стать для органов местного самоуправления, владельцев улично-дорожной сети при принятии соответствующих управленческих решений в области организации дорожного движения, эксплуатации и ремонта дорожно-транспортной инфраструктуры с целью повышения безопасности дорожного движения и снижения количества дорожно-транспортных происшествий.

### **Благодарность**

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

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Новости Госавтоинспекции [Электронный ресурс] / Режим доступа: [www.gibdd.ru](http://www.gibdd.ru).
2. Зырянов В.В., Кочерга В.Г., Поздняков М.Н. Современные подходы к разработке комплексных схем организации дорожного движения // Транспорт Российской Федерации. - СПб. – №1. - 2011. – С. 28-33.
3. Гай Л.Е., Шутов А.И., Воля П.А., Кущенко С.В. Заторовые явления. Возможности предупреждения // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. - 2013. - №3.
4. Кущенко Л.Е., Бобешко А.С., Кущенко С.В., Новиков И.А. Комплексная оценка и анализ показателей дорожно-транспортных происшествий на примере регионов Черноземья // Мир транспорта и технологических машин. - 2018. - №4(63). - С. 62-68.
5. Кущенко Л.Е. Камбур А.С., Пехов А.А. Совершенствование организации дорожного движения посредством применения интеллектуальных транспортных систем // Мир транспорта и технологических машин. – Орел. - 2021. - №3(74). - С. 83-91.
6. Kambur A., Kushchenko L., Novikov I. Improving traffic management through the use of intelligent transport systems // The VII International scientific and practical conference «Information technologies and management of transport systems» (ITMTS 2021), MATEC Web Conf. – Vol. 341. - 2021.
7. Kushchenko L., Kushchenko S., Novikov A., Kambur A. The use of information technology «Auto-Intellect» to improve the quality of traffic management // IOP Conference Series: Earth and environmental science. - 2021.
8. Кущенко Л.Е., Кравченко А.А., Давыдова Е.В. Исследование эколого-экономических показателей автомобильного транспорта в городской агломерации Белгородской области // Мир транспорта и технологических машин. - Орел. - 2021. - №2(73). - С. 83-91.
9. Kushchenko L., Kushchenko S., Kambur A., Novikov A. The analyzing of personal and public transport traffic flows in Belgorod agglomeration // Journal of applied engineering science. – 2022. - Vol. 20(3). - P. 700-706.
10. Новиков И.А., Кущенко Л.Е., Новописный Е.А., Камбур А.С. Использование интеллектуальных транспортных систем для повышения качества организации дорожного движения // Мир транспорта и технологических машин. - 2022. - №3-4(78). – С. 42-49.
11. Новиков А.Н., Кущенко Л.Е., Новописный Е.А., Камбур А.С. Статистический анализ вероятности возникновения дорожно-транспортных происшествий на основе данных интеллектуальных транспортных систем Белгородской агломерации // Вестник гражданских инженеров. - 2022. - №5(94). – С. 116-122.
12. Kushchenko L., Kushchenko S., Novikov A., Novikov I. The planning and conducting transport and transport-sociological surveys for the development of a local project of the Belgorod urban agglomeration // Journal of Applied engineering science. – 2021. - Vol. 19 (3). - P. 706-711.
13. Kushchenko L., Kushchenko S., Kambur A., Novikov A. The analyzing of personal and public transport traffic flows in Belgorod agglomeration // Journal of applied engineering science. – 2022. - Vol. 20(3). – P. 700-706.
14. Капский Д.В. Системный подход к повышению безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности // Международный технико-экономический журнал. – 2012. - №2. - С. 99-105.
15. Куракина Е.В. Методология обеспечения безопасности дорожного движения по критерию «нулевой смертности» в дорожно-транспортных происшествиях: Дис. ... д-ра. техн. наук. - Санкт-Петербург, 2022. - 424 с.
16. Васильев А.П. Эксплуатация автомобильных дорог: Учебник для студ. высших учеб. заведений. - В 2 т. - М.: Издательский центр «Академия», 2010. - 320 с.
17. О безопасности дорожного движения: федер. закон от 10.12.1995 №196-ФЗ (ред. от 26.08.2016) [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.

18. Стратегия безопасности дорожного движения в Российской Федерации на 2018 - 2024 годы: распоряжение Правительства РФ от 08.01.2018 №1-р.

19. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения. - М.: Транспорт, 1993. - 271 с.

20. Блинкин М.Я., Решетова Е.М. Безопасность дорожного движения: история вопроса, международный опыт, базовые институции: монография. - М.: Издат. дом высшей школы экономики, 2013. - 157 с.

**Кравченко Андрей Алексеевич**

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова  
Адрес: 308012, Россия, г. Белгород, улица Костюкова, 46  
К.т.н., доцент кафедры эксплуатации и организации движения автотранспорта  
E-mail: kaa3181@mail.ru

**Новиков Иван Алексеевич**

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

**Загородний Николай Александрович**

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

**Куценко Сергей Викторович**

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова  
Адрес: 308012, Россия, г. Белгород, улица Костюкова, 46  
К.т.н., доцент кафедры «Эксплуатации и организации движения автотранспорта»  
E-mail: serega\_ku@mail.ru

---

A.A. KRAVCHENKO, I.A. NOVIKOV, N.A. ZAGORODNIJ, S.V. KUSHCHENKO

**CURRENT APPROACH TO THE ASSESSMENT  
OF THE ROAD SAFETY LEVEL IN THE NATIONAL PROJECT  
FRAMEWORK «SAFETY QUALITY ROADS»**

***Abstract.** The article analyzes the implementation of the national project «Safety quality roads» on the territory of the Belgorod agglomeration. A decrease in road traffic accidents compared to the previous year was revealed, which indicates an increase in the level of road safety. The places of concentration of traffic accidents in the region are presented. The development of a software product is proposed to automate the collection, storage and processing of big data to predict the possible locations of traffic accidents.*

***Keywords:** road safety, traffic accident, national project «Safety quality roads», concentration of traffic accidents places, statistics*

**BIBLIOGRAPHY**

1. Novosti Gosavtoinspektсии [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: www.gibdd.ru.
2. Zyryanov V.V., Kocherga V.G., Pozdnyakov M.N. Sovremennyye podkhody k razrabotke kompleksnykh skhem organizatsii dorozhnogo dvizheniya // Transport Rossiyskoy Federatsii. - SPb. - №1. - 2011. - S. 28-33.
3. Gay L.E., Shutov A.I., Volya P.A., Kushchenko S.V. Zatorovye yavleniya. Vozmozhnosti preduprezhdeniya // Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova. - 2013. - №3.
4. Kushchenko L.E., Bobeshko A.S., Kushchenko S.V., Novikov I.A. Kompleksnaya otsenka i analiz pokazateley dorozhno-transportnykh proisshestviy na primere regionov Chernozem'ya // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2018. - №4(63). - S. 62-68.
5. Kushchenko L.E., Kambur A.S., Pekhov A.A. Sovershenstvovanie organizatsii dorozhnogo dvizheniya posredstvom primeneniya intellektual'nykh transportnykh sistem // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - Orel. - 2021. - №3(74). - S. 83-91.
6. Kambur A., Kushchenko L., Novikov I. Improving traffic management through the use of intelligent

transport systems // The VII International scientific and practical conference «Information technologies and management of transport systems» (ITMTS 2021), MATEC Web Conf. - Vol. 341. - 2021.

7. Kushchenko L., Kushchenko S., Novikov A., Kambur A. The use of information technology «Auto –Intellect» to improve the quality of traffic management // IOP Conference Series: Earth and environmental science. - 2021.

8. Kushchenko L.E., Kravchenko A.A., Davydova E.V. Issledovanie ekologo-ekonomicheskikh pokazateley avtomobil'nogo transporta v gorodskoy aglomeratsii Belgorodskoy oblasti // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - Orel. - 2021. - №2(73). - S. 83-91.

9. Kushchenko L., Kushchenko S., Kambur A., Novikov A. The analyzing of personal and public transport traffic flows in Belgorod agglomeration // Journal of applied engineering science. - 2022. - Vol. 20(3). - R. 700-706.

10. Novikov I.A., Kushchenko L.E., Novopisnyy E.A., Kambur A.S. Ispol'zovanie intellektual'nykh transportnykh sistem dlya povysheniya kachestva organizatsii dorozhnogo dvizheniya // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2022. - №3-4(78). - S. 42-49.

11. Novikov A.N., Kushchenko L.E., Novopisnyy E.A., Kambur A.S. Statisticheskiy analiz veroyatnosti vozniknoveniya dorozhno-transportnykh proissheshtviy na osnove dannykh intellektual'nykh transportnykh sistem Belgorodskoy aglomeratsii // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. - 2022. - №5(94). - S. 116-122.

12. Kushchenko L., Kushchenko S., Novikov A., Novikov I. The planning and conducting transport and transport-sociological surveys for the development of a local project of the Belgorod urban agglomeration // Journal of Applied engineering science. - 2021. - Vol. 19 (3). - R. 706-711.

13. Kushchenko L., Kushchenko S., Kambur A., Novikov A. The analyzing of personal and public transport traffic flows in Belgorod agglomeration // Journal of applied engineering science. - 2022. - Vol. 20(3). - R. 700-706.

14. Kapskiy D.V. Sistemnyy podkhod k povysheniyu bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v gorodskikh ocha-gakh avariynosti // Mezhdunarodnyy tekhniko-ekonomicheskii zhurnal. - 2012. - №2. - S. 99-105.

15. Kurakina E.V. Metodologiya obespecheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya po kriteriyu "nulevoy smertnosti" v dorozhno-transportnykh proissheshtviyakh: Dis. ... d-ra. tekhn. nauk. - Sankt-Peterburg, 2022. - 424 s.

16. Vasil'ev A.P. Eksploatatsiya avtomobil'nykh dorog: Uchebnik dlya stud. vysshikh ucheb. zavedeniy. - V 2 t. - M.: Izdatel'skiy tsentr "Akademiya", 2010. - 320 s.

17. O bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya: feder. zakon ot 10.12.1995 №196-FZ (red. ot 26.08.2016) [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <http://www.consultant.ru>.

18. Strategiya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v Rossiyskoy Federatsii na 2018 - 2024 gody: rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 08.01.2018 №1-r.

19. Babkov V.F. Dorozhnye usloviya i bezopasnost' dvizheniya. - M.: Transport, 1993. - 271 s.

20. Blinkin M.YA., Reshetova E.M. Bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya: istoriya voprosa, mezhdunarod-nyy opyt, bazovye institutsii: monografiya. - M.: Izdat. dom vysshey shkoly ekonomiki, 2013. - 157 s.

**Kravchenko Andrey Alekseevich**

Belgorod state technological university

Adress: 308012, Russia, Belgorod

Candidate of technical science

E-mail: [kaa3181@mail.ru](mailto:kaa3181@mail.ru)

**Novikov Ivan Alekseevich**

Belgorod state technological university

Adress: 308012, Russia, Belgorod

Doctor of technical science

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

**Zagorodnij Nikolai Aleksandrovich**

Belgorod state technological university

Adress: 308012, Russia, Belgorod

Candidate of technical science

E-mail: [n.zagorodnij@yandex.ru](mailto:n.zagorodnij@yandex.ru)

**Kushchenko Sergey Viktorovich**

Belgorod state technological university

Adress: 308012, Russia, Belgorod

Candidate of technical science

E-mail: [serega\\_ku@mail.ru](mailto:serega_ku@mail.ru)

Научная статья

УДК 656.025

doi:10.33979/2073-7432-2023-3-2(82)-52-61

Д.Г. НЕВОЛИН, А.А. ЦАРИКОВ

## **ВЛИЯНИЕ УДАЛЕННОСТИ ГОРОДОВ-СПУТНИКОВ ОТ ЯДРА АГЛОМЕРАЦИИ НА ОБЪЕМ ТРАНСПОРТНЫХ КОРРЕСПОНДЕНЦИЙ**

***Аннотация.** В статье представлены результаты исследования транспортных перемещений между городами Екатеринбургской агломерации. На основе данных об объеме транспортных корреспонденций и численности населения трудоспособного возраста, определены границы Екатеринбургской агломерации, с точки зрения маятниковой миграции. Представлены данные о закономерностях изменения пассажиропотоков пригородного транспорта в течение суток, для городов первого и второго пояса. Проведена оценка скорости сообщения подвижного состава, в часы пик, между Екатеринбургом и городами спутниками.*

***Ключевые слова:** городские агломерации, пригородные пассажирские перевозки, транспортные корреспонденции между городами*

### **Введение**

Натурные методы обследования пассажиропотоков [1-3], на современном этапе развития науки и техники используются все реже и реже. На их смену приходят автоматические системы учета пассажиров, которые минимизируют участие человека в процессе обследования и обработки данных [4-6].

Вместе с этим, все большее распространение в практике изучения транспортных корреспонденций, получают системы сотовых операторов и электронных систем навигации [7-9]. Данные полученные от сотовых операторов, позволяют определить наиболее важные маршруты, используемые жителями города в той или иной ситуации, на которых в дальнейшем можно организовывать автобусные маршруты [10]. Постепенно ведутся работы о взаимосвязи данных сотовой сети с элементами интеллектуальных транспортных систем [11].

Необходимо отметить, что данные сотовых операторов на данный момент не позволяют разделять перемещения жителей с точки зрения способа передвижения – на личном автомобиле, на общественном транспорте или пешком. Поэтому в большей мере используются для исследования общей транспортной подвижности населения города или отдельного региона [12, 13].

Одновременно с этим, в последнее десятилетие, особенно ярко обозначила себя проблема транспортной связи между городами агломерации. Крупные города стали генератором притяжения трудоспособного населения, которые привели к ежедневным маятниковым миграциям [14]. При этом специалисты разных направлений науки спорят о том, что можно считать агломерацией, как определять ее границы [15-17], и самое главное для чего она нужна и как способом, управлять ею.

### **Материал и методы**

В рамках данной работы, авторы провели исследования транспортных корреспонденций между Екатеринбургом и другими городами Свердловской области. Для этого вся территория области, была разделена на 400 транспортных районов. На основе данного деления области на районы, были получены данные сотовых операторов об объеме суточных перемещений между указанными районами (табл. 1).

Как видно из таблицы 1, наибольший суточный объем транспортных корреспонденций был зафиксирован из Верхней Пышмы, он составил 38405 поездов. Следующим по объему перемещений можно считать город Березовский, на который пришлось 27420 перемещений.

Необходимо отметить, что Верхняя Пышма и Березовский, находятся в непосредственной близости к Екатеринбургу, а их застроенные территории практически слились. При

этом расстояние от вышеуказанных городов до центра Екатеринбурга составляет тоже расстояние, насколько удалены от центра некоторые периферийные районы Екатеринбурга.

Достаточно большой объем транспортных корреспонденций зафиксирован из Первоуральска – 16230 перемещений. Однако численность населения города Первоуральска превышает суммарную численность Березовского и Верхней Пышмы. Однако данный город находится на гораздо большем расстоянии от Екатеринбурга.

Таблица 1 – Суточный объем транспортных корреспонденций между городами агломерации и Екатеринбургом, а также численность трудоспособного населения

Город	Суточное число корреспонденций в Екатеринбурге	Численность трудоспособного населения	Коэффициент миграционной подвижности	Расстояние между центрами городом, км
1	2	3	4	5
Березовский	27420	37081	0,74	15
В. Пышма	38405	47872	0,8	16
Арамилъ	9290	9702	0,95	25
Среднеуральск	8587	15335	0,56	25,4
Первоуральск	16230	90218	0,18	45
Ревда	8672	39668	0,22	50
Сысерть	4549	9874	0,46	51
Дегтярск	3127	8660	0,36	54
Заречный	4089	17275	0,24	54
Полевской	6316	38307	0,165	55
Реж	2897	23131	0,125	80
Новоуральск	2742	50478	0,055	82
Асбест	2542	39517	0,06	85
Каменск-Уральский	5170	105436	0,04	100
Богданович	1448	25384	0,057	100
Артемовский	978	18909	0,05	113
Нижний Тагил	8271	220868	0,038	140
Камышлов	1156	17855	0,05	144
Алапаевск	377	26905	0,015	150
Ирбит	713	22945	0,03	200
Красноуфимск	638	24061	0,026	204
Тавда	113	20492	0,005	370
Североуральск	144	16061	0,009	450

Учитывая данный факт, авторы данной работы провели отдельные исследования по численности населения городов Свердловской области и расстояния от их центра до центра Екатеринбурга. Необходимо отметить, что возрастная структура различных городов области может значительно отличаться, так называемый эффект городов-пенсионеров. Поэтому по всем исследуемым городам были получены данные о численности трудоспособного населения в возрасте от 18 до 65 лет. Эти данные представлены в таблице 1.

Для корректного сравнения объема транспортных корреспонденций между городами агломерации и Екатеринбургом, авторы предложили следующую формулу:

$$K_{\text{м.п.}} = P_{\text{к}} / \text{ч}_{\text{т.в.}}, \quad (1)$$

где  $K_{\text{м.п.}}$  – коэффициент миграционной подвижности, доля (%);

$P_{\text{к}}$  – суточный объем транспортных корреспонденций в ядро агломерации, поездок;

$\text{ч}_{\text{т.в.}}$  – численность населения трудоспособного возраста (от 18 до 65 лет), человек.

Полученные в результате расчетов данные по формуле (1) представлены в таблице 1.

Стоит указать, что попытки оценить объем транспортных миграций из городов спутников в ядро агломерации предпринимались много раз. Так в работе [18] маятниковую миграцию разделили на: трудовую, школьную и студенческую. При этом все города агломерации были также разделены по удаленности от Екатеринбурга, на города первого, второго и

третьего пояса агломерации. Полученные в результате оценки данные в данной работе представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели маятниковой миграции по поясам зонирования в город Екатеринбург [18]

Пояс зонирования	Маятниковая трудовая миграция, чел	Маятниковая школьная миграция, чел	Маятниковая студенческая миграция, чел	Совокупная маятниковая миграция, чел	Доля, %
Первый	25940	166	9330	35436	16
Второй	67875	-	15520	83395	39
Третий	75847	-	20950	96797	45
всего	169662	166	45800	215328	100

Как видно из таблицы 2 авторы работы [18] явно не оценили объем транспортных корреспонденций между городами первого пояса и Екатеринбургом. Один только город Верхняя Пышма генерируют больший объем транспортных перемещений в Екатеринбург, чем все города Первого пояса указанные в работе [18].

В работе [19] указано, что совокупная маятниковая миграция между Екатеринбургом и городами первого пояса составляет от 27 до 32 %. Однако как видно из таблицы 1, объем транспортных перемещений полученных по данным сотовых операторов дал другие результаты. Таким образом, все известные гипотезы, об объеме транспортных корреспондентов между городами Екатеринбургской агломерации, требуют серьезного пересмотра.

Учитывая вышесказанное, авторы данной работы произвели оценке влияние удаленности городов-спутников от ядра агломерации на объем транспортных корреспонденций (рис. 1).

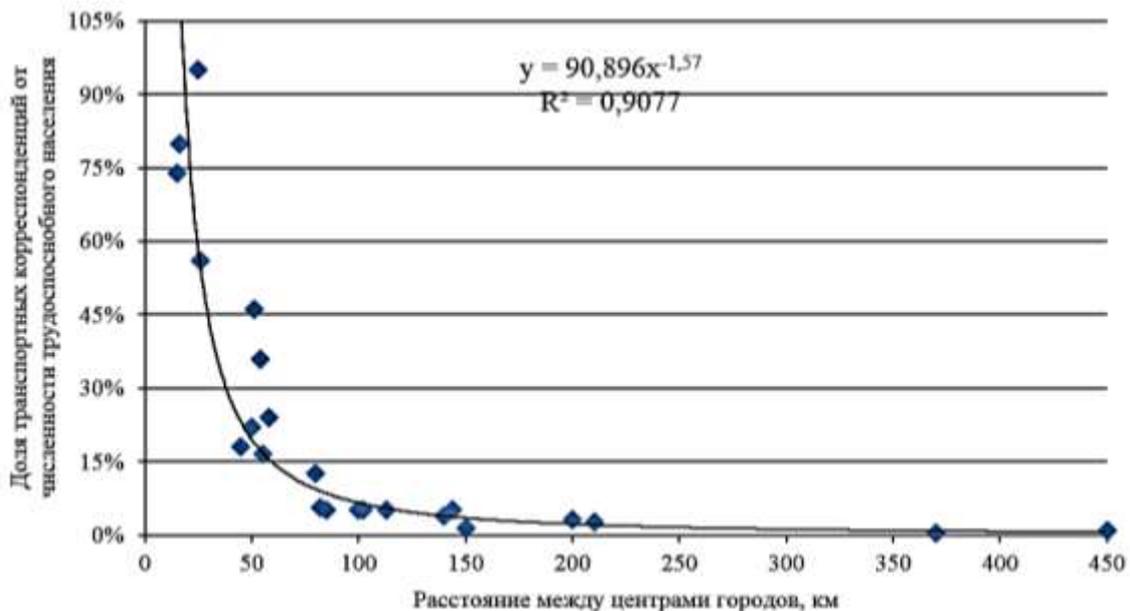


Рисунок 1 – Влияние удаленности городов области от центра Екатеринбурга на объем транспортных корреспонденций

Как видно из рисунка 1, по мере роста расстояния между городами-спутниками и ядром агломерации, транспортная связь снижается. Авторы сознательно выделили такое понятие как коэффициент миграционной подвижности, который позволяет оценить объемы транспортных корреспонденций в ядро агломерации.

Города-спутники, расстояние от которых до центра Екатеринбурга составляет 50 и менее километров, взаимосвязаны между собой наиболее сильно. В городах данной группы суточный объем транспортных корреспонденций составляет 15 % и более от общего числа жителей трудоспособного возраста.

Необходимо отметить, что полученная в результате расчетов кривая, представленная на рисунке 1, имеет ярко выраженную степенную зависимость. То есть по мере удаления от центра Екатеринбурга, транспортные связи снижаются на порядок быстрее, чем растет расстояние между городами.

Как указывает ряд авторов, основными общепринятыми критериями объединения городов и поселений в одну агломерацию являются:

- непосредственное примыкание густонаселённых территорий (городов, поселков, поселений) к основному городу (городу-ядру) без существенных разрывов в застройке;
- площадь застроенных (урбанизированных) территорий в агломерации превышает площадь сельскохозяйственных угодий, лесов, водоёмов;
- массовые трудовые, учебные, бытовые, культурные и рекреационные поездки (маятниковые миграции) - не менее 10-15 % от числа трудоспособного населения, проживающего в городах и поселениях агломерации работают в центре основного города (города-ядра или городов-ядер).

Учитывая данный фактор, авторы статьи построили свою границу Екатеринбургской агломерации, на основе данных об объеме транспортных корреспонденций. В нее вошли населенные пункты, объем транспортных корреспонденций, в которых составил 15 % и более от общего числа трудоспособного населения (рис. 2).

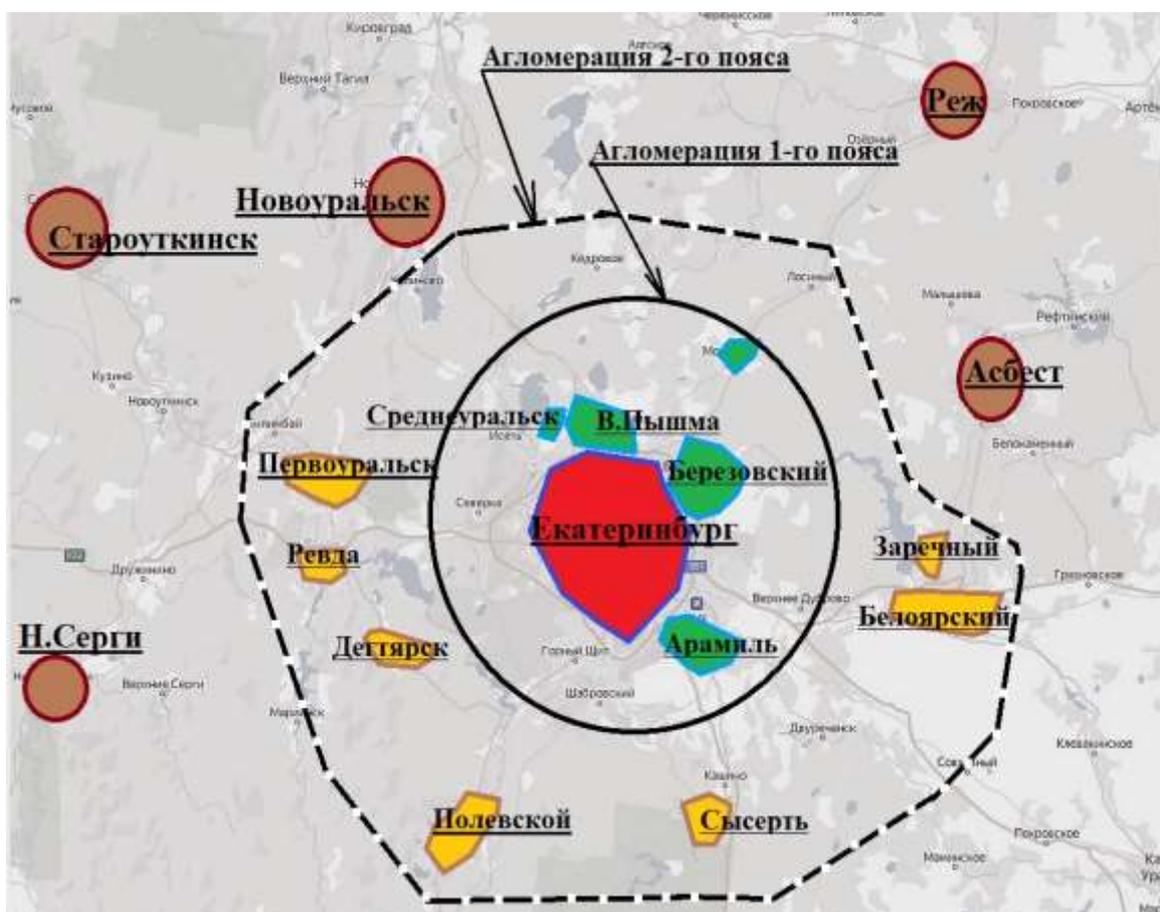
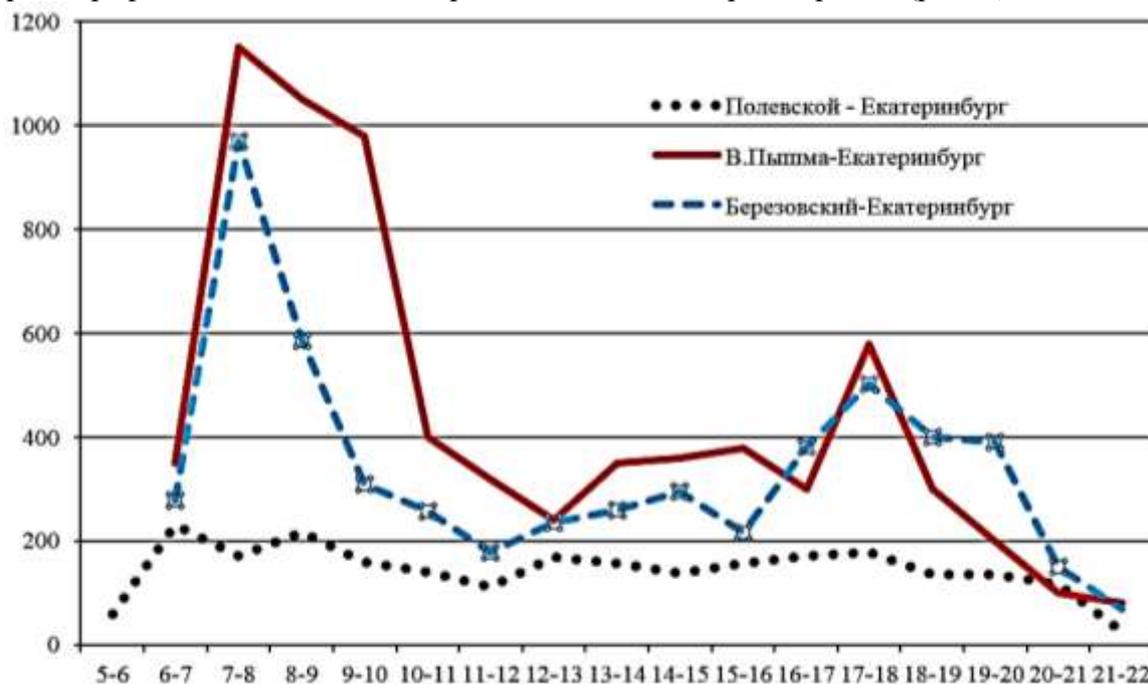


Рисунок 2 – Границы Екатеринбургской агломерации, полученные авторами в результате транспортных исследований

### Теория / Расчет

Для сравнения закономерностей перемещения жителей городов-спутников в Екатеринбург, авторы статьи провели отдельные исследования по пассажирскому транспорту. Для этого, были выбраны три города Екатеринбургской агломерации, близкие по численности населения. Это Полевской, Березовский и Верхняя Пышма.

В течение суток производилось исследование пассажиропотоков на автодорогах и улицах, связывающих данные города с Екатеринбург. На основе полученных данных был построен график изменения пассажиропотоков по всем трем городам (рис. 3).



*Рисунок 3 – Значения пассажиропотоков между городами-спутниками и Екатеринбургом в различные часы суток*

Как видно из рисунка 3, пассажиропотоки из Березовского и Верхней Пышмы, в сторону Екатеринбурга, значительно превышают пассажиропотоки из Полевского. Если от центра Березовского и Верхней Пышмы до центра Екатеринбурга всего 15 километров, то до центра Полевского расстояние гораздо больше и составляет 55 километров.

Необходимо отметить, что утренний час пик по направлениям Березовский – Екатеринбург и В. Пышма – Екатеринбург начинается примерно на час позже, чем час пик по направлению Полевской – Екатеринбург. При этом в час пик на автобусе из Пышмы перевозится в 6 раз больше пассажиров, чем из Полевского.

Из рисунка 3 видно, что у Березовского и Верхней Пышмы, в течение суток пассажиропотоки меняются в значительных пределах. При этом вечерний час пик выделяется по сравнению с межпиковым периодом, однако, он в 2 раза менее интенсивный, чем утренний час пик. В целом, из данных графика 3 складывается ощущение, что Верхняя Пышма и Березовский, стали спальными районами Екатеринбурга. То есть утром жители едут из них на работу, а вечером возвращаются обратно. Однако некоторое число жителей Екатеринбурга наоборот, работают в Березовском и Верхней Пышме, о чем говорит вечерний всплеск пассажиропотока.

Стоит отметить, что авторы в данной работе привели данные только по пассажиропотокам, Полевской – Екатеринбург, Березовский – Екатеринбург и Верхняя Пышма – Екатеринбург. Пассажиропотоки обратного направления Екатеринбург – Березовский в данной статье не указаны. Однако они носят зеркальный характер, нежели те кривые, которые представлены на рисунке 3.

Для объективности оценки пассажиропотоков на рассматриваемых нами направлениях, пересчитаем их относительно часа максимум. Для этого час, в который был зафиксирован максимальный пассажиропоток, примем за 100 %. Остальные часы суток, пересчитаем в % отношении, относительно максимального часа (рис. 4).

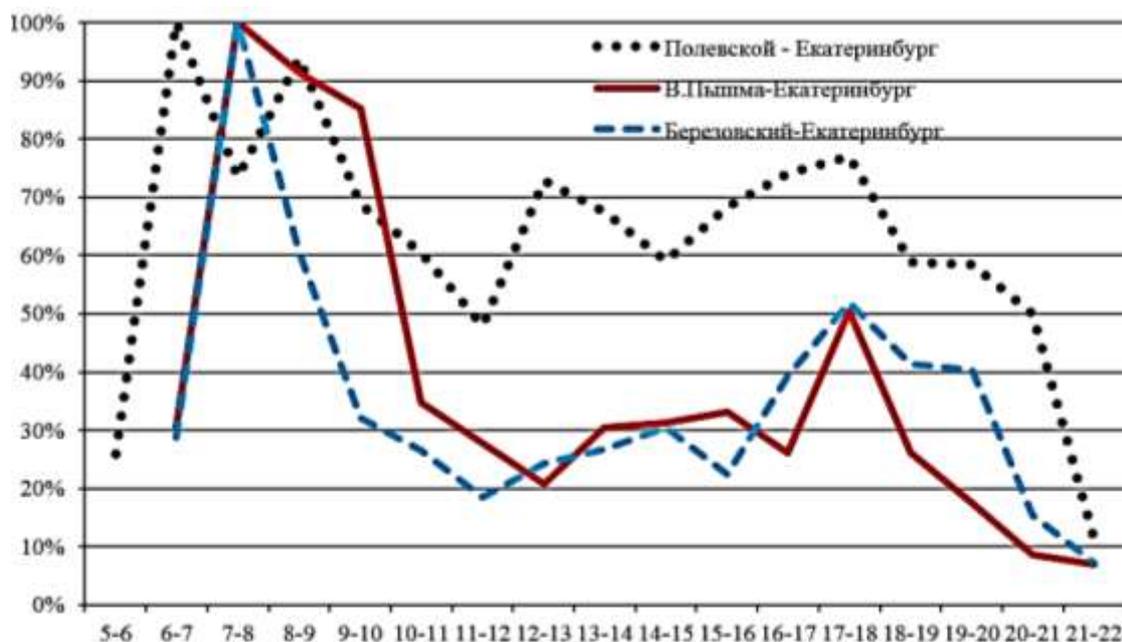


Рисунок 4 – Колебания пассажиропотоков относительно максимального часа между городами-спутниками и Екатеринбургом в различные часы суток

Как видно из рисунка 4, в городах Березовский и Верхняя Пышма, которые находятся в непосредственной близости к Екатеринбургу, утренний час пик заметно выделяется по сравнению с межпиковым периодом. После часа пик, в этих городах, пассажиропоток падает в 3-4 раза относительно максимального значения. То есть его значения колеблется в пределах от 20 до 30 %, от максимального часа. В вечерний час пик, пассажиропоток несколько возрастает и достигает значения 50 % от максимального часа.

Совсем иная ситуация наблюдается на Полевском направлении. Здесь после утреннего часа пик, пассажиропоток снижается, но в гораздо меньших пределах. Фактически с 7.00 до 21.00, значения пассажиропотока не снижаются до значений ниже, чем 50 % от часа максимума. Создается ощущение, что жители Полевского перемещаются в город Екатеринбург в течение дня не только на рабочие и учебные места, но и для других целей.

Отдельного внимания заслуживает исследование скорости движения пассажирского транспорта на маршруте. Как видно из рисунка 5, скорость движения на пригородном маршруте, между Березовским и Екатеринбургом, практически не превышает 15 км/ч. Лишь на одном участке средняя скорость достигает значения 32 км/ч. Необходимо констатировать факт, что скорость пригородного маршрута Березовский – Екатеринбург, практически на всем его протяжении сравнялась со скоростью движения городского общественного транспорта.

На маршруте Полевской – Екатеринбург, ходовая скорость автобуса колеблется в значительных пределах (рис. 6). Как только автобус въезжает в населенные пункты его скорость снижается в 2 -3 раза, по сравнению с загородными участками. Как видно из рисунка на пути следования автобуса существует два отдельно расположенных населенных пункта.

На маршруте Первоуральск – Екатеринбург, автобус не преодолевает промежуточных населенных пунктов, поэтому его скорость достаточно высокая. Однако по мере движения по Екатеринбургу, его скорость падает до значений в 10-12 км/ч.

Из данных представленных на рисунках 5-7 можно сделать вывод, что пригородные маршруты, городов расположенных в непосредственной близости к Екатеринбургу, фактически перешли в режим работы городских автобусов. Их скорость и объем перевозок пассажиров, совпадают с объемами наиболее популярных маршрутов Екатеринбурга. Здесь необходимо использовать автобусы большого класса городского исполнения.



Рисунок 5 – Скорость сообщения на маршруте Березовский-Екатеринбург (час-пик)

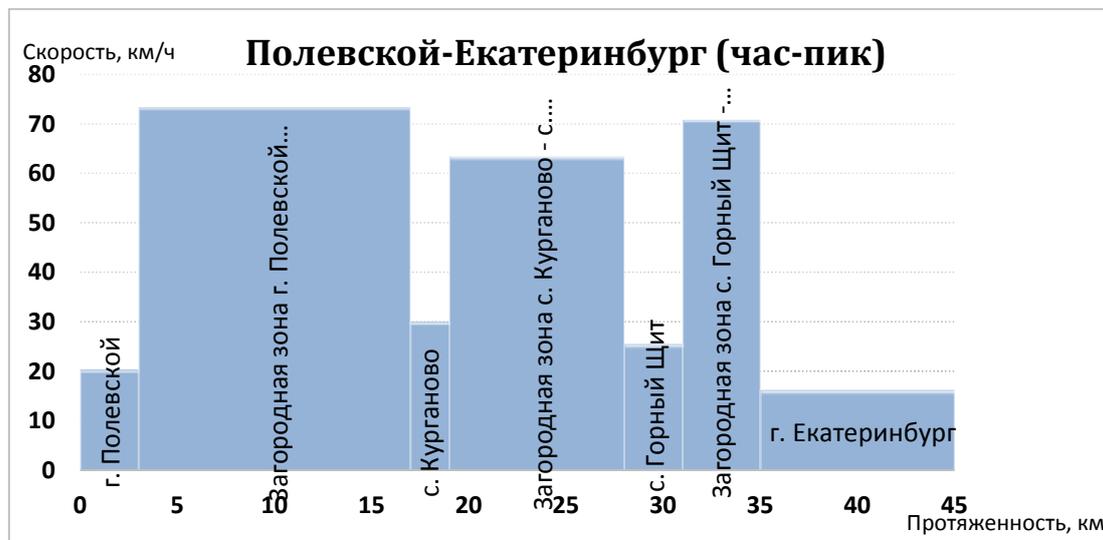


Рисунок 6 – Скорость сообщения на маршруте Полевской-Екатеринбург (час-пик)

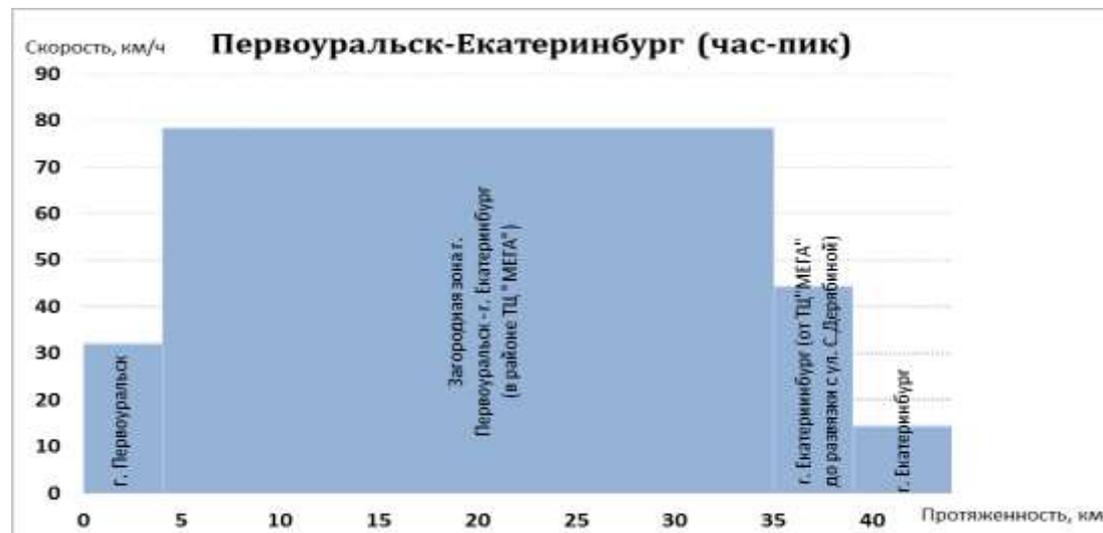


Рисунок 7 – Скорость сообщения на маршруте Первоуральск-Екатеринбург (час-пик)

Одновременно с этим, города второго пояса, удаленные от Екатеринбурга на расстоя-

ние более 30 километров, такие как Первоуральск и Полевской, должны использовать автобусы пригородного и междугороднего исполнения. Это связано с высокой скоростью движения и меньшим объемом пассажирских перевозок.

### **Результаты и обсуждение**

В статье проведены исследования объемов транспортных корреспонденций между Екатеринбург и городами спутниками. Данные исследования позволили определить влияние удаленности города от ядра агломерации на коэффициент миграционной подвижности. Как показал анализ, по мере удаления городов от Екатеринбурга, объем транспортных корреспонденций снижается по степенной функции. Города, расположенные в непосредственной близости к Екатеринбургу, фактически стали его составной частью. Скорость сообщения по ним сравнилась со скоростью движения по периферийным районам Екатеринбурга.

### **Выводы**

Полученные в результате исследования данные, говорят о гравитационных закономерностях взаимодействия между городами агломерации. Подобные закономерности были получены в работе [20], на основе данных сотовых операторов. Однако, как показывает практика, на транспортное взаимодействие городов оказывает влияние не только расстояние, но и время поездки. Поэтому необходимы отдельные исследования, которые позволят показать влияние времени поездки между городами на объем транспортных корреспонденций.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Петрова Д.В. Современные подходы к организации мониторинга пассажиропотоков общественного транспорта городских агломераций // *International Journal of Open Information Technologies*. - Vol. 8. - №1. - 2020. - С. 47-56.
2. Палант О.Ю. Обзор методов обследования пассажиропотоков // *Бизнесинформ*. - №11. - 2014. - С. 142-148.
3. Меркелова Т.В., Коротких Ю.С. Способы организации мониторинга пассажиропотоков общественного транспорта // *Наука без границ*. – 2021. – №4(56). – С. 48-52.
4. Лебедев О.А., Михайлов А.Ю. Основные показатели оценки точности измерений пассажиропотока с применением детекторов Входа – Выхода // *Вестник ИрГТУ*. - №8(67). – 2012. - С. 115-118.
5. Рубан Д.П., Подгорный М.В., Рубан Г.Я. Применение электронных систем обследования пассажиропотоков на городских автобусных маршрутах // *Вестник ХНАДУ*. - Вып. 74. - 2016. – С. 17-20.
6. Ковалев А.М., Егоров К.В., Санжапов Р.Р., Прыткова Е.Г. Тестирование систем аппаратного учета пассажиропотока в реальных условиях городского маршрута // *Технико-технологические проблемы сервиса*. - №4(58). - 2021. – С. 12-18.
7. Бабкин Р.А. Опыт использования данных операторов сотовой связи в зарубежных экономико-географических исследованиях // *Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле*. - 2021. – Т. 66. - Вып. 3. - С. 416-439.
8. Булыгин М.В., Намиот Д.Е. Об использовании данных мобильных абонентов в цифровой урбанистике // *Современные информационные технологии и ИТ-образование*. - 2019. - Т. 15. - №3. - С. 755-766.
9. Долженко Р.А. Анализ данных сотовых сетей при изучении населения // *Вестник Омского университета. Серия Экономика*. – 2021. - Т.19. - №1. – С. 58-69.
10. Пономарев А.А. Использование больших данных сотовыми операторами на примере построения маршрутов абонентов // *Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии*. - 2017. - Том 15. - №1. - С. 70-78.
11. Селиверстов Я.А., Гергель Г.Ю., Селиверстов С.А., Никитин К.В. Развитие интеллектуальных транспортных систем на основе мобильных технологий и процедур анализа социальной активности городского населения // *Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление*. - 2018. - Т. 11. - №1. - С. 47-64.
12. Блянкинштейн И.М., Фадеев А.И., Фёдоров А.В., Шадрин Н.В., Махова Е.Г. Обоснование целесообразности изучения транспортной подвижности населения на основе мониторинга абонентов мобильной связи // *Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies*. - 2015. - №2. - С. 254-263.
13. Трегубов В.В. Использование информации сотовых операторов в городских транспортных исследованиях // *Транспортные системы и технологии*. – 2020. – Т. 6. – №2. – С. 20-33.

14. Ванд Л.Э., Гольц Г.А. Современные проблемы теории маятниковой миграции населения // Статистика миграции населения: Сборник статей. - Москва: Статистика. - 1973. - С. 80-98.
15. Мулдагалиева К.М. К вопросу определения границы Алматинской агломерации // Научные исследования. - 2017. - №4(15). - С. 32-35.
16. Монастырская М.Е., Песляк О.А. Методика определения границ городских агломераций // Методика определения границ городских агломераций. – Белгород: Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. - 2019. - №1. - С. 111-121.
17. Ижгузина Н.Р. Подходы к делимитации городских агломераций // Дискуссия. Журнал научных публикаций. Экономические науки. - 2014. - №9(50). - С. 44-52.
18. Бедрина Е.Б., Козлова О.А., Ишукова А.А. Методические вопросы оценки маятниковой миграции населения // Ars Administrandi (Искусство управления). - 2018. - Том 10. - №4. - С. 631-648.
19. Вахрушева Е.А. Особенности города Екатеринбурга как будущего центра Екатеринбургской городской агломерации // Проблемы современной науки и образования. - 2017. - №20(102). - С. 41-44.
20. Теселкин А.А., Теселкина К.В. Оценка параметров модели транспортных корреспонденций по данным сотовых операторов // Интеллектуальные технологии на транспорте. - 2015.- №4. - С. 10-14.

**Неволин Дмитрий Германов**

Уральский государственный университет путей сообщения  
Адрес: 620034, Россия, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66  
Д.т.н., профессор кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей»  
E-mail: innotrans@mail.ru

**Цариков Алексей Алексеевич**

Уральский государственный университет путей сообщения  
Адрес: 620034, Россия, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66  
К.т.н., доцент кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей»  
E-mail: Zarikof@mail.ru

---

D.G. NEVOLIN, A.A. TSARIKOV

**THE EFFECT OF THE DISTANCE OF SATELLITE CITIES  
FROM THE CORE OF THE AGGLOMERATION  
ON THE VOLUME OF TRANSPORT CORRESPONDENCE**

***Abstract.** The article presents the results of a study of transport movements between the cities of the Yekaterinburg agglomeration. Based on data on the volume of transport correspondence and the number of working-age population, the boundaries of the Yekaterinburg agglomeration are determined from the point of view of pendulum migration. Data on the patterns of changes in passenger traffic of suburban transport during the day, for cities of the first and second belt, are presented. The assessment of the speed of communication of rolling stock, during rush hours, between Yekaterinburg and satellite cities was carried out.*

***Keywords:** urban agglomerations, suburban passenger transportation, transport correspondence between cities*

**BIBLIOGRAPHY**

1. Petrova D.V. Sovremennye podkhody k organizatsii monitoringa passazhiropotokov obshchestvennogo transporta gorodskikh aglomeratsiy // International Journal of Open Information Technologies. - Vol. 8. - №1. - 2020. - S. 47-56.
2. Palant O.Yu. Obzor metodov obsledovaniya passazhiropotokov // Biznesinform. - №11. - 2014. - S. 142148.
3. Merkelova T.V., Korotkikh Yu.S. Sposoby organizatsii monitoringa passazhiropotokov obshchestvennogo transporta // Nauka bez granits. - 2021. - №4(56). - S. 48-52.
4. Lebedev O.A., Mikhaylov A.Yu. Osnovnye pokazateli otsenki tochnosti izmereniy passazhiropotoka s

primeneniem detektorov Vkhoda - Vykhoda // Vestnik IrGTU. - №8(67). - 2012. - S. 115-118.

5. Ruban D.P., Podgornyy M.V., Ruban G.Ya. Primenenie elektronnykh sistem obsledovaniya passazhiropotokov na gorodskikh avtobusnykh marshrutakh // Vestnik HNADU. - Vyp. 74. - 2016. - S. 17-20.

6. Kovalev A.M., Egorov K.V., Sanzhapov R.R., Prytkova E.G. Testirovanie sistem apparatnogo ucheta passazhiropotoka v real'nykh usloviyakh gorodskogo marshruta // Tekhniko-tekhnologicheskie problemy servisa. - №4(58). - 2021. - S. 12-18.

7. Babkin R.A. Opyt ispol'zovaniya dannykh operatorov sotovoy svyazi v zarubezhnykh ekonomiko-geograficheskikh issledovaniyakh // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Nauki o Zemle. - 2021. - T. 66. - Vyp. 3. - S. 416-439.

8. Bulygin M.V., Namiot D.E. Ob ispol'zovanii dannykh mobil'nykh abonentov v tsifrovoy urbanistike // Sovremennyye informatsionnyye tekhnologii i IT-obrazovanie. - 2019. - T. 15. - №3. - S. 755-766.

9. Dolzhenko R.A. Analiz dannykh sotovykh setey pri izuchenii naseleniya // Vestnik Omskogo universiteta. Seriya Ekonomika. - 2021. - T.19. - №1. - S. 58-69.

10. Ponomarev A.A. Ispol'zovanie bol'shikh dannykh sotovymi operatorami na primere postroeniya marshrutov abonentov // Vestnik NGU. Seriya: Informatsionnyye tekhnologii. - 2017. - Tom 15. - №1. - S. 70-78.

11. Seliverstov Ya.A., Gergel' G.Yu., Seliverstov S.A., Nikitin K.V. Razvitie intellektual'nykh transportnykh sistem na osnove mobil'nykh tekhnologiy i protsedur analiza sotsial'noy aktivnosti gorodskogo naseleniya // Nauchno-tekhnicheskie vedomosti SPbGPU. Informatika. Telekommunikatsii. Upravlenie. - 2018. - T. 11. - №1. - S. 47-64.

12. Blyankinshteyn I.M., Fadeev A.I., Fiodorov A.V., Shadrin N.V., Makhova E.G. Obosnovanie tselesoobraznosti izucheniya transportnoy podvizhnosti naseleniya na osnove monitoringa abonentov mobil'noy svyazi // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies. - 2015. - №2. - S. 254-263.

13. Tregubov V.V. Ispol'zovanie informatsii sotovykh operatorov v gorodskikh transportnykh issledovaniyakh // Transportnyye sistemy i tekhnologii. - 2020. - T. 6. - №2. - S. 20-33.

14. Vand L.E., Gol'ts G.A. Sovremennyye problemy teorii mayatnikovoy migratsii naseleniya // Statistika migratsii naseleniya: Sbornik statey. - Moskva: Statistika. - 1973. - S. 80-98.

15. Muldagalieva K.M. K voprosu opredeleniya granitsy Almatinskoy aglomeratsii // Nauchnyye issledovaniya. - 2017. - №4(15). - S. 32-35.

16. Monastyrskaya M.E., Peslyak O.A. Metodika opredeleniya granits gorodskikh aglomeratsiy // Metodika opredeleniya granits gorodskikh aglomeratsiy. - Belgorod: Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova. - 2019. - №1. - S. 111-121.

17. Izhguzina N.R. Podkhody k delimitatsii gorodskikh aglomeratsiy // Diskussiya. Zhurnal nauchnykh publikatsiy. Ekonomicheskie nauki. - 2014. - №9(50). - S. 44-52.

18. Bedrina E.B., Kozlova O.A., Ishukova A.A. Metodicheskie voprosy otsenki mayatnikovoy migratsii naseleniya // Ars Administrandi (Iskusstvo upravleniya). - 2018. - Tom 10. - №4. - S. 631-648.

19. Vakhrusheva E.A. Osobennosti goroda Ekaterinburga kak budushchego tsentra Ekaterinburgskoy gorodskoy aglomeratsii // Problemy sovremennoy nauki i obrazovaniya. - 2017. - №20(102). - S.41-44.

20. Teselkin A.A., Teselkina K.V. Otsenka parametrov modeli transportnykh korrespondentsiy po dannym sotovykh operatorov // Intellektual'nye tekhnologii na transporte. - 2015. - №4. - S. 10-14.

**Nevolin Dmitriy Germanov**

Ural State University of Railway Transport  
Adress: 620034, Russian, Ekaterinburg,  
Kolmagorova str., 66  
Doctor of technical sciences  
E-mail: innotrans@mail.ru

**Tsarikov Aleksey Alekseevich**

Ural State University of Railway Transport  
Adress: 620034, Russian, Ekaterinburg,  
Kolmagorova str., 66  
Candidate of technical sciences  
E-mail: Zarikof@mail.ru

Научная статья

УДК 629.1, 351.812.111

doi:10.33979/2073-7432-2023-3-2(82)-62-67

С.В. ЕРЕМИН

## ГИБРИДИЗАЦИЯ ПАССАЖИРСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ ГОРОДОВ

**Аннотация.** Рассмотрены вопросы развития типологии пассажирских транспортных средств, позволяющих совершенствовать качество перевозок в городах. Учтены аспекты эволюции, как технических показателей подвижного состава, так и социальный запрос жителей мегаполисов на экологичность перевозочных услуг. Динамика внедрения новых типов подвижного состава рассмотрена на примере города Красноярска. Изменение типологии парка ведет к гибридации транспортных систем города, в результате чего растет уровень мультимодальности перевозок. При этом возникает потребность в совершенствовании нормативного регулирования и управления сложными транспортными системами.

**Ключевые слова:** гибридация транспортных систем, мультимодальные системы, типология подвижного состава, управление городскими перевозками

### Введение

В последнее время гамма городского пассажирского общественного транспорта в Российской Федерации имеет устойчивую направленность на разнообразие. К классическому подвижному составу с двигателями внутреннего сгорания добавились модели, работающие на электрической тяге (электробусы) и газомоторные машины, использующие в виде топлива природный газ. Троллейбусы расширили линейку от классического контактного типа до комбинированных, использующих возможности автономного хода при отсутствии контактной сети (рис. 1). Принципиальную модернизацию претерпел трамвай, улучшив на порядок эксплуатационные показатели и комфортность (рис. 2) [1]. При этом каждый новый тип подвижного состава существенно снижает негативную нагрузку на окружающую среду, что для многих городов является первостепенной задачей. При этом, если рассматривать совокупность технических индикаторов качества перевозок, таких как скорость сообщения, пассажироместимость, безопасность, комфортность и т.д., то для большинства жителей городов на приоритетный уровень выходят параметры экологичности.



Рисунок 1 - Новый тип троллейбуса с автономным ходом



Рисунок 2 - Трамвай «Львенок»

Практика использования на территории города Красноярска троллейбусов с автономным ходом за трехлетний период показывает положительный результат по всем технико-социальным параметрам. В первую очередь в части развития экологической маршрутной сети. Комбинированное использование контактного и автономного хода позволили обеспечить запуск новых маршрутов, в том числе для связи двух берегов через коммунальный мост. История электротранспорта для связи двух берегов очень чувствительна для жителей города.

Многие еще вспоминают, как через коммунальный мост ходили трамваи. Потом после решения в пользу расширения проезжей части было проведено замещение на троллейбусное сообщение, а впоследствии и вовсе ликвидация электротранспорта на данном направлении. Появление практически после двадцатилетнего перерыва троллейбусов на коммунальном мосту существенно укрепило социальные позиции общественного транспорта. При этом важным аспектом для пользователей является сам факт «новинки», с современным опционом, бесшумностью хода и безвредности для окружающей среды. Конечно еще потребуется время для оценки дальнейших экономических эффектов, связанных со сроками деградации батарей и стоимости эксплуатации подвижного состава в связи с их заменой.

**Материал и методы**

Но качество пассажирской транспортной системы города повышается не только за счет эволюции подвижного состава [2]. Важнейшим аспектом является комбинирование пассажирских маршрутов разного уровня в единую мультимодальную транспортную систему.

Если анализировать транспортную систему города Красноярска в период до 2018 года, то она представляла совокупность трех видов транспорта: автобусы, троллейбусы, трамваи. При этом до аналитического периода отмечалась устойчивая динамика роста автобусного парка и параллельная деградация электрического транспорта. С 2018 года началась системная работа по оптимизации пассажирской транспортной системы [3]. Результаты изменения структуры парка пассажирского общественного транспорта за 4 года представлены в таблице 1 [4].

Таблица 1 - Изменение структуры парка общественного транспорта в период 2018-2021 гг.

Год	Количество подвижного состава, ед.			Итого
	автобусы	троллейбусы	трамваи	
2018	1143	102	58	1303
2021	1064	129	66	1259

При анализе фактического количества и типологии транспортных средств за указанный период видно, что на 21,8 % возросла доля электрического транспорта, а автобусов наоборот оптимизирована на 6,9 % [1]. Следует обратить внимание на существенное обновление электрического транспорта, благодаря этому увеличена его доля и произведено частичное замещение машин со сроком эксплуатации более 30 лет. В 2021 году приобретено 25 новых одновагонных трамваев «Львенок» и 74 единицы троллейбусов, в т.ч. треть из них с автономным ходом. Благодаря этому введено 2 новых троллейбусных «экологических» маршрутов [6]. Прорабатывается возможность использования на скоростных линиях трехсекционного трамвайного вагона нового поколения 71-931 М «Витязь-М» [5].

**Теория**

Но транспортная система города, даже за счет оптимизации подвижного состава, введения систем приоритетности движения, экологизации и повышения комфортности общественного транспорта не позволяет в полной мере обеспечить конкуренцию частному транспорту [7-9]. Для увеличения доли жителей, пользующихся общественным транспортом параллельно разрабатывалась «новая пассажирская транспортная система 2.0», включающая формирование рельсового скоростного транспортного каркаса города (рис. 3). На рисунке представлена планируемая к формированию левобережная скоростная транспортная инфраструктура рельсового транспорта.

Элементами транспортной системы являются «Линия скоростного наземно-подземного легкорельсового транспорта» (далее - метротрамвай), новая трамвайная хорда и кольцевая городская электричка. Комбинирование этих транспортных элементов формирует мультимодальную рельсовую сеть левобережья, а в дальнейшем и города.

К новым элементам транспортной системы, не характерным для применения в городах, относится метротрамвай. Опыт эксплуатации такого вида транспортного сообщения у нас в стране имеется в городе Волгограде (рис. 4), где тоннельные выработки были адапти-

рованы для трамвайного сообщения. Но несмотря на существующий опыт адаптации тоннельных выработок под трамвайное сообщение, при реализации нового объекта возникает множество технических и правовых коллизий, начиная от неурегулированности вопросов на государственном уровне по закреплению его, как самостоятельного вида транспорта.



*Рисунок 3 - Перспективная схема рельсового каркаса г. Красноярск*



*Рисунок 4 - Метроtramвай г. Волгоград*

Несмотря на то, что в России только в последние годы рассматривается пилотное строительство линий метроtramвая, в ряде городов мира уже имеется подобный опыт использования гибридного вида транспорта. В ряде научных исследований приводятся сопоставительные эффекты от использования линий метроtramвая, как в стесненных городских условиях, так и на периферии. Отмечаются положительные, как технико-экономические, так и социальные преимущества данного вида [10-11].

В 2021-2022 годах на межведомственных Правительственных комиссиях приняты решения о строительстве в городах Красноярске [12-14] и Челябинске абсолютно обособленной линии скоростного наземно-подземного легкорельсового транспорта неглубокого заложения (рис. 5). Для реализации проекта в Челябинске рассматривается вариант частно-государственного партнерства, посредством концессионного механизма [15].



Рисунок 5 - Схема строительства первого этапа линии метротрамвая в г. Красноярске

При принятии решения экспертно проводилась оценка варианности прохождения трассы и возможности использования на части маршрута существующей выработки строящегося ранее метрополитена [16]. В составе рассматриваемых материалов представлены 2 варианта реализации проекта линий подземно-надземного легкорельсового транспорта (метротрамвая):

- вариант 1 - без использования участка объекта незавершенного строительства линии метрополитена;
- вариант 2 - с использованием объекта незавершенного строительства линии метрополитена.

В целях сопоставления стоимости вариантов реализации проекта проводился анализ удельных показателей общей стоимости в расчете на 1 км протяженности линии. При сравнении вариантов 1 и 2 также учитывалась стоимость строительства «классического» метро, которое ранее предполагалось к строительству в городе Красноярске. Удельные стоимостные показатели различных вариантов приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Удельные показатели стоимости 1 км строительства сопоставимых вариантов

Удельный показатель	Стоимость, млн руб. с НДС		
	Существующее проектное решение (вариант метро)	Подземно-надземный легкорельсовый транспорт	
		вариант 1	вариант 2
1 км линии	12 150,69	6 891,51	8 720,12

Сопоставительный метод показал, что реализация концепции проекта строительства линии скоростного подземно-наземного легкорельсового транспорта от остановочного пункта «Высотная» до остановочного пункта «Шахтеров» без использования существующих объектов незавершенного строительства (вариант 1), технически возможна и практически осуществима. При этом удельный показатель общей стоимости в расчете на 1 км протяженности линии для указанного варианта на 43 % ниже показателя для существующего проектного варианта.

Таким образом гибридизация элементов различных видов транспорта приобретает реальные очертания в Российской Федерации. При этом принятые решения потребуют серьезного изменения нормативно-правовой и технической базы, обеспечивающей системное использование нового вида пассажирского транспорта. В частности это должно коснуться ряда

федеральных законов и постановлений правительства РФ, определяющие самостоятельный вид транспорта - метроtramвай [17, 18]. Технические нормативы устанавливающие требования к разработке проектной документации, техническим параметрам инженерных систем, систем безопасности и подвижному составу - все это потребует серьезной проработки. На пилотных объектах данные требования будут обрабатываться посредством специальных технических условий.

Кроме этого, потребуют детального изучения и проработки вопросы эксплуатации метроtramвая в системе единого городского пассажирского комплекса, как элемента мультимодальной транспортной системы города.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Еремин С.В. Оптимизация структуры парка подвижного состава городского пассажирского транспорта в общей многокритериальной постановке // Мир транспорта и технологических машин. – 2022. – №1(76). – С. 62-68.
2. Еремин С.В., Ягудаев Г.Г., Саакян И.Э., Хамриуи Э.и др. Альтернативный способ коммуникации в автомобильных сетях // Информационные технологии в управлении и моделировании мехатронных систем: материалы 1-й научно-практической международной конференции. – Тамбов: Тамбовский государственный технический университет. – 2017. – С. 243-250.
3. Новиков А.Н., Еремин С.В. Оптимизация состава автобусного парка для обслуживания городского маршрута // Мир транспорта и технологических машин. – 2019. – №3(66). – С. 84-90.
4. Еремин С.В. Методология организации пассажиров городским общественным транспортом в условиях перспективного территориального развития города: Дис. ...д-ра техн. наук/ Орел, 2022. – 299 с.
5. «Витязь-М». Трамвайный вагон 71-931 М / [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://pk-ts.org>.
6. Новиков А.Н., Севостьянов А.Л., Катунин А.А., Кулев А.В. Построение модели функционирования маршрута троллейбуса // Мир транспорта и технологических машин. – 2012. – №4(39). – С. 80-87.
7. Пассажирские автомобильные перевозки: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности 240100.01 «Организация перевозок и управление на транспорте (Автомобильный транспорт)» направления подготовки дипломированных специалистов 653400 «Организация перевозок и управление на транспорте» / В.А. Гудков, Л.Б. Миротин, А.В. Вельможин, С.А. Ширяев. – Москва: Научно-техническое издательство «Горячая линия-Телеком», 2004. – 446 с.
8. Володькин П.П. Методология формирования и управления муниципальной автотранспортной системой: монография. – Владивосток: Дальнаука, 2011. – 443 с.
9. Вучик В. Транспорт в городах, удобных для жизни: монография. – Москва: ИД Территория будущего, 2011. – 576 с.
10. Швец В.В., Искра М.А., Лысюк А.И., Баранюк А.С. Проектное предложение устройств метроtramу в г.Виннице // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. - 2011. - №2(11). - С. 101-103.
11. Швец В.В., Кучеренко Л.В., Дуда Г.Д. и др. Использование высвобожденных территорий при замене линии трамвая метроtramом в крупных городах на примере г. Виннице // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. - 2012. - №2(13). - С. 110-113.
12. Официальный портал Красноярского края [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.krskstate.ru>
13. Официальный сайт администрации города Красноярска [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.admkrsk.ru>
14. Фурцев А. Первую линию метроtramа за 89 млрд рублей запустят в Красноярске в 2026 году. Коммерсант. - [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/5424034?ysclid=leatan246a411588462>
15. Дымшаков Д.Н., Дубынина А.В. Проект метроtramвая города Челябинска в рамках государственно-частного партнерства // Современные тенденции управления, экономики и финансов в эпоху цифровизации. Сборник статей по материалам XVIII Национальной научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов с международным участием. - Уральский филиал Финансового университета при Правительстве РФ. - 2022. - С. 47-50.
16. О линии скоростного подземно-надземного легкорельсового транспорта в городе Красноярске. Закон Красноярского края от 2 февраля 2023 года №5-1518.
17. О внеуличном транспорте и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации. Федеральный закон от 29 декабря 2017 года №442-ФЗ.
18. Устав автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта. Федеральный закон от 8 ноября 2007 года №259-ФЗ.

### **Еремин Сергей Васильевич**

Администрация Красноярского края, Сибирский федеральный университет  
Адрес: 660041, Россия, г. Красноярск, пр. Свободный, 79  
Д.т.н., заместитель губернатора Красноярского края, ст. научный сотрудник  
E-mail: 140576@mail.ru

S.V. EREMIN

## HYBRIDIZATION OF URBAN PASSENGER TRANSPORT SYSTEMS

**Abstract.** The present article describes the evolutionary development of urban transport systems in terms of their technical characteristics as well as the ecology of the services given, using the positive example of public transportation in Krasnoyarsk. The transport systems within the city are developed and hybridized improving the level of multimodal passenger traffic, though raising the issue of legal regulation and management of the complex transport systems.

**Keywords:** hybridization of transport systems, multimodal systems, typology of urban transport, urban transportation management

### BIBLIOGRAPHY

1. Eremin S.V. Optimizatsiya struktury parka podvizhnogo sostava gorodskogo passazhirskogo transporta v obshchey mnogokriterial'noy postanovke // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2022. - №1(76). - S. 62-68.
2. Eremin S.V., Yagudaev G.G., Saakyan I.E., Hamrii E. i dr. Alternativnyy sposob kommunikatsii v avtomobil'nykh setyakh // Informatsionnye tekhnologii v upravlenii i modelirovanii mekhatronnykh sistem: materialy 1-y nauchno-prakticheskoy mezhdunarodnoy konferentsii. - Tambov: Tambovskiy gosudarstvennyy tekhnicheskoy universitet. - 2017. - S. 243-250.
3. Novikov A.N., Eremin S.V. Optimizatsiya sostava avtobusnogo parka dlya obsluzhivaniya gorodskogo marshruta // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2019. - №3(66). - S. 84-90.
4. Eremin S.V. Metodologiya organizatsii passazhirovo gorodskim obshchestvennym transportom v usloviyakh perspektivnogo territorial'nogo razvitiya goroday: Dis. ... d-ra tekhn. nauk / Orel, 2022. - 299 s.
5. «Vityaz'-M». Tramvaynyy vagon 71-931 M / [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://pk-ts.org>.
6. Novikov A.N., Sevost'yanov A.L., Katunin A.A., Kulev A.V. Postroyeniye modeli funktsionirovaniya marshruta trolleybusa // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2012. - №4(39). - S. 80-87.
7. Passazhirskie avtomobil'nye perezozki: uchebnik dlya studentov vuzov, obuchayushchikhsya po spetsial'nosti 240100.01 «Organizatsiya perezozok i upravlenie na transporte (Avtomobil'nyy transport)» napravleniya podgotovki diplomirovannykh spetsialistov 653400 «Organizatsiya perezozok i upravlenie na transporte» / V.A. Gudkov, L.B. Mirotin, A.V. Vel'mozhin, S.A. Shiryayev. - Moskva: Nauchno-tekhnicheskoye izdatel'stvo «Goryachaya liniya-Telekom», 2004. - 446 s.
8. Volod'kin P.P. Metodologiya formirovaniya i upravleniya munitsipal'noy avtotransportnoy sistemoy: monografiya. - Vladivostok: Dal'nauka, 2011. - 443 s.
9. Vuchik V. Transport v gorodakh, udobnykh dlya zhizni: monografiya. - Moskva: ID Territoriya budushchego, 2011. - 576 s.
10. Shvets V.V., Iskra M.A., Lysyuk A.I., Baranyuk A.S. Proektnoye predlozheniye ustroystv metrotramu v g.Vinnitse // Suchasniy tekhnologii, materialy i konstruktсии v budivnitstvi. - 2011. - №2(11). - S. 101-103.
11. Shchvets V.V., Kucherenko L.V., Duda G.D. i dr. Ispol'zovaniye vysvobozhdennykh territoriy pri zamene linii tramvaya metrotramom v krupnykh gorodakh na primere g. Vinnitse // Suchasniy tekhnologii, materialy i konstruktсии v budivnitstvi. - 2012. - №2(13). - S. 110-113.
12. Ofitsial'nyy portal Krasnoyarskogo kraya [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <http://www.krskstate.ru>
13. Ofitsial'nyy sayt administratsii goroda Krasnoyarska [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <http://www.admkrsk.ru>
14. Furtsev A. Pervuyu liniyu metrotrama za 89 mlrd rubley zapustyat v Krasnoyarske v 2026 godu. Kommersant. - [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://www.kommersant.ru/doc/5424034?ysclid=leatan246a411588462>
15. Dymshakov D.N., Dubynina A.V. Proekt metrotramvaya goroda Chelyabinska v ramkakh gosudarstvenno-chastnogo partnerstva // Sovremennyye tendentsii upravleniya, ekonomiki i finansov v epokhu tsifrovizatsii. Sbornik statey po materialam XVIII Natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov, magistrantov, aspirantov mezhdunarodnym uchastiem. - Ural'skiy filial Finansovogo universiteta pri Pravitel'stve RF. - 2022. - S. 47-50.
16. O linii skorostnogo podzemno-nadzemnogo legkorel'sovogo transporta v gorode Krasnoyarske. Zakon Krasnoyarskogo kraya ot 2 fevralya 2023 goda №5-1518.
17. O vneulichnom transporte i o vnesenii izmeneniy v otdel'nyye zakonodatel'nyye akty Rossiyskoy Federatsii. Federal'nyy zakon ot 29 dekabrya 2017 goda №442-FZ.
18. Ustav avtomobil'nogo transporta i gorodskogo nazemnogo elektricheskogo transporta. Federal'nyy zakon ot 8 noyabrya 2007 goda №259-FZ.

**Eremin Sergei Vasilievich**

Administration of Krasnoyarsk region

Address: 660041, Russia, Krasnoyarsk, Svobodny Av., 79

Doctor of technical sciences

E-mail: 140576@mail.ru

Научная статья  
 УДК 629.4.015  
 doi:10.33979/2073-7432-2023-3-2(82)-68-73

В.Н. ИГИН

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ ВОСТОЧНОГО ПОЛИГОНА

**Аннотация.** Произведена оценка соответствия современных локомотивов условиям внешней среды Восточного полигона – Байкало-Амурской и Транссибирской магистралей железных дорог ОАО «РЖД». Разработаны рекомендации обеспечения безопасности движения в условиях внешней среды Восточного полигона.

**Ключевые слова:** безопасность движения; локомотив; внешние условия эксплуатации

### Введение

По поручению Президента Российской Федерации В.В. Путина от 17 сентября 2015 г., в соответствии с решением Восточного экономического форума, №Пр-1891 «Об обеспечении приоритетного финансирования задач социально-экономического развития Дальнего Востока, ОАО «Российские железные дороги» реализует проект: «Модернизация железнодорожной инфраструктуры с развитием пропускных и провозных способностей».

Залогом успешного решения названного проекта служит организация безопасности движения поездов как комплекс профилактических и технологических мер, осуществляемых на транспорте [1]. Мерой эффективности организации безопасности является порядок ее обеспечения, обусловленный исполнением участниками перевозочного процесса правил, инструкций, технологических процессов при условии соответствия технического состояния транспортных средств, в частности локомотивов, надлежащим условиям их эксплуатации [2].

В этой связи целью работы станет оценка соответствия поставляемых локомотивов условиям внешней среды Байкало-Амурской и Транссибирской магистралей [3].

**Материал и методы** решения определены задачами анализа технических характеристик локомотивов и внешних условий в части их взаимного соответствия [4, 5].

В табл. 1 представлены технические характеристики грузовых серий электровозов, расположенные в хронологическом порядке их выпуска и поставки на сеть железных дорог.

Таблица 1 – Технические характеристики электровозов

Параметры	Серия			
	ВЛ80 <sup>С</sup>	2ЭС5К	3ЭС5К	4ЭС5К
Год начала выпуска	1973	2004	2007	2014
Климатический район	I <sub>2</sub> , II <sub>4</sub> , ..., II <sub>10</sub>			
Исполнение	У			
Крутизна расчетного подъема, ‰	9,0			
Осевая формула	2×(2 <sub>0</sub> –2 <sub>0</sub> )		3×(2 <sub>0</sub> –2 <sub>0</sub> )	4×(2 <sub>0</sub> –2 <sub>0</sub> )
Осевая нагрузка, кН/ось	235±5		245±5	
Масса М, т	192±4	200 ± 4	300 ± 6	400 ± 6
Мощность на валах тяговых двигателей N <sub>э</sub> , кВт	6520	6560	9840	13120
Скорость продолжительного режима v <sub>р</sub> , м/с (км/ч)	14,3 (51,5)	14,2 (51)		
Скорость часового режима v <sub>ч</sub> , м/с (км/ч)	14,0 (50,2)	13,9 (49,9)		
Конструкционная скорость v <sub>к</sub> , м/с (км/ч)	30,6 (110)			
Сила тяги длительного режима F <sub>кр</sub> , кН	410	423	634	845
Сила тяги часового режима F <sub>ч</sub> , кН	450	464	696	928
Коэффициент полезного действия η	0,84	0,85		
Длина по осям автосцепки, м	32,5	35,0	52,5	70

Анализ табличных данных показывает, что назначенные для расчетов параметров локомотивов климатические характеристики внешней среды (I<sub>2</sub>, II<sub>4</sub>, ..., II<sub>10</sub>), крутизна расчетного подъема профиля пути (i<sub>р</sub>), осевая формула (2<sub>0</sub>–2<sub>0</sub>) и предельная (v<sub>к</sub>) скорость с 70-х годов прошлого столетия сохранились без изменения.

© Игин В.Н., 2023

В таблице 2 приведены технические характеристики тепловозов грузового движения в хронологической последовательности производства и поставки на сеть железных дорог.

Таблица 2 – Технические характеристики тепловозов

Параметры	Серия тепловоза (одна секция)			
	2ТЭ10В/И	2ТЭ25А	2ТЭ25КМ	3ТЭ25К2М
Годы выпуска	1974 - 1990	2006 - 2016	2014	2017 - 2022
Климатический район	I <sub>2</sub> , II <sub>4</sub> , ..., II <sub>10</sub>			
Исполнение	У			
Крутизна расчетного подъема, ‰	10,0	12,0	10,0	12,0
Осевая формула	2×(3 <sub>0</sub> –3 <sub>0</sub> )			3×(3 <sub>0</sub> –3 <sub>0</sub> )
Марка дизеля	10ДН20,7/2×25,4	12ЧН26/26	16ЧН26/26	12ЧН25/32
Осевая нагрузка, кН/ось	226	235,4		245,2
Масса М, т	138	144		150
Объявленная мощность N <sub>т</sub> , кВт	2206	2500	2650	3100
Длительная скорость v <sub>р</sub> , м/с (км/ч)	6,8 (24,6)	5 (18)	6,5 (23,6)	7,7 (27,6)
Конструкционная скорость v <sub>к</sub> , м/с (км/ч)	27,8 (100)	33,3 (120)	27,8 (100)	27,8 (100)
Сила тяги длительного режима F <sub>кр</sub> , кН	248,0	390,0	323,6	
Касательная мощность N <sub>к</sub> , кВт	1614	1950	2121	2480
Коэффициент полезного действия η	0,29	0,28	0,30	
Длина, м	17,4	20,0		

В таблице показано, что технические характеристики локомотивов и внешней среды (I<sub>2</sub>, II<sub>4</sub>, ..., II<sub>10</sub>), крутизна расчетного подъема профиля пути (i<sub>р</sub>), осевая формула (3<sub>0</sub>–3<sub>0</sub>), конструкционная скорость v<sub>к</sub>, кроме тепловозов серии 2ТЭ25КМ, с 60-х годов прошлого столетия, остались неизменными.

Локомотивный парк ОАО «РЖД», несмотря на широкий спектр объявленных, согласно ТЗ, ТУ и РЭ, климатических условий: от I<sub>2</sub> холодного (Х) до II<sub>10</sub> умеренного (У), представлен электровозами и тепловозами исполнения «У» для эксплуатации в зонах умеренного климата. В этой связи произведена сравнительная оценка стандартных, регламентированных при изготовлении локомотивов, и фактических показателей внешней среды Байкало-Амурской и Транссибирской магистралей [6].

Характеристикой климатического района эксплуатации локомотива, согласно ГОСТ 16350–80 «Климат СССР. Районирование и статистические параметры для технических целей», служат температура t и относительная влажность U воздуха [7].

Параметры и показатели внешней среды определены рядом стандартов, в частности, ГОСТ 31187-2011 «Тепловозы магистральные. Общие технические требования» и представлены в таблице 3 [8].

Дополнительно, в таблице 3, приведены показатели нормальных условий по ГОСТ 10150–2014 «Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Общие технические условия», ГОСТ 2582-2013 «Машины электрические вращающиеся тяговые» и ГОСТ 15150-1969 «Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды» как части конструкции локомотивов.

Для полноты анализа в таблице 3 также приведены значения атмосферного давления, определяющего работоспособность комплектующих частей локомотивов, в частности, дизеля, тяговых электрических машин и других агрегатов и узлов.

Таблица 3 – Стандартные (нормальные) показатели климатических факторов

Параметры	Значения показателей по ГОСТ			
	2582-2013	31187-2011	10150-2014	15150-1969
Температура наружного воздуха t, °С	15	20	25	25+10
Относительная влажность U, %	75	70	30	45 ... 80
Атмосферное давление P, мм рт. ст.	760	760	750	630 ... 800

Анализ стандартных климатических факторов показал, что их показатели заметно расходятся. Разница значений температуры наружного воздуха колеблется от 10 до 20° С, относительной влажности – от 15 до 50 %, атмосферного давления – от 20 до 50 мм. рт. ст.

Несмотря на очевидную разницу показателей внешней среды  $t$ ,  $U$  и  $P$ , корректировка объявленной мощности  $N_e$  дизель-генераторной установки в эксплуатации значений тягово-энергетических параметров тепловозов, вопреки рекомендациям ГОСТ 10150–2014, не производится. Ожидаемым результатом является значительное, до 10 % и выше, различие между объявленными и фактическими показателями, в частности, мощности  $N_e$  дизеля [9].

Заметное различие также имеется между стандартными и реальными климатическими показателями внешней среды Байкало-Амурской и Транссибирской магистралей [10, 11].

К примеру, средняя температура июля – самого теплого месяца в году – на полигоне Байкало-Амурской магистрали: станции Тында (17,8° С), Нерюнгри (15,8° С), Новая Чара (16,4° С), Новый Ургал (19,5° С), Хани (17,7° С), Февральск (19,8° С) ниже 20° С, по ГОСТ 31187-2011 «Тепловозы магистральные. Общие технические требования». Одновременно, в отличие от назначенных стандартами, приведенными в таблице 3, положительных температур от 15 до 20° С, среднегодовая температура в Нерюнгри составляет –6,1° С, в Новой Чаре и Февральске –1,9° С, отрицательная. При этом ни один из названных показателей, как условие для сравнения параметров локомотивов, ни по количественному признаку, ввиду заниженной (менее +20° С) пороговой среднемесячной температуры, ни по качественному признаку, из-за наличия отрицательной (вместо положительной) среднегодовой температуры, не является «нормальным». Более того, из ежегодных абсолютных минимумов января – самого холодного месяца в году – температура воздуха, на полигоне Байкало-Амурской и Транссибирской магистралей: станции Тайшет (-50° С), Усть-Илимск (-49° С), Тында (-46° С), Сковородино (-47,8° С), Комсомольск на Амуре (-47° С) входит в интервал экстремальных температур от -45 до -50° С, совпадает с условиями холодного климата (X).

Анализ естественной смены климатических условий, согласно ГОСТ 16350-1980 (табл. 1), на полигоне Байкало-Амурской и Транссибирской магистралей в районе, например, ст. Усть-Илимск, определяет их принадлежность к умеренным (У) и холодным (X), а также переходным: с умеренных условий к холодным и обратно (У↔X).

По данным метеорологических наблюдений ст. Усть-Илимск за январь 2023 г., рассчитаны вероятности состояния климата: от умеренного (У) до холодного (X) и обратно.

**Расчет** основан на теории Марковских (случайных) процессов [12]. Составлены и решены дифференциальные уравнения вероятностей состояния климатических условий [13].

Оценены финальные вероятности состояния климатических условий: умеренных (У) – 0,18, холодных (X) – 0,24, переходных (У↔X) – 0,58 [14]. Подтверждена их надежность [15].

Преобладающая вероятность переходных условий (У↔X) работы локомотивов обусловлена более длительными (17 ч) ночными, чем дневными (7 ч), периодами суток в январе и характеризуется значительным, более 10° С, перепадом температур.

**Результат** расчета показал, что локомотивы исполнения «У», для умеренного климата (У) эксплуатируют преимущественно в холодном климате (X), т.е. не по назначению.

Неустранимыми последствиями от частой, до 2-х раз в сутки, смены окружающей локомотивов исполнения «У» температуры в переходной (У↔X) и холодной (X) климатической зоне, вместо умеренной (У) зоны, являются:

- парафинизация дизельного топлива (ГОСТ 305-2013), при использовании несезонной его летней (Л) марки, взамен зимней (З);
- повышенный износ зубчатой передачи тягового редуктора 3ЭС5К из-за полусухого трения вследствие обводнённости смазочных материалов;
- снижение безотказности тяговых электродвигателей, в частности, НБ-514Б и АД917 из-за пробоя изоляции обмотки вследствие интенсивного её старения по причине резкого (от 180° С до -60° С) перепада температур;
- падение ниже 15÷20% значения объявленной мощности ДГУ тепловоза из-за нехватки надувочного воздуха вследствие низких (от -50° С до -30° С) температур внешней среды и

атмосферного давления (от 680 мм рт. ст.) [16];

- понижение вплоть до нулевых значений коэффициента сцепления колеса с рельсом, из-за увлажнённости их точки контакта, обусловленной естественным расширением диапазона точки росы от +14° С до - 9,3° С [16];

- рост, от 5 % и выше, расхода энергоносителей локомотивов в ожидании работы, для обеспечения температурного режима их функционирования [17].

Для обеспечения безопасности движения при плохих условиях (бураны, гололед и др.), назначенную массу грузовых поездов нужно понижать при температуре окружающей среды: от -30° С до -35° С на 5 %; от -36° С до -40° С на 10 %; от -40° С и ниже – на 15 % [4, 5].

**Обсуждение** результатов расчета и приведенных выше предложений состоялось в дирекции тяги ОАО «РЖД» 1 февраля 2023 г. под председательством О.С. Валинского – заместителя генерального директора – начальника Дирекции тяги ОАО «РЖД» – филиала ОАО «РЖД».

Позднее 17 февраля 2023 г., в развитие темы соответствия локомотивов исполнения «У» условиям холодного (Х), вместо умеренного (У) климата, обсужден вопрос оценки трудности профиля пути, ввиду поставки новых серий тепловозов 3ТЭ28, взамен 3ТЭ25К2М.

Установлено, что кроме внешних климатических условий, еще большие расхождения, в 1,5-2 раза, встречаются между расчетными  $i_p$  (табл. 1 и 2) и реальными  $i_{\phi}$  значениями крутизны уклона, приведенные в виде примера в таблице 4.

Таблица 4 – Характеристики профиля пути на участке Новый Ургал – Постышево Байкало-Амурской магистрали

Характеристики участка	Направление движения			
	нечетное		четное	
	Солни-Дуссе-Алинь	Кострамбо-Откосная	Дуссе-Алинь-Сулук	Кузнецовский-Соллу
Крутизна уклона (приведенная), %	21,0	24,4	21,9	23,9
Длина, км	8,6	5,0	7,8	5,0
Коэффициент виртуальный	10,3	10,6	10,3	10,3
Длина виртуальная	88,5	51,8	80,4	51,7

Показано, что величины  $i_p$  недостаточно для полной оценки трудности профиля пути. Более полноценными показателями трудности участка пути являются эквивалентные (виртуальные) характеристики: виртуальный коэффициент и виртуальная длина [18].

Виртуальный коэффициент показывает, во сколько раз профиль пути участка по затрате механической работы труднее прямого и горизонтального пути той же длины. Виртуальная длина – длина такого горизонтального и прямого участка пути, на котором локомотив выполняет механическую работу, равную механической работе, затрачиваемой на перемещение поезда той же массы на заданном участке пути.

Результаты расчета, приведенные в таблице 4, свидетельствуют, что на участке, например, Солни-Дуссе-Алинь, протяженностью 8,6 км и крутизной уклона 24 %, затрачена работа, эквивалентная перемещению поезда на расстояние 88,5 км прямого участка.

Не полная оценка трудности профиля пути ведет к понижению производительности и повышенной повреждаемости новых локомотивов. По данным ОАО «РЖД», эффективность локомотивной тяги, особенно дизельной, в условиях Байкало-Амурской и Транссибирской магистралей недостаточная. Среднесуточная её производительность в 1,5-2 раза ниже, чем электрической, а коэффициент технической готовности  $K_{тг}$  от 0,8 до 0,9, ниже 0,95, установленной техническими условиями (ТУ) и руководствами к эксплуатации (РЭ). Вследствие этого происходит нарушение режимов работы локомотивов и повышенная их повреждаемость с последующим ухудшением безопасности движения.

Основными нарушениями режимов ведения грузовых поездов, являются:

- следование по лимитирующему подъему со скоростью ниже расчетной – 86,3 %;
- остановка на расчетном подъеме без требования вспомогательного локомотива – 10 %;
- остановка на расчетном подъеме с требованием вспомогательного локомотива – 2,5 %;
- нарушение скоростного режима ведения поезда – 0,8 %;

- отправка грузового состава с массой более установленной – 0,4 %.

В нестандартных ситуациях, приведших к остановке поезда на расчетном (лимитирующем) подъеме  $i_p$ , следует запретить взятие поезда с места без вспомогательного локомотива, который для преодоления лимитирующего подъема.

Для ослабления неустраняемых последствий нужно организовать:

- непрерывный контроль теплотехнического состояния, включая посуточный анализ соответствия дизельного топлива ГОСТ 305-2013 и ТУ моторных масел группы Д: М14Д2У, М-14Д2Л, М-14Д2СЕ или М-14Г2ЦС;

- выборочный контроль значений объявленной мощности ДГУ тепловоза на реостате по позициям КМ в условиях реальных (от  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $-30^{\circ}\text{C}$ ) температур внешней среды и атмосферного давления (от 680 мм рт. ст.);

- корректировку расчетного коэффициента сцепления, в соответствии с данными опытных поездов, но не более 15 % от значений, полученных на основе вновь проведенных тяговых испытаний;

- переработку, с учетом обновления парка, распоряжения ОАО «РЖД» от 03.12.2012 №2434р «О порядке издания приказов об установлении норм масс и длин поездов на участках ОАО «РЖД»»;

- организацию «полигонной езды», подталкивания, вождения поездов двойной тягой, смены серии локомотива с исполнения «У» на исполнение «Х» [20].

Цель мероприятий состоит в обеспечении безопасности движения за счет доведения до уровня ТУ и РЭ коэффициентов внутренней  $K_{вг}=0,97$  и технической готовности  $K_{тг}=0,95$  а коэффициента участковой скорости  $K_y$  до 0,8 в дизельной тяге и до 0,9 – в электрической.

### **Выводы**

1. Локомотивы исполнения «У» не соответствуют условиям внешней среды холодного климата (Х) Восточного полигона и утрачивают тягово-энергетические показатели до 15 %.

2. Эксплуатация локомотивов исполнения «У» в холодном (Х), вместо умеренного (У), климата и горных условиях Восточного полигона ОАО «РЖД» ведет к кратному (в 1-2 раза) повышению их повреждаемости и нарушению безопасности движения.

3. Повышению безопасности движения локомотивов в условиях внешней среды Восточного полигона способствует организация «полигонной езды», подталкивания, вождении поездов двойной тягой, смены их серии с исполнения «У» на исполнение «Х».

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Игин В.Н. Восточный полигон диктует условия тяге // Локомотив. – 2021. – №12. – С. 5-8.
2. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации: приказ Министерства транспорта РФ от 23 июня 2022 № 250 [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://company.rzd.ru/ru/9353/page/105104?id=1827#8191>.
3. Игин В.Н. Безопасность движения в тяговых расчетах // Локомотив. – 2021. – №6. – С. 40-44.
4. Об утверждении Правил тяговых расчетов для поездной работы: распоряжение ОАО «РЖД» от 12 мая 2016 г. №867. Доступ через СПС «КонсультантПлюс».
5. Правила тяговых расчетов для поездной работы. – М.: Транспорт, 1985. – 287 с.
6. ГОСТ 15150-69. Межгосударственный стандарт: Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды. – М.: Стандарт, 2010. – 71 с.
7. ГОСТ 16350-80. Климат СССР. Районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей. – М.: Издательство стандартов, 1981. – 150 с.
8. ГОСТ 31187-2011. Тепловозы магистральные. Общие технические требования. – М.: Стандарт, 2012.
9. ГОСТ 24028 – 2013. Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Дымность отработавших газов. Нормы и методы определения. – М.: Стандартинформ, 2013. – 12 с.
10. Игин В.Н. Правила тяговых расчетов требуют корректировки // Локомотив. – 2017. – №6. – С. 7-8.
11. Архив климатических данных [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://climatebase.ru/station/30499>.
12. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Высшая школа, 1999.
13. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Задачи и упражнения по теории вероятностей: учеб. пособие для втузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2002. – 448 с.
14. Осипов Л.А. Проектирование систем массового обслуживания. – М.: Адвансед Соллюшнз, 2011. – 112 с.
15. Закс Л. Статистическое оценивание / Пер. с нем. В.Н. Варыгина; под ред. Ю.П. Адлера, В.Г. Горского. – М.: Статистика, 1976. – 598 С.
16. Игин В.Н. Оценка тяговых свойств локомотивов // Локомотив. – 2021. – №2. – С. 40-43.

17. Кононов В.Е., Скалин А.В. Справочник машиниста тепловоза. – М.: Транспорт, 1993. – 256 с.
18. Бабичков А.М. и др. Тяга поездов и тяговые расчеты. – М.: Транспорт, 1971. – 280 с.
19. Глаголев Н.М. и др. Тепловозные двигатели внутреннего сгорания и газовые турбины. – Изд. 3-е перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1973. – 336 с.
20. Мамченко В.П., Рязанцева Ю.А. Эксплуатация локомотивов. – М.: Трансжелдориздат, 1963. – 415 с.

**Игин Валерий Николаевич**

Российский университет транспорта РУТ (МИИТ)  
Адрес: 125315, Россия, г. Москва, ул. Часовая, д. 22/2, стр. 1  
Д.т.н., доцент кафедры «Тяговый подвижной состав»  
E-mail: iginvn@mail.ru

V.N. IGIN

## ENSURING TRAFFIC SAFETY IN THE CONDITIONS OF THE EXTERNAL ENVIRONMENT OF THE EASTERN POLYGON

*Abstract. The conformity of modern locomotives to the environmental conditions of the Eastern Polygon – the Baikal-Amur and Trans-Siberian railways of JSC «Russian Railways» was assessed. Recommendations have been developed to ensure traffic safety in the conditions of the external environment of the Eastern Polygon.*

*Keywords: traffic safety, locomotive, external operating conditions*

### BIBLIOGRAPHY

1. Igin V.N. Vostochnyy poligon diktuet usloviya tyage // Lokomotiv. - 2021. - №12. - S. 5-8.
2. Pravila tekhnicheskoy ekspluatatsii zheleznykh dorog Rossiyskoy Federatsii: prikaz Ministerstva transporta RF ot 23 iyunya 2022 № 250 [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://company.rzd.ru/ru/9353/page/105104?id=1827#8191>.
3. Igin V.N. Bezopasnost` dvizheniya v tyagovykh raschetakh // Lokomotiv. - 2021. - №6. - S. 40-44.
4. Ob utverzhdenii Pravil tyagovykh raschetov dlya poezdnoy raboty: rasporyazhenie OAO «RZHD» ot 12 maya 2016 g. №867. Dostup cherez SPS «Konsul`tantPlyus».
5. Pravila tyagovykh raschetov dlya poezdnoy raboty. - M.: Transport, 1985. - 287 s.
6. GOST 15150-69. Mezhgosudarstvennyy standart: Mashiny, pribory i drugie tekhnicheskie izdeliya. Ispolneniya dlya razlichnykh klimaticheskikh rayonov. Kategorii, usloviya ekspluatatsii, khraneniya i transportirovaniya v chasti vozdeystviya klimaticheskikh faktorov vneshney sredy. - M.: Standart, 2010. - 71 s.
7. GOST 16350-80. Klimat SSSR. Rayonirovanie i statisticheskie parametry klimaticheskikh faktorov dlya tekhnicheskikh tseley. - M.: Izdatel`stvo standartov, 1981. - 150 s.
8. GOST 31187-2011. Teplovozy magistral`nye. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya. - M.: Standart, 2012.
9. GOST 24028-2013. Dvigateli vnutrennego sgoraniya porshnevyye. Dymnost` otrabotavshikh gazov. Normy i metody opredeleniya. - M.: Standartinform, 2013. - 12 s.
10. Igin V.N. Pravila tyagovykh raschetov trebuyut korrektyrovki // Lokomotiv. - 2017. - №6. - S. 7-8.
11. Arkhiv klimaticheskikh dannykh [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <http://climatebase.ru/station/30499>.
12. Venttsel` E.S. Teoriya veroyatnostey. - M.: Vysshaya shkola, 1999.
13. Venttsel` E.S., Ovcharov L.A. Zadachi i uprazhneniya po teorii veroyatnostey: ucheb. posobie dlya vtuzov. - 4-e izd., pererab. i dop. - M.: Vyssh. shk., 2002. - 448 s.
14. Osipov L.A. Proektirovanie sistem massovogo obsluzhivaniya. - M.: Advanced Solyushnz, 2011. - 112 s.
15. Zaks L. Statisticheskoe otsenivanie / Per. s nem. V.N. Varygina; pod red. Yu.P. Adlera, V.G. Gorskogo. - M.: Statistika, 1976. - 598 S.
16. Igin V.N. Otsenka tyagovykh svoystv lokomotivov // Lokomotiv. - 2021. - №2. - S. 40-43.
17. Kononov V.E., Skalin A.V. Spravochnik mashinista teplovoza. - M.: Transport, 1993. - 256 s.
18. Babichkov A.M. i dr. Tyaga poezdov i tyagovyye raschety. - M.: Transport, 1971. - 280 s.
19. Glagolev N.M. i dr. Teplovoznyye dvigateli vnutrennego sgoraniya i gazovyye turbiny. - Izd. 3-e pererab. i dop. - M.: Transport, 1973. - 336 s.
20. Mamchenko V.P., Ryazantseva Yu.A. Ekspluatatsiya lokomotivov. - M.: Transzheldorizdat, 1963. - 415 s.

**Igin Valery Nikolaevich**

Russian University of Transport (RUT (MIIT))  
Address: 125315, Russia, Moscow, Chasovaya str., 22/2, p. 1  
Doctor of technical sciences  
E-mail: iginvn@mail.ru

Научная статья

УДК 656.13

doi:10.33979/2073-7432-2023-3-2(82)-74-80

И.Е. ИЛЬИНА, Е.Е. ВИТВИЦКИЙ

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ МЕСТ ДТП С ЦЕЛЬЮ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ АВАРИЙНОСТИ С УЧЕТОМ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА

**Аннотация.** Предметом исследования является возможность повышения безопасности дорожного движения за счет определения потенциальных мест совершения дорожно-транспортных происшествий. Представлены очаги аварийности в г. Пензе за период 2019 – 2021 г.г. по данным платформы свободного доступа. Представлен обобщенный результат анализа работ ученых по тематике прогнозирования аварийности на автомобильном транспорте. Для прогнозирования аварийности использованы нейронные сети и язык программирования Python. В качестве входных данных предложено использовать показатели, характеризующие человеческий фактор и объекты тяготения населения.

**Ключевые слова:** состояние безопасности дорожного движения, прогнозирование аварийности, место концентрации ДТП, нейронные сети, предиктивное управление

### Введение

Понятие «аварийно-опасный участок дороги – место концентрации (МК) дорожно-транспортных происшествий (ДТП)» закрепляет Федеральный закон [1].

Стоит отметить, что вид и количество ДТП, а соответственно МК ДТП, отличаются в разные годы. На рисунке 1 представлены очаги аварийности (выделены серым цветом) по данным платформы [dtp-stat.ru](http://dtp-stat.ru).



Рисунок 1 – Очаги аварийности в г. Пензе: а - 2019 г., б – 2020 г., в - 2021 г.

В связи с этим целесообразно определение потенциальных мест концентрации (ПМК) ДТП на основании учета и анализа данных о ДТП, условий и причин их возникновения с учетом человеческого фактора для выработки эффективных управленческих решений по планированию мероприятий, направленных на снижение количества и тяжести последствий дорожно-транспортных происшествий на заданной территории произошедших вследствие осознанного или неосознанного нарушения ПДД участниками дорожного движения, и оценке эффективности выполненных мероприятий.

Вопросами прогнозирования показателей аварийности на автомобильном транспорте занимались ученые Бабков В.Ф., Бадалян А.М., Близнеченко С.С., Варлашкин В.В., Васильев А.П., Джурук Д.С., Дивочкин О.А., Капский Д.В., Картанбаев Р., Кастырин Д.Ю., Клявин В.Э., Корчагин В.А., Лобанов Е.М., Новиков И.А., Петросян С.С., Пуркин В. И., Сиденко В.М., Ситников Ю. М., Расников В.П., Рыбальченко А.А., Рябчинский А.И., Салмин В.В., Смиidt Р.Д., Тюлькин Е.В., Чванов В.В., Чубуков А.Б., Шевяков А.П., Шешера Н.Г. и др. [2-5]. Анализ представленных ими положений позволяет сделать вывод, что прогнозирование поведения человека, как участника дорожного движения и основной причины совершения ДТП, рассматривается только для категории «водитель».

Цель исследования – на основе известных показателей человеческого фактора определить потенциальные места совершения ДТП для последующего прогнозирования показателей аварийности.

#### ***Материал и методы***

С учетом специфики конфликтных объектов выделяют четыре основные группы методов прогнозирования аварийности: статистическая, конфликтных ситуаций, потенциальной опасности и экспертная [2].

В зависимости от используемого инструментария выделяют следующие группы методов прогнозирования:

- регрессионные модели [6-9];
- модели машинного обучения [10-12];
- вероятностные графовые модели [13-17];
- «мягкие вычисления» [18-25];
- модели анализа временных рядов.

В статье предлагается усовершенствование метода авторов [5], а именно использование источников данных, представляющих данные показателей человеческого фактора и объекты тяготения населения.

В настоящее время автор проводит разработку и апробацию методов и инструментальных средств предиктивного управления путем автоматического анализа большого объема данных об участниках дорожного движения и ДТП для поиска закономерностей, а также взаимосвязей между различными показателями человеческого фактора и ДТП.

#### ***Теория / Расчет***

Основная проблема, возникающая при прогнозировании ДТП любым из перечисленных методов, заключается в получении и интерпретации данных. Для оценки состояния безопасности дорожного движения (БДД) на заданной территории необходимо знать значения показателей, в полной мере характеризующих ДТП.

Необходимым условием для прогнозирования является наличие показателей, относящиеся к участникам дорожного движения, содержащие данные «человеческого фактора» (табл. 1) [26].

Стоит отметить, что в нормативно-правовых актах, а именно в форме учета ДТП предусматривается сорок два кодификатора объектов, оказывающих влияние на движение транспорта или пешеходов, и, соответственно на возможность совершения ДТП (табл. 1).

Взаимосвязь и влияние друг на друга используемых при прогнозировании данных путем применения искусственной нейронной сети представлено на рисунке 2.

Возможность указанной нейронной сети спрогнозировать ДТП зависит от определения взаимосвязей между входными (исходными) и выходными (результат) данными (рис. 2)

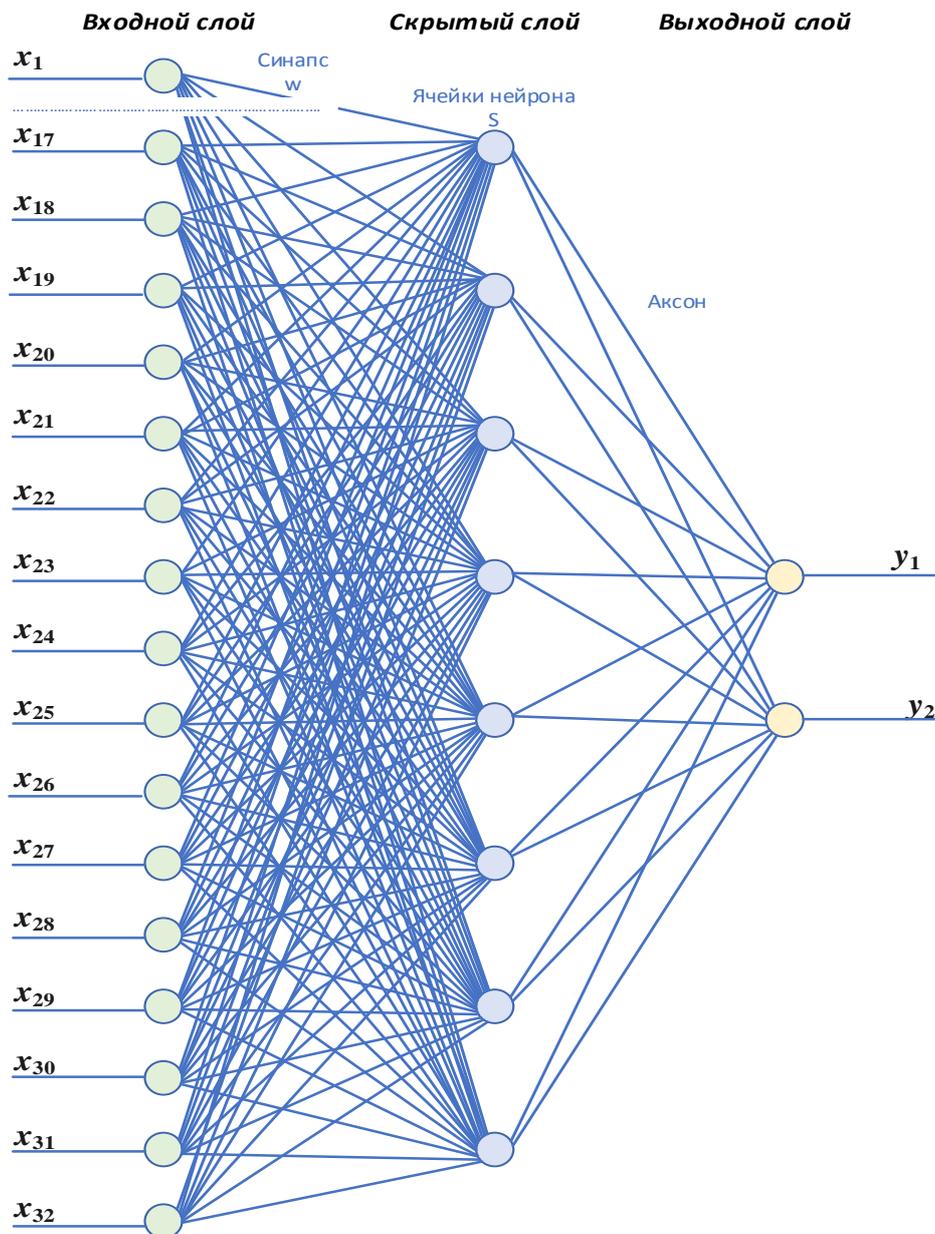


Рисунок 2 – Вид нейронной сети прогнозирования ДТП (разработано автором)

Сигнал на выходе равен нулю (нет ДТП) пока взвешенный сигнал на входе нейрона не достигает некоторого уровня  $T$  (в случае прогнозирования ДТП этот уровень будет характеризоваться совокупными данными человеческого фактора). Выходной сигнал будет равен единице (будет ДТП), когда сигнал на входе нейрона превысит указанный уровень (1):

$$f(x) = \begin{cases} 1, & \text{if } x \geq T \\ 0, & \text{else} \end{cases}, \quad (1)$$

где  $T$  – сдвиг функции активации относительно горизонтальной оси и используется для формирования порога чувствительности нейрона.

Таким образом, результат выходных данных будет функцией, определяемой через его входы и матрицу весов (2):

$$y = f(\sum x_i w_i), \quad (2)$$

где  $x_i$  – сигнал на входе нейрона;

$w_i$  – соответствующий сигналу на входе вес.

### **Результаты**

Для выполнения всестороннего анализа ДТП с целью последующего его прогнози-

вания необходимо иметь полное представление не только о месте ДТП и дорожных условиях, но и о показателях человеческого фактора участников ДТП. В таблице 1 представлены основные характеристики показателей.

Таблица 1 – Данные для анализа ДТП с целью последующего прогнозирования

Наименование показателя	Характеристика показателя	Исходные данные
Место ДТП	Координаты места ДТП, дата и время совершения	Карточка учета ДТП База данных ГИС
Дорожные условия на месте ДТП	Состояние проезжей части, средства регулирования дорожного движения, наличие комплексов фото- и видеофиксации	Карточка учета ДТП База данных ГИС
Участник дорожного движения	Возраст, пол, гражданство, социальный статус, стаж управления автомобилем (для водителя)	Карточка учета ДТП База данных ГИС
Объекты массового тяготения	Торговый центр, образовательное учреждение, спортивное учреждение, массовые мероприятия	Карточка учета ДТП База данных ГИС

Дополнительно можно использовать такие показатели:

- значение показателя ДТП в рабочие/выходные/праздничные дни;
- значение показателя ДТП по объектам, находящимся в непосредственной близости или в зоне прямой видимости от места совершения ДТП, в т.ч. оказывающие влияние на движение транспорта или пешеходов, характеризующие объект тяготения населения;
- значение показателя ДТП по категории участника дорожного движения, в т.ч. велосипедист, водитель СИМ и т.д.;
- значение показателя ДТП по категории социального статуса участника дорожного движения, в т.ч. пенсионер, учащийся, безработный и т.д.;
- значение показателя ДТП по возрасту участника дорожного движения;
- значения показателя ДТП в месте проведения дорожных работ;
- значение показателя ДТП при наличии или отсутствии комплексов фото- и видеофиксации.

Структура входных данных, представленных учеными в [5] и дополнена данными:

Данные об участнике дорожного движения чьи осознанные или неосознанные действия стали причиной ДТП:

- категория как участника дорожного движения CATEG  $\in \{1, 2, 3\}$ ,  $x_{18}$ ;
- социальная категория SOCATEG  $\in \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$ ,  $x_{19}$ ;
- нарушения правил дорожного движения PDD  $\in \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 \dots 97\}$ ,  $x_{20}$ .

Данные о показателях человеческого фактора участника дорожного движения:

- возраст AGE  $\in \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 \dots 100\}$ ,  $x_{21}$ ;
- пол GENDER  $\in \{1, 2\}$ ,  $x_{22}$ ;
- гражданство CITIZEN  $\in \{0, 1, 2\}$ ,  $x_{23}$ ;
- стаж управления MANAGEM  $\in \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$ ,  $x_{24}$ .

Данные о показателях человеческого фактора участника дорожного движения до 18 лет:

- категория как участника дорожного движения CATEGCHILD  $\in \{1, 2, 3\}$ ,  $x_{25}$ ;
- возраст AGECHILD  $\in \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 \dots 18\}$ ,  $x_{26}$ ;
- пол GENDERCHILD  $\in \{1, 2\}$ ,  $x_{27}$ ;
- гражданство CITIZENCHILD  $\in \{0, 1, 2\}$ ,  $x_{28}$ ;
- социальная категория SOCATEGCHILD  $\in \{0, 1, 2, 3, 4\}$ ,  $x_{29}$ ;
- стаж управления MANAGEMCHILD  $\in \{0, 1, 2, 3, 4\}$ ,  $x_{30}$ ;
- нарушения правил дорожного движения PDDCHILD  $\in \{0, 1, 2, 3, 4, \dots 50\}$ ,  $x_{31}$ .

Данные об объекте тяготения населения:

- наименование объекта тяготения населения ОБЪЕКТ  $\in \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 \dots 42\}$ ,  $x_{32}$ .
- Структура выходных данных отражает два варианта развития:
- не будет ДТП,  $y_1$ ;
  - будет ДТП,  $y_2$ .

#### **Обсуждение**

Поведение человека на улично-дорожной сети достаточно трудно прогнозировать. Учету подлежит большое количество данных, характеризующих не только дорожные, погодные, временные условия, но и данные человеческого фактора (такие как возраст, пол, гражданство и др.) и, соответственно, данные о местах тяготения граждан. Использование синтеза бихевиоризма и профайлинга как основ для прогнозирования поведения человека как участника дорожного движения позволит определить потенциальное место дорожно-транспортного происшествия. В общем виде нейронная сеть способна выявить сложные зависимости между входными и выходными данными, а также выполнять обобщение.

Результатом использования нейронных сетей будет построение предиктивных моделей, позволяющих прогнозировать ДТП, что в свою очередь, представляет интерес для органов исполнительной власти различных уровней, помогает оценить ситуацию и принять обоснованные решения по повышению безопасности дорожного движения.

#### **Выводы**

Использование нейронных сетей для прогнозирования ДТП позволит выявить потенциальные места концентрации ДТП по данным, сформированным по заданным условиям (объекты массового тяготения населения; возраст участников дорожного движения, социальный статус и т.д.), а также выявить тенденции изменения значений показателей ДТП на заданной территории в течение заданного интервала времени.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. О безопасности дорожного движения: Федеральный закон от 10.12.1995 №196-ФЗ (с изменениями и дополнениями) // Собрание законодательства Российской Федерации. – 1995. – №50. – С. 4873.
2. Капский Д.В. Прогнозирование аварийности в дорожном движении: монография. – Минск: БГТУ, 2008. – 243 с.
3. Клявин В.Э., Корчагин В.А., Суворов В.А. Модели прогнозирования показателей уровня безопасности дорожного движения // Мир транспорта и технологических машин. - 2017. - №2. - С. 18.
4. Новиков И.А., Кравченко А.А., Шевцова А.Г., Васильева В.В. Научно-методологический подход к снижению аварийности на дорогах Российской Федерации // Мир транспорта и технологических машин. - 2019. - №3. - С. 58-65.
5. Головин О.К., Сидорова Е.В. Оперативное прогнозирование рисков возникновения дорожно-транспортных происшествий на основе нейросетевого анализа больших данных // Информационные технологии и нанотехнологии: VI Международная конференция и молодежная школа. – 2020. – С. 212-219.
6. Khattak A., Wang X., Zhang H. Incident management integration tool: dynamically predicting incident durations, secondary incident occurrence and incident delays // IET IntellTransp Syst №6(2). – 2012. – P. 204-214.
7. Khattak A.J., Liu J., Wali B., Li X., Ng M. Modeling traffic incident duration using quantile regression // Transp Res Rec 2554. – 2016. – P. 139-148.
8. Khattak A.J., Schofer J.L., Wang M-H. A simple time sequential procedure for predicting freeway incident duration // IVHS J. - №2(2). – 1995. – P. 113-138.
9. Peeta S., Ramos J.L., Gedela S. Providing Real-time traffic advisory and route guidance to manage borman incidents on-line using the hoosier helper program // Joint transportation research program. - 1284 Civil Engineering Building, Purdue University, West Lafayette. – 2000. – P. 47907-1284.
10. Lopes J., Bento J., Pereira F.C., Ben-Akiva M. Dynamic forecast of incident clearance time using adaptive artificial neural network models, 2013.
11. Wang W., Chen H., Bell M.C. Vehicle breakdown duration modelling // J Transp Stat. - №8(1). – 2005. – P. 75-84.
12. Zhan C., Gan A., Hadi M. Prediction of lane clearance time of freeway incidents using the M5P tree algorithm // IEEE Trans IntellTransp Syst. - №12(4). – 2011. – P. 1549-1557.
13. Park H., Haghani A., Zhang X. Interpretation of Bayesian neural networks for predicting the duration of detected incidents // J IntellTransp Syst Technol Plann Oper. - №20(4). – 2016. – P. 385-400.
14. Ozbay K., Kachroo P. Incident management in intelligent transportation systems. Artech House Publishers, Norwood. – 1999.

15. Ozbay K., Noyan N. Estimation of incident clearance times using Bayesian networks approach [Электронный ресурс] / *Accid Anal Prev.* – №38. – 2006. – P. 542–555. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2005.11.012>.
16. Li Ruimin, Pereira Francisco Camara, Ben-Akiva Moshe E Overview of traffic incident duration analysis and prediction [Электронный ресурс] / *European Transport Research Review.* - 2018. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1186/s12544-018-0300-1>
17. Shen L, Huang M Data mining method for incident duration prediction // *Appl Inform Commun Commun-Comput Inf Sci.* - №224(1). – 2011. – P. 484-492.
18. Kim H.J., Choi H-K A comparative analysis of incident service time on urban freeways // *J Int Assoc Trafic Saf Sci.* - №25(1). – 2001. – P. 62-72.
19. Kim W., Chang G-L. Development of a hybrid prediction model for freeway incident duration: a case study in Maryland [Электронный ресурс] / *Int J IntellTranspSystRes.* - №10(1). – 2012. – P. 22-33. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1007/s13177-011-0039-8>.
20. Kim W., Chang G-L., Rochon S.M. Analysis of freeway incident duration for atis applications // 15th World Congress on Intelligent Transport Systems and ITS America's. – 2008.
21. Kim E., Muennig P., Rosen Z. Vision zero as a toolkit for road safety // *Injury Epidemiol.* - №4(1). – 2017. - P. 1-9
22. Wang J., Cong H., Qiao S. Estimating freeway incident duration using accelerated failure time modeling [Электронный ресурс] / *Saf Sci.* - №54. – 2013. – P. 43-50. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2012.11.009>.
23. Wang W., Chen H., Bell M. A Study of the Characteristics of traffic incident duration on motorways. – China, 2002.
24. Wang W., Chen H., Bell M.C A review of traffic incident duration analysis // *J Transp Syst Eng Inf Technol.* - №5(3). – 2005. – P. 127-140.
25. Lee Y., Wei C-H. A computerized feature selection method using genetic algorithms to forecast freeway accident duration times // *Comput Aided Civil Infrastruct Eng.* - №25. – 2010. – P. 132-148.
26. Ильина И.Е., Витвицкий Е.Е. Методология стратификации субъектов РФ по состоянию безопасности дорожного движения // *Мир транспорта и технологических машин.* – 2022. – №3-3(78). – С. 76-82.

**Ильина Ирина Евгеньевна**

Государственное бюджетное учреждение Пензенской области «Безопасный регион»

Адрес: 440031, Россия, г. Пенза, ул. Окружная, стр. 3Б

К.т.н., аналитик отдела построения и развития интеллектуальной транспортной системы

E-mail: iie.1978@yandex.ru

**Витвицкий Евгений Евгеньевич**

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет

Адрес: 644080, Россия, г. Омск, пр. Мира, 5

Д.т.н., профессор кафедры организация перевозок и безопасность движения, Эксперт-член Комиссии по вопросам цифровой и низкоуглеродной трансформации отрасли, ускоренному внедрению новых технологий Общественного совета Минтранса России

E-mail: vitvitsky\_ee@mail.ru

---

I.E. ILYINA, E.E. VITVITSKY

## IDENTIFICATION OF POTENTIAL ACCIDENT SITES IN ORDER TO PREDICT ACCIDENTS TAKING INTO ACCOUNT THE HUMAN FACTOR

**Abstract.** *The subject of the study is the possibility of improving road safety by identifying potential locations of road accidents. The centers of accidents in Penza for the period 2019 – 2021 are presented according to the data of the free access platform. The generalized result of the analysis of the works of scientists on the subject of accident forecasting in road transport is presented. Neural networks and the Python programming language are used to predict accidents. As input data, it is proposed to use indicators characterizing the human factor and objects of gravity of the population.*

**Keywords:** *the state of road safety, accident prediction, the place of concentration of accidents, neural networks, predictive management*

### BIBLIOGRAPHY

1. О безопасности дорожного движения: Федеральный закон от 10.12.1995 №196-FZ (с изменениями и дополнениями) // *Sobranie zakonodatel'stva Rossiyskoy Federatsii.* - 1995. - №50. - С. 4873.
2. Kapskiy D.V. Prognozirovanie avariynosti v dorozhnom dvizhenii: monografiya. - Minsk: BGTU, 2008. - 243 s.

3. Klyavin V.E., Korchagin V.A., Suvorov V.A. Modeli prognozirovanie pokazateley urovnya bezopasno-sti dorozhnogo dvizheniya // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2017. - №2. - S. 18.
4. Novikov I.A., Kravchenko A.A., Shevtsova A.G., Vasil`eva V.V. Nauchno-metodologicheskii podkhod k snizheniyu avariynosti na dorogakh Rossiyskoy Federatsii // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2019. - №3. - S. 58-65.
5. Golovin O.K., Sidorova E.V. Operativnoe prognozirovanie riskov vozniknoveniya dorozhno-transportnykh proissheshtviy na osnove neyrosetevogo analiza bol`shikh dannykh // Informatsionnye tekhnolo-gii i nanotekhnologii: VI Mezhdunarodnaya konferentsiya i molodiozhnaya shkola. - 2020. - S. 212-219.
6. Khattak A., Wang X., Zhang H. Incident management integration tool: dynamically predicting incident durations, secondary incident occurrence and incident delays // IET IntellTransp Syst №6(2). - 2012. - R. 204-214.
7. Khattak A.J., Liu J., Wali B., Li X., Ng M. Modeling traffic incident duration using quantile regression // Transp Res Rec 2554. - 2016. - R. 139-148.
8. Khattak A.J., Schofer J.L., Wang M-H. A simple time sequential procedure for predicting freeway incident duration // IVHS J. - №2(2). - 1995. - R. 113-138.
9. Peeta S., Ramos J.L., Gedela S. Providing Real-time traffic advisory and route guidance to manage bor-man incidents on-line using the hoosier helper program // Joint transportation research program. - 1284 Civil Engineering Building, Purdue University, West Lafayette. - 2000. - R. 47907-1284.
10. Lopes J., Bento J., Pereira F.C., Ben-Akiva M. Dynamic forecast of incident clearance time using adaptive artificial neural network models, 2013.
11. Wang W., Chen H., Bell M.C. Vehicle breakdown duration modelling // J Transp Stat. - №8(1). - 2005. - R. 75-84.
12. Zhan C., Gan A., Hadi M. Prediction of lane clearance time of freeway incidents using the M5P tree algorithm // IEEE Trans IntellTransp Syst. - №12(4). - 2011. - R. 1549-1557.
13. Park H., Haghani A., Zhang X. Interpretation of Bayesian neural networks for predicting the duration of detected incidents // J IntellTransp Syst Technol Plann Oper. - №20(4). - 2016. - R. 385-400.
14. Ozbay K., Kachroo P. Incident management in intelligent transportation systems. Artech House Publishers, Norwood. - 1999.
15. Ozbay K., Noyan N. Estimation of incident clearance times using Bayesian networks approach [Elektronnyy resurs] / Accid Anal Prev. - №38. - 2006. - R. 542-555. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2005.11.012>.
16. Li Ruimin, Pereira Francisco Camara, Ben-Akiva Moshe E Overview of traffic incident duration analysis and prediction [Elektronnyy resurs] / European Transport Research Review. - 2018. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1186/s12544-018-0300-1>
17. Shen L, Huang M Data mining method for incident duration prediction // Appl Inform CommunComput Inf Sci. - №224(1). - 2011. - R. 484-492.
18. Kim H.J., Choi H-K A comparative analysis of incident service time on urban freeways // J Int Assoc Traf-fic Saf Sci. - №25(1). - 2001. - R. 62-72.
19. Kim W., Chang G-L. Development of a hybrid prediction model for freeway incident duration: a case study in Maryland [Elektronnyy resurs] / Int J IntellTranspSystRes. - №10(1). - 2012. - R. 22-33. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1007/s13177-011-0039-8>.
20. Kim W., Chang G-L., Rochon S.M. Analysis of freeway incident duration for atis applications // 15th World Congress on Intelligent Transport Systems and ITS America's. - 2008.
21. Kim E., Muennig P., Rosen Z. Vision zero as a toolkit for road safety // Injury Epidemiol. - №4(1). - 2017. - R. 1-9
22. Wang J., Cong H., Qiao S. Estimating freeway incident duration using accelerated failure time modeling [Elektronnyy resurs] / Saf Sci. - №54. - 2013. - R. 43-50. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2012.11.009>.
23. Wang W., Chen H., Bell M. A Study of the Characteristics of traffic incident duration on motorways. - China, 2002.
24. Wang W., Chen H., Bell M.C A review of traffic incident duration analysis // J Transp Syst Eng Inf Technol. - №5(3). - 2005. - R. 127-140.
25. Lee Y., Wei C-H. A computerized feature selection method using genetic algorithms to forecast freeway accident duration times // Copmut Aided Civil Infrastruct Eng. - №25. - 2010. - R. 132-148.
26. Il`ina I.E., Vitvitskiy E.E. Metodologiya stratifikatsii sub"ektov RF po sostoyaniyu bezopasnosti dorozh-nogo dvizheniya // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2022. - №3-3(78). - S. 76-82.

**Ilina Irina Evgenievna**

The state budgetary institution of the Penza region «Safe region»  
Address: 440028, Russia, Penza, Okruzhnaya str., p. 3B  
Candidate of technical sciences  
E-mail: iie.1978@yandex.ru

**Vitvitsky Evgeny Evgenievich**

Siberian State Automobile and Road University  
Address: 644080, Russia, Omsk, Mira Ave., 5  
Doctor of technical sciences  
E-mail: vitvitsky\_ee@mail.ru

Научная статья

УДК 658.562.6

doi:10.33979/2073-7432-2023-3-2(82)-81-91

К.А. КОШКИН

## ОЦЕНКА АКТУАЛЬНОСТИ НОВОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО СТАНДАРТА ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ МОБИЛЬНОСТИ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

***Аннотация.** Рассмотрена ситуация на рынке средств индивидуальной мобильности и предоставления услуг кикшеринга и велошеринга. Выявлены закономерности роста количества поездок с использованием средств индивидуальной мобильности. Установлены основные предпосылки принятия нового государственного стандарта ГОСТ Р 70514-2022, рассмотрены основные его положения, влияющие на безопасность дорожного движения с учетом применения и использования электронных средств индивидуальной мобильности в качестве транспортного средства, альтернативного личному автотранспорту для совершения микропоездок. Предложены доработки государственного стандарта для повышения эффективности его влияния на повышение безопасности дорожного движения.*

***Ключевые слова:** средства индивидуальной мобильности, безопасность дорожного движения, кикшеринг, велошеринг, самокаты, электросамокаты, государственный стандарт*

### **Введение**

В условиях плотной городской застройки, формирования подхода к проектированию городов с учетом «общей теории пешеходности» [21] городов, все большую значимость приобретают «микропоездки» - поездки совершаемые одним человеком на расстояние до 5 км, при котором возможно и экономически обусловлено использование в качестве «транспорта последней мили» в составе мультимодальных городских перемещений или перемещений непосредственно от точки начала маршрута к точке окончания маршрута именно средств индивидуальной мобильности - СИМ. Особенно это значимо в городах подверженных заторам и пробкам, в городах, в которых условия для эффективного использования СИМ обусловлены градостроительной политикой и планировкой.

### **Материал и методы**

При этом, при использовании этого нового транспортного инструмента должна быть обеспечена существующая стабильность городских перемещений, обеспечена безопасность участников дорожного движения и повышена эффективность транспортной системы города, удовлетворение потребностей жителей в перевозках и в собственном перемещении. Для этого, при использовании в качестве «транспортного средства последней мили», СИМ обладают достоинствами, которые отсутствуют у иных способов перемещения, обозначенных в качестве транспорта в стандартах градостроительного проектирования и правилах дорожного движения:

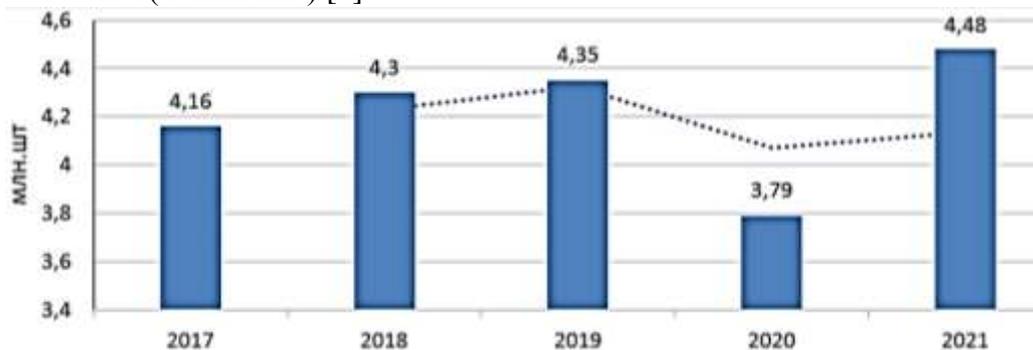
- мобильность (ввиду малого веса и размера);
- отсутствие времени ожидания;
- возможность использования широкой половозрастной аудиторией;
- отсутствие специальных требований к правам управления;
- отсутствие необходимости приобретения дорогостоящей экипировки;
- простота и относительная дешевизна обслуживания;
- относительно низкая стоимость приобретения и владения;
- более высокий темп передвижения относительно пешехода при использовании на микропоездках;
- низкое влияние дорожной ситуации (пробок) на темп движения и время поездки;
- незначительное вредное воздействия на окружающую среду;

- относительно иных транспортных средств - минимальное влияние на сохранность и долговечность дорожных покрытий, и ряд других.

### **Теория**

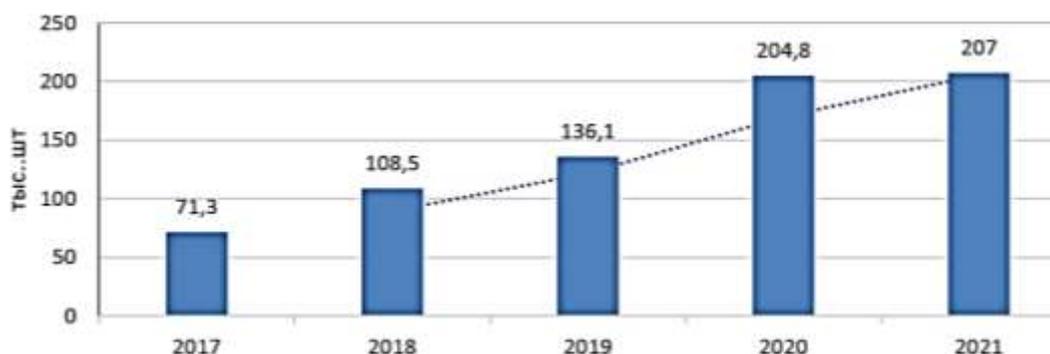
Можно отметить положительную динамику количества продаж СИМ и велосипедов, а так же количества поездок с их использованием. Доля розничных продаж велосипедов в соответствующей товарной группе в Белгородской области увеличилась с 2,4 % в 2017 г. до 10,8 % в 2021 году в целом по РФ - с 11 % в 2017 году до 13,8 % в 2021 году.

По данным исследования «Анализ рынка велосипедов в России», подготовленного BusinessStat в 2021 г( в млн. шт.) [6]



**Рисунок 1 – Статистика продаж велосипедов в России с 2017 по 2021 год**

При этом стоит отметить, «провал» на 13 % в продажах 2020 года обусловлен условиями пандемии COVID-19, приведших к закрытию многих компаний мелкой розничной торговли. При этом общая динамика роста уровня продаж с 2017 сохраняется.



**Рисунок 2 – Статистика экспорта велосипедов из РФ в 2017-2021 году**

В 2022 году россияне купили с использованием сервисов маркетплейса Wildberries, занимающего 1 место в рейтинге российских маркетплейсов с 2016 по 2022 год, с 13 февраля по 13 марта 2022 года:

- на 657 % больше велосипедов
- на 235 % больше самокатов
- на 198 % больше механических самокатов, чем в аналогичном периоде 2021 года

По данным исследования, проведенного Discovery Research Group, динамика прироста рынка самокатов с 2020 по 2021 год составила 19,3 % [7].

Согласно данным маркетингового исследования «Рынок велосипедов (с видами) в России, влияние санкций (с данными 2022): исследование и прогноз до 2026 года», проведенного маркетинговым агентством Роиф Эксперт в 2022 году [8], объем российского рынка велосипедов по результатам рассматриваемого периода 2022 года увеличился на 4 миллиарда рублей.

При этом, вслед за производством, продажами, растет и количество поездок. Стоит отметить, что наиболее развитая сеть прокатов и инфраструктуры для СИМ, находится в Москве, наиболее полные данные по поездкам на СИМ представлены Департаментом транс-

порта г. Москвы.

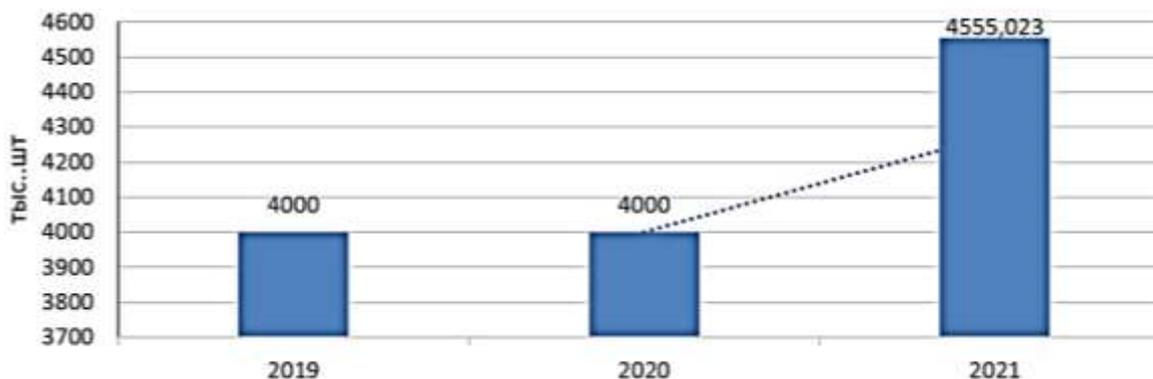


Рисунок 3 – Объём и темпы прироста рынка самокатов в России в 2019-2021 году (шт.)

По данным департамента транспорта Москвы с 2018 года [5]

- число арендных самокатов в Москве выросло с 3510 в 8 раз.

- количество поездок увеличилось в 226 раз: со 100 тыс. в 2018 году до 26,3 млн в 2022 году.

За 2022 год, основываясь на данных операторов кикшеринга (не включая частные СИМ и использование СИМ службами доставки):

- количество поездок: 26,3 млн.

- количество пользователей: 2 млн.

- суммарный проектный парк прокатных самокатов на 2023 год: 40 тыс. ед.

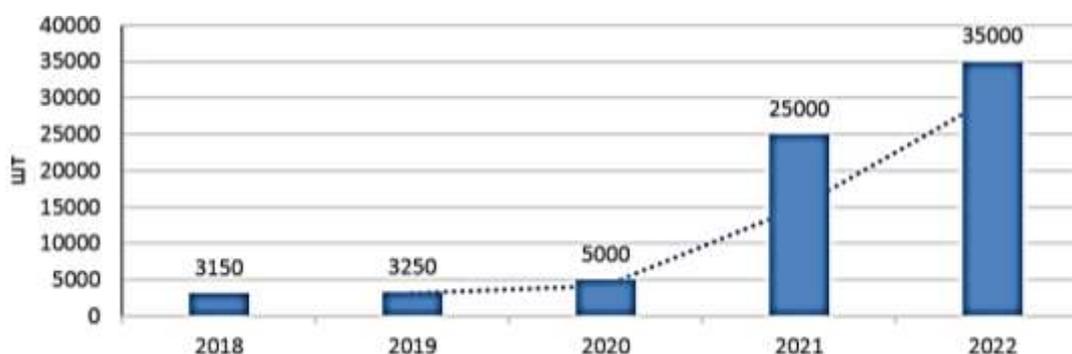


Рисунок 4 – Динамика количества самокатов в прокатном парке г. Москвы (шт.)

При этом, большая часть поездок на прокатных самокатах проходит по транспортному сценарию. В 2021 году этот показатель составил 70 %, в 2022 году – уже более 80 %. Усредненные основные характеристики поездок следующие:

- средняя длина поездки составляет 2,8 км;

- среднее время поездки составляет 26 мин.

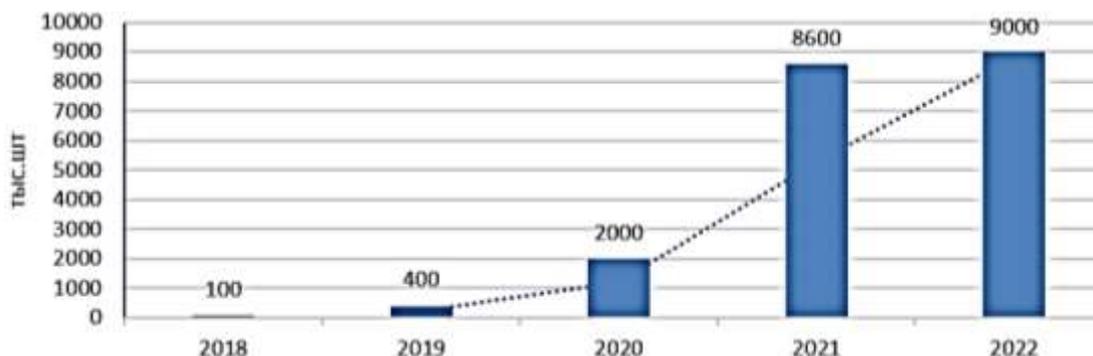


Рисунок 5 – Динамика количества поездок на прокатных самокатах г. Москвы (тыс.)

Аналогична ситуация прослеживается при анализе парка прокатных велосипедов г. Москвы:

Таблица 1 - Динамика развития парка велопроката г. Москвы

Кол-во ( шт.):	2013	2022
Станций	79	754
Единиц техники	550	8114
Поездок	63000	3300000
Акт. пользователей	3000	240000

При этом стоит отметить, что показатели «тепловых карт» маршрутов, динамики количества поездок и количества единиц СИМ в использовании компаниями, работающими в сфере доставки товаров и услуг (например, служба «Самокат»), использующие СИМ - является закрытой информацией и не предназначена для открытого пользования. Это чрезвычайно затрудняет анализ использования СИМ в качестве транспорта для перемещения грузов и предоставления услуг.

Отсутствие полноценного регулирования стандартов отрасли производства различных электрических средств индивидуальной мобильности (ЭСИМ), Отсутствие упоминания ЭСИМ в правовом поле (стандартах проектирования среды (СП), кодексе об административных правонарушениях (КоАП), ведет к отсутствию четкого определения и понимания места ЭСИМ на городской среде, на тротуарах и на дорогах общего пользования. Отсутствие однозначного трактования механизмов взаимодействия СИМ/ЭСИМ с иными участниками движения, а так же распределения ответственности между ЭСИМ и иными участниками движения при возникновении ДТП ведет к увеличению аварийности.

При этом, в связи с тем, что СИМ и ЭСИМ являются видом транспорта только с 01.03.2023 г., ранее они были приравнены к пешеходам и ДТП с СИМ и ЭСИМ попадали в статистику ДТП только в случае участия в ДТП автомобиля и причинения значительного ущерба владельцу СИМ. При этом владелец СИМ в статистике о ДТП указывался, как пешеход и отделить ранее в статистике пешехода от владельца СИМ/ЭСИМ не представляется возможным. В связи с этим в официальной статистике к настоящему времени существует только статистика ДТП с участием велосипедистов, которые согласно п. 1.2 ПДД РФ являются «транспортным средством».

Понять же полную картину аварийности всех СИМ и оценить их количество не представляется возможным. Это сделать можно только по частичной информации по отдельным регионам, где эта статистика ведется активными группами граждан. Например, в Южно-Сахалинске такая статистика ведется ЦОДД с помощью системы Велогород

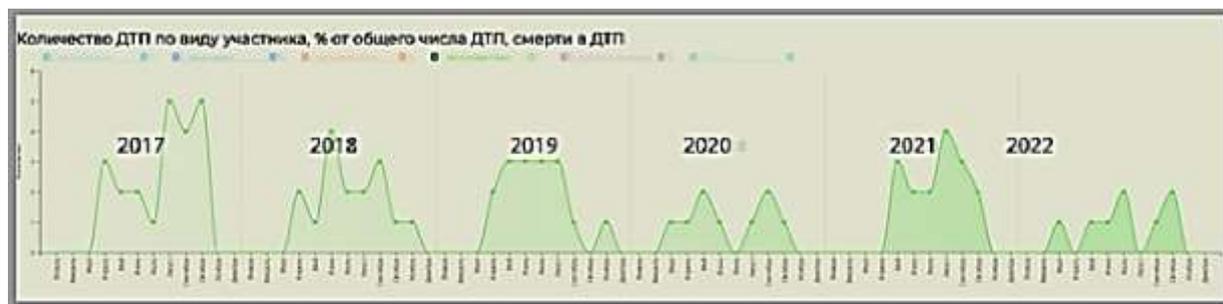


Рисунок 6 – Количество ДТП с велосипедистами. Интерфейс сайта: [южно-сахалинск.велогород.online](http://южно-сахалинск.велогород.online)

А распределение степени вины в ДТП говорит о низкой степени защищенности владельцев СИМ от действий водителей на дорогах общего пользования.



Рисунок 7 – Распределение вины в ДТП в Южно-Сахалинске

Анализ причин возникновения ДТП с участием велосипедистов с точки зрения правил дорожного движения и распределения степени вины в ДТП между участниками дорожного движения говорит о низкой степени защищенности владельцев СИМ от действий водителей на дорогах общего пользования.

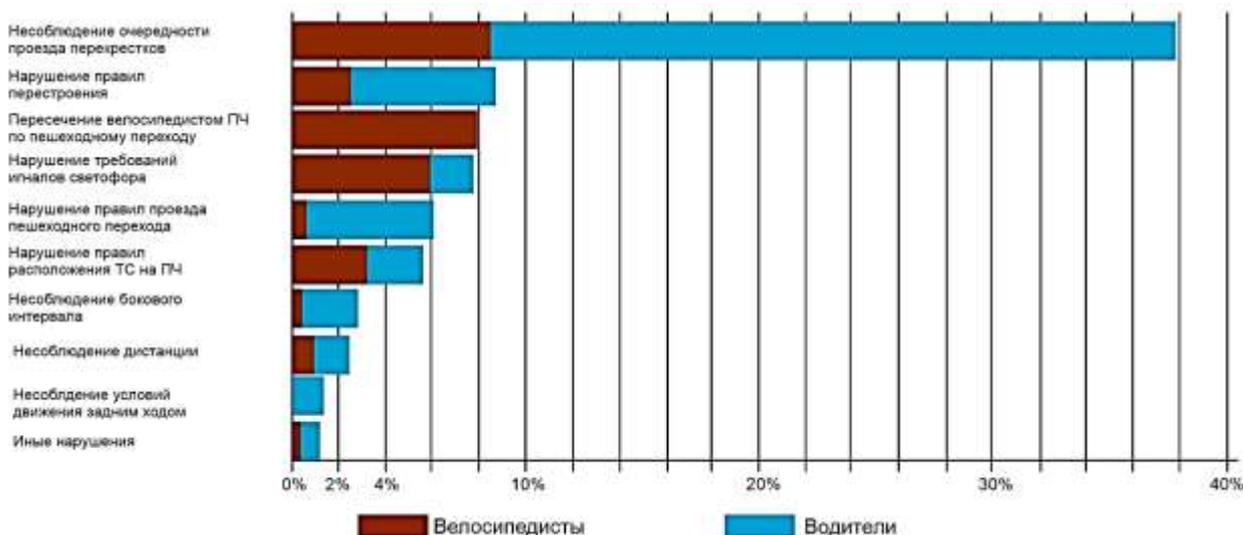


Рисунок 8 – Основные причины ДТП с велосипедистами за 2022 год

Однако, инструменты мониторинга движения позволяют учитывать не только владельцев велосипедов, но владельцев СИМ. Киреева Н.С. и Соболев Д.Ю. в своей статье «Сравнительный анализ методов и технологий учета интенсивности велосипедного движения» отмечают необходимость использования различных автоматических и ручных инструментов для возможности идентификации транспортного средства, его принадлежности (частный/прокатный), и дальнейшего учета и анализа полученных данных. «Установление зависимостей между этими данными позволит проектировать более эффективную велоинфраструктуру», отмечают авторы [3]

За пять месяцев 2022-го года, согласно статистике stat.gibdd.ru, по сравнению с аналогичным периодом прошлого года, число ДТП с участием средств индивидуальной мобильности (СИМ): электросамокатов, гироскутеров, моноколес, сигвеев и т.д. — выросло на 35 %.

Многие страны мира вводят ужесточения требований к СИМ и введения их в правовое поле. Во Франции в 2019 году ЭСИМ отнесены к классу «личных моторизованных средств передвижения». Введен запрет ездить на СИМ детям до восьми лет, а скорость СИМ ограничили до 25 км/ч. В Нидерландах и Великобритании использование личных электросамокатов на дорогах общего пользования полностью запрещено. За нарушение запрета преду-

смотрен штраф €360 и возможность конфискации транспортного средства. В Японии для возможности использования электросамоката необходимо наличие водительского удостоверения, электросамокат необходимо зарегистрировать в полиции. СИМ облагаются транспортным налогом. Для возможности использования на дорогах, электросамокат должен быть оснащен государственным регистрационным знаком, зеркалом заднего вида, стоп-сигналами и указателями поворота. Штраф за нарушение предусмотрен в размере \$540, в отдельных случаях предусмотрено тюремное заключение. Именно благодаря жестким требованиям и штрафам, несмотря на чрезвычайно плотный трафик, по состоянию на 3.07.2021 г., в Японии значительно снизилась аварийность при использовании СИМ.

В России попытки ввести СИМ в правовое поле начались с решения суда по административному иску, в котором Верховный суд РФ отказал истцу в признании факта, что электросамокат не является транспортным средством. При этом Верховный суд в своем решении отметил, отсутствие в Федеральном законе «О безопасности дорожного движения», в Федеральном законе «О государственной регистрации транспортных средств в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», в Уголовном кодексе и Кодексе Российской Федерации об административных правонарушениях исчерпывающего перечня транспортных средств, участвующих в дорожном движении».

С 1 марта 2023 года вступили в силу поправки в ПДД ФР, где определено, что средства индивидуальной мобильности (СИМ) являются транспортным средством. При этом механическим транспортным средством они не являются.

ПДД РФ п.1.2 «Средство индивидуальной мобильности» - 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) [10].

#### ***Результаты и обсуждение***

Все вышеперечисленное создает весомые предпосылки к созданию нового ГОСТ Р 70541-2022 [1]. Под ЭСИМ в ГОСТ имеются в виду электросамокаты, моноколеса и гироскутеры.

Стандарт создан на основе DIN EN 17128-2020 «Легковые моторизованные транспортные средства для перевозки людей и грузов без официального одобрения типа, используемые на дорогах, и соответствующее оборудование. Персональные легковые электро-транспортные средства (PLEV). Требования и методы испытаний (Light motorized vehicles for the transportation of persons and goods and related facilities and not subject to type-approval for on-road use - Personal light electric vehicles (PLEV) - Requirements and test methods)» [2].

#### **Анализ положений ГОСТ**

Область применения принятого стандарта не распространяется на устройства:

- развивающие максимальную конструктивную скорость более 25 км/ч;
- имеющие батарею напряжением выше 100 В постоянного тока [1].

При этом на рынке РФ в свободной продаже присутствует ряд моделей ЭСИМ, конструктивно подпадающих под определение ЭСИМ, согласно новому стандарту, но не подпадающие под параметры «максимальной скорости» и «максимальной мощности».

При этом устройства, имеющие максимальную конструктивную скорость более 25 км/ч, должны быть классифицированы согласно «Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 018/2011» [4] в качестве мопедов, то есть транспортных средств, требующих наличия водительского удостоверения. При этом данные устройства не имеют обязательных конструктивных элементов для возможности движения по дорогам общего пользования, например: второго колеса (для моноколес), указателей поворотов, стоп-сигналов, звукового сигнала. При этом, конструктивная скорость указанных ЭСИМ может быть ограничена только программно. Конструктивных ограничений скорости – не предусмотрено.

Пунктом 3.27 ГОСТ средство индивидуальной мобильности определяется, как «Транспортное средство, имеющее одно или несколько колес (роликов), предназначенное для индивидуального передвижения человека посредством использования двигателя(ей)

(электросамокаты, электроскейтборды, гироскутеры, сигвеи, моноколеса и аналогичные средства)» [1].

При этом, отдельно в п. 3.34 указано, что электрическое средство индивидуальной мобильности, как «Транспортное средство, имеющее одно или несколько колес (роликов), предназначенное для индивидуального передвижения одного человека посредством использования электродвигателя(ей), не имеющее сиденья, с максимальной конструктивной скоростью не более 25 км/ч» [1].

Однако, на рынке есть большое количество моделей электросамокатов, подпадающие под требования настоящего стандарта по остальным характеристикам, включая максимальную конструктивную скорость, но на них требования стандарта распространены быть не могут, ввиду наличия в конструкции возможности установки сиденья. При этом, данные электросамокаты с возможностью установки сиденья, в случае продажи без установленного сиденья в комплекте, подпадают под возможность следования требованиям ГОСТ, а в случае продажи в комплекте с сиденьем, такая возможность отсутствует по причине несоответствия требованиям п. 3.34.

При этом, стандартом определено, на ЭСИМ запрещено передвигаться вдвоем. На СИМ такое ограничение ГОСТ не распространяется.

#### Анализ положений ГОСТ относительно электровелосипедов.

Следует отметить, что несмотря на подходящие требованиям п. 3.27 параметры, электрические велосипеды или велосипеды с электро-помощником в ГОСТе – упоминаются в п. 3.44 лишь как «аналогичные средства» либо «ЭСИМ с неполным электрическим приводом» [1]. При этом, исходя из конструктивных особенностей велосипеда, при наличии у пользователя соответствующей физической кондиции, электровелосипед возможно разогнать выше 25 км/ч, что переводит его в категорию «мопед», что входит в противоречие с его категорией, присвоенным заводом – изготовителем. При этом в электровелосипеде, в комплекте электровелосипеда, продаваемого в частично собранном состоянии может быть больше трех составных частей (колеса, рама, батарея, руль, навесное оборудование трансмиссии), что противоречит требованию п. 5. Начало движения электровелосипеда происходит от одного действия пользователя – вращения педалей, что противоречит п. 7.1.1 ГОСТ. Так же, ГОСТ обязывает оснащать электровелосипеды элементами, которые не предполагает конструкция: автоматическим устройством ограничения скорости с возможностью определения местоположения с помощью не менее двух глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) и возможностью автоматического обновления координат установленных зон ограничения скорости (п. 8.1), пешеходным режимом (п. 8.2), стояночным тормозом или парковочным устройством (п. 15.4.1) [1].

При этом в методах испытаний на структурную целостность (п. 12) способы испытания различных типов электровелосипедов не определены. Так же ГОСТ содержит иные противоречия, при которых какая либо модель велосипеда с электродвигателем или электропомощником (неполным тяговым двигателем) может соответствовать требованиям ГОСТ, что в свою очередь, ставит производителей данного вида транспорта в неравное конкурентное положение. При этом в ГОСТ 31741- 2012 «Велосипеды. Общие технические условия» [9] требований к электровелосипедам различных модификаций так же не содержится.

ГОСТ не содержит требований или ссылок на требования к материалам из которых могут изготавливаться рамы, узлы и основные элементы ЭСИМ, к конструкции и компонентам колес (в т.ч. подшипникам и шинам), а также ободных и дисковых тормозов.

В п. 7.3 ГОСТ указано, что «Непреднамеренное или несанкционированное использование электрических средств индивидуальной мобильности Должны быть предусмотрены меры по предотвращению непреднамеренного или несанкционированного использования ЭСИМ (например, ключи, замки, электронное устройство управления)» [1]. Требование оснащения ЭСИМ подобными системами, особенно механическими приведет к утяжелению и удорожанию конструкции, при этом как механические, так и электронные противоугон-

ные средства учитывая вес большинства ЭСИМ - неэффективны ввиду общего веса ЭСИМ. Его можно погрузить в машину и увезти или просто унести.

В п. 8.1 ГОСТ указано: «С целью контроля и регулирования законодательно установленного скоростного режима на различных территориях ЭСИМ классов 2 и 4 должны быть оборудованы автоматическим устройством ограничения скорости с возможностью определения местоположения с помощью не менее двух глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) и возможностью автоматического обновления координат установленных зон ограничения скорости» [1]. Это очень важный пункт, напрямую влияющий на аварийность. Но так стандарт не является обаятельным, то встает вопрос его эффективности. Компании кикшеринга будут с большей вероятностью следовать требованиям ГОСТ, т.к. этот аварийность - один из важных показателей работы компании, предоставляющие услуги по прокату транспортных средств. Компании же, продающие СИМ напрямую потребителю в показателях аварийности заинтересованы намного в меньшей степени. А часто именно от определения скорости в момент предшествующий ДТП может зависеть определение виновности участника движения в ДТП и определение степени тяжести его вины. При этом, в ГОСТ не внесены требования к степени защиты программного обеспечения от несанкционированного снятия программного ограничения скорости. Одна из главных причин ДТП за последние 5 лет, по данным ГИБДД РФ – превышение скоростного режима. При этом, учитывая технические возможности ЭСИМ, формально подпадающих под требования ГОСТ, в случае снятия программного ограничения скорости, при использовании превышение допустимого скоростного порога, даже с учетом неоправданного высокого нештрафуемого порога превышения скорости, для СИМ - не составит труда. Однако, стоит отметить, что к настоящему времени корректных данных по скоростному режиму при использовании СИМ нет, ввиду отсутствия установленных законом методов и способов измерения скоростей, а существующие мероприятия с использованием устройств фотовидеофиксации – не применимы ввиду отсутствия возможности однозначной персонификации пользователя.

Согласно требований п. 19.5 ПДД РФ, на всех движущихся транспортных средствах (кроме велосипедов) с целью их обозначения должны включаться фары ближнего света или дневные ходовые огни. При этом в п. 8.2 ГОСТ указана необходимость активации фары дневного света лишь при включении пешеходного режима. При этом стоит понимать, что «пешеходный режим» будет задействован либо при движении по тротуарам, либо по пешеходным зонам. При этом при движении в общем режиме, по дорогам общего пользования, необходимость наличия ходовых огней либо постоянного горения фары головного света, в отличие от иных транспортных средств, которые могут передвигаться по дорогам общего пользования (мотоциклы, легковые и грузовые автомобили) - не указана.

То же самое относится к еще одному виду ЭСИМ - электроскейтбордам, однозначно подпадающих, под требования п. 3.27 настоящего ГОСТ. На электроскейтборде исходя из особенностей конструкции заводами-изготовителями не установлено стандартное световое оборудование. Тем не менее, с 1 марта 2023 года, с момента вступления в силу поправок в ПДД РФ, такие транспортные средства с одной стороны, согласно ПДД [10], получают право по передвижению наравне с иными СИМ, при этом, де-факто в связи с невозможностью выполнить требования ГОСТ – остаются вне закона.

В профилактике ДТП важным аспектом является информирование заранее участником движения иных участников о совершаемых им маневрах. Учитывая это, недоработкой настоящего ГОСТ является отсутствие в п. 8.4.1 установленного минимального порога слышимости звукового сигнала. Отсутствие этого требования значительно снижает эффективность данного требования, приведет соблюдению его производителями лишь формально. Соответственно, влияние на степень информированности участников движения о маневрах и на аварийность будет минимально.

В стандарте не указаны рекомендации о возможности оборудования ЭСИМ типа электросамокатов зеркалами заднего вида. А одной из частых причин ДТП являются нарушения правил маневрирования при перестроениях.

### **Выводы**

Основной минус рассматриваемого нормативного документа – отсутствие связи с иными нормативными документами и законодательными актами, а так же его рекомендательный характер. Соблюдающие требования ГОСТ компании смогут лишь указать, что продукция соответствует стандарту, а ответственность за дальнейшее использование и соблюдение правил дорожного движения, учитывая указанные недоработки - целиком возлагается на пользователя, а сложности разбора ДТП с ЭСИМ в условиях противоречий и разночтений – на инспекторов ГИБДД. Это маркетинговое влияние, существенного влияния на рынок ЭСИМ, находящихся в розничной продаже, ГОСТ не окажет.

В случае расширения границ действия нормативного документа и классификации всех видов и типов ЭСИМ, находящихся в розничной продаже, в рамках документа - это позволило бы в дальнейшем ввести их сертификацию. Однако в данном документе, определяющим показателем является скорость ЭСИМ. Отнесение всех ТС, с максимальной скоростью 25 км/ч, к мопедам и мотоциклам - является нежелательным обобщением. Вследствие этого, ГОСТ в настоящее время выглядит недоработанным, отсутствует охват одного из важных параметров ЭСИМ - мощность двигателя, хотя в ПДД именно мощность в п. 1.2 ПДД является определяющей характеристикой, позволяющей отнести ТС к СИМ или мопедам.

Согласно п.1.2 ПДД РФ: «*Мопед*»- двух- или трехколесное механическое транспортное средство, максимальная конструктивная скорость которого не превышает 50 км/ч, имеющее двигатель внутреннего сгорания с рабочим объемом, не превышающим 50 куб. см, или электродвигатель номинальной максимальной мощностью в режиме длительной нагрузки более 0,25 кВт и менее 4 кВт. К мопедам приравниваются квадрициклы, имеющие аналогичные технические характеристики.»

В целом, появление ГОСТа, регулирующего ЭСИМ, учитывая сегодняшние предпосылки - событие положительное. Это попытка начать регулирование отрасли СИМ. Однако, этот документ нуждается в доработке. Необходимо расширить ГОСТ на разные типы СИМ, существующие на рынке, внести большую определенность и классификацию ЭСИМ по конструктивным особенностям, скорости, мощности двигателя и оснащению приборами светозвуковой сигнализации.

Так же, для повышения комплексного эффективного воздействия на ситуацию с аварийностью, необходима работа по выделению в статистике ДТП отдельной категории – СИМ/ЭСИМ, внесения соответствующих изменений в КОАП. Так же необходимо провести работу по корректировке существующих правил дорожного движения в части уточнения места СИМ/ЭСИМ на улично-дорожной сети и механизмов взаимодействия СИМ/ЭСИМ с иными участниками движения. Так же необходимо уточнить нормы проектирования улично-дорожной сети и городской застройки относительно СИМ/ЭСИМ, так как сейчас в основных нормах градостроительного проектирования и застройки категории СИМ/ЭСИМ – отсутствуют.

Для возможности повлиять на ситуацию, после внесения изменений и синхронизации ГОСТ с иными регламентирующими документами, ГОСТ должен стать обязательным в применении, стать первой ступенью к формированию обязательного технического межгосударственного регламента по аналогии с сертификацией автомобилей, как транспортного средства повышенной опасности

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. ГОСТ Р 70514-2022. Электрические средства индивидуальной мобильности. Технические требования и методы испытаний: Каталог национальных стандартов [Электронный ресурс] / М. – Режим доступа: [https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/standarts/catalognational?portal:componentId=3503536e-2ac1-4753-8ed1-09a92fee02de&portal:isSecure=false&portal:portletMode=view&navigationalstate=JBPNS\\_r00ABXhIAAZhY3Rpb24](https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/standarts/catalognational?portal:componentId=3503536e-2ac1-4753-8ed1-09a92fee02de&portal:isSecure=false&portal:portletMode=view&navigationalstate=JBPNS_r00ABXhIAAZhY3Rpb24)
2. Легковые моторизованные транспортные средства для перевозки людей и грузов без официального одобрения типа, используемые на дорогах, и соответствующее оборудование. Персональные легковые электро-транспортные средства (PLEV). Требования и методы испытаний [Электронный ресурс] / М. - Режим доступа: <https://www.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=6836394>
3. Киреева Н.С., Соболев Д.Ю. Сравнительный анализ методов и технологий учета интенсивности велосипедного движения // Экономика: вчера, сегодня, завтра. - 2019. – Т. 9. - №2А. - С. 76-92.

4. ТР ТС 018/2011. Технический регламент Таможенного союза. О безопасности колесных транспортных средств [Электронный ресурс] / М. – Режим доступа: [//sudact.ru/law/reshenie-komissii-tamozhennogo-soiuz-a-09122011-n\\_19/tr-ts-0182011/](https://sudact.ru/law/reshenie-komissii-tamozhennogo-soiuz-a-09122011-n_19/tr-ts-0182011/)
5. Дорожная аварийность в РФ за 6 месяцев 2022 года: Информационно-аналитический обзор НЦ БДД МВД РФ [Электронный ресурс] / М. – Режим доступа: <https://media.mvd.ru/files/embed/4525843>
6. Исследование «Анализ рынка велосипедов в России», Busines Stat [Электронный ресурс] / М. – Режим доступа: [https://businessstat.ru/images/demo/bicycles\\_russia\\_demo\\_businesstat.pdf](https://businessstat.ru/images/demo/bicycles_russia_demo_businesstat.pdf)
7. Исследование рынка самокатов в 2020-2021 г. Discovery Research Group [Электронный ресурс] / М. – Режим доступа: [https://drgroup.ru/components/com\\_jshopping/files/demo\\_products/Otchet\\_DEMO\\_Analiz\\_rynka\\_samokatov\\_v\\_Rossii.pdf](https://drgroup.ru/components/com_jshopping/files/demo_products/Otchet_DEMO_Analiz_rynka_samokatov_v_Rossii.pdf)
8. Исследование «Рынок велосипедов (с видами) в России, влияние санкций» (с данными 2022): исследование и прогноз до 2026 года [Электронный ресурс] / М. – Режим доступа: <https://vc.ru/u/406653-roif-expert/413315-analiz-rynka-velosipedov-s-assortimentnymi-gruppami-v-rossii-v-2022-raskryvaet-pikovoe-4-mlrd-uvelichenie-obema-rynka>
9. Межгосударственный стандарт ГОСТ 31741-2012. Велосипеды. Общие технические условия. – Москва: СтандартИнформ, 2013.
10. О Правилах дорожного движения: Постановление Правительства РФ от 23.10.1993 N 1090 (ред. от 24.10.2022) [Электронный ресурс] / М. – Режим доступа: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_270](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_270)
11. Annual Bicycle Count [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.calgary.ca/Transportation/TP>
12. Annual Cycling Monitoring Report [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.cycling.scot/mediaLibrary/other/english/1113.pdf>
13. Report January 2017. Bicycle and Pedestrian Data Collection Manual [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.dot.state.mn.us/research/reports/2017/201703.pdf>
14. Статистика проката велосипедов в Москве [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://urbica.github.io/bikes>
15. Кодекс об административных правонарушениях [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://base.garant.ru/12125267/>
16. Современная оценка проблемы безопасности дорожного движения: монография / А.Н. Новиков, И.А. Новиков, А.Г. Шевцова. – Белгород: БГТУ, 2021. – 108 с.
17. Абовова И.И. Анализ актуальных проблем средств индивидуальной мобильности в России // Магистратура – автотранспортной отрасли: Материалы VII Всероссийской межвузовской конференции. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – 2023. – С. 225-228.
18. Купавцев В.А., Донченко В.В. Исследование конфликтных ситуаций с участием средств индивидуальной мобильности // Транспортные и транспортно-технологические системы: материалы Международной научно-технической конференции. – В 2 томах. – Тюмень. – 2022. – С. 91-95.
19. Новиков А.Н., Шевцова А.Г. Безопасное и эффективное управление транспортными потоками в городской транспортной системе: монография. – Москва: Академия, 2022. – 205 с.
20. Юнг А.А., Шевцова А.Г. Повышение БДД СИМ в крупных городах с помощью моделирования участка дорожного движения // Транспортные и транспортно-технологические системы: Материалы Международной научно-технической конференции. – В 2 томах – Тюмень. – 2022. – С. 166-172.
21. Джеф Спек. Город для пешеходов. – Изд-во «Искусство – XXI век», 2015.

**Кошкин Константин Александрович**

ООО «ИнтерДизайн»

Адрес: 308034, Россия, г. Белгород, ул. Н. Чумичова, 70

Заместитель директора по производству

E-mail: [Koshkin\\_KA@mail.ru](mailto:Koshkin_KA@mail.ru)

---

K.A. KOSHKIN

## **ASSESSMENT OF THE RELEVANCE OF THE NEW STATE STANDARD OF ELECTRONIC INDIVIDUAL MOBILITY FROM THE POINT OF VIEW TRAFFIC SAFETY**

***Abstract.** The situation in the market of means of individual mobility and the provision of kick-sharing and bicycle sharing services is considered. Regularities in the growth of the number of trips using the means of individual mobility are revealed. The main prerequisites for the adoption of a new state standard GOST R 70514-2022 are established, its main provisions that affect road safety are considered, taking into account the use and use of electronic means of individual mobility as a vehicle alternative to personal motor transport for micro trips.*

*Improvements to the state standard are proposed to improve the efficiency of its impact on improving road safety.*

***Keywords:** means of individual mobility, road safety, kick-sharing, bicycle sharing, scooters, electric scooters, state standard*

## BIBLIOGRAPHY

1. GOST R 70514-2022. Elektricheskie sredstva individual'noy mobil'nosti. Tekhnicheskie trebovaniya i metody ispytaniy: Katalog natsional'nykh standartov [Elektronnyy resurs] / M. - Rezhim dostupa: [https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/standarts/catalognationalportal:componentId=3503536e-2ac1-4753-8ed1-09a92fee02de&portal:isSecure=false&portal:portletMode=view&navigationalstate=JBPNS\\_rO0ABXdIAAZhY3Rpb24](https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/standarts/catalognationalportal:componentId=3503536e-2ac1-4753-8ed1-09a92fee02de&portal:isSecure=false&portal:portletMode=view&navigationalstate=JBPNS_rO0ABXdIAAZhY3Rpb24)
2. Legkovye motorizovannye transportnye sredstva dlya perevozki lyudey i gruzov bez ofitsial'nogo odobreniya tipa, ispol'zuemye na dorogakh, i sootvetstvuyushchee oborudovanie. Personal'nye legkovye elektrotransportnye sredstva (PLEV). Trebovaniya i metody ispytaniy [Elektronnyy resurs] / M. - Rezhim dostupa: <https://www.gostinfo.ru/catalog/Details/id=6836394>
3. Kireeva N.S., Sobolev D.Yu. Sravnitel'nyy analiz metodov i tekhnologiy ucheta intensivnosti velosipednogo dvizheniya // Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra. - 2019. - T. 9. - №2A. - S. 76-92.
4. TR TS 018/2011. Tekhnicheskyy reglament Tamozhennogo soyuza. O bezopasnosti kolesnykh transportnykh sredstv [Elektronnyy resurs] / M. - Rezhim dostupa: [https://sudact.ru/law/reshenie-komissii-tamozhennogo-soiuza-ot-09122011-n\\_19/tr-ts-0182011/](https://sudact.ru/law/reshenie-komissii-tamozhennogo-soiuza-ot-09122011-n_19/tr-ts-0182011/)
5. Dorozhnaya avariynost' v RF za 6 mesyatsev 2022 goda: Informatsionno-analiticheskyy obzor NTS BDD MVD RF [Elektronnyy resurs] / M. - Rezhim dostupa: <https://media.mvd.ru/files/embed/4525843>
6. Issledovanie «Analiz rynka velosipedov v Rossii», Busines Stat [Elektronnyy resurs] / M. - Rezhim dostupa: [https://businessstat.ru/images/demo/bicycles\\_russia\\_demo\\_businessstat.pdf](https://businessstat.ru/images/demo/bicycles_russia_demo_businessstat.pdf)
7. Issledovanie rynka samokatov v 2020-2021 g. Discovery Research Group [Elektronnyy resurs] / M. - Rezhim dostupa: [https://drgroup.ru/components/com\\_jshopping/files/demo\\_products/Otchet\\_DEMO\\_Analiz\\_rynka\\_samoka-tov\\_v\\_Rossii.pdf](https://drgroup.ru/components/com_jshopping/files/demo_products/Otchet_DEMO_Analiz_rynka_samoka-tov_v_Rossii.pdf)
8. Issledovanie «Rynok velosipedov (s vidami) v Rossii, vliyanie sanktsiy» (s dannymi 2022): issledovanie i prognoz do 2026 goda [Elektronnyy resurs] / M. - Rezhim dostupa: <https://vc.ru/u/406653-roif-expert/413315-analiz-rynka-velosipedov-s-assortimentnymi-gruppami-v-rossii-v-2022-raskryvaet-pikovoe-4-milrd-uvelichenie-obema-rynka>
9. Mezghosudarstvennyy standart GOST 31741- 2012. Velosipedy. Obshchie tekhnicheskie usloviya. - Moskva: StandartInform, 2013.
10. O Pravilakh dorozhnogo dvizheniya: Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 23.10.1993 N 1090 (red. ot 24.10.2022) [Elektronnyy resurs] / M. - Rezhim dostupa: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_2709/824c911000b3626674abf3ad6e38a6f04b8a7428/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_2709/824c911000b3626674abf3ad6e38a6f04b8a7428/)
11. Annual Bicycle Count [Elektronnyy resurs] / Rezhim dsotupa: <http://www.calgary.ca/Transportation/TP/Pages/Cycling/Bike-Data.aspx>
12. Annual Cycling Monitoring Report [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://www.cycling.scot/mediaLibrary/other/english/1113.pdf>
13. Report January 2017. Bicycle and Pedestrian Data Collection Manual [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <http://www.dot.state.mn.us/research/reports/2017/201703.pdf>
14. Statistika prokata velosipedov v Moskve [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://urbica.github.io/bikes>
15. Kodeks ob administrativnykh pravonarusheniyakh [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://base.garant.ru/12125267/>
16. Sovremennaya otsenka problemy bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya: monografiya / A.N. Novikov, I.A. Novikov, A.G. Shevtsova. - Belgorod: BGTU, 2021. - 108 s.
17. Abozova I.I. Analiz aktual'nykh problem sredstv individual'noy mobil'nosti v rossii // Magistratura - avto-transportnoy otrasli: Materialy VII Vserossiyskoy mezhvuzovskoy konferentsii. - Sankt-Peterburg: Sankt-Peterburgskiy gosudarstvennyy arkhitekturno-stroitel'nyy universitet. - 2023. - S. 225-228.
18. Kupavtsev V.A., Donchenko V.V. Issledovanie konfliktnykh situatsiy s uchastiem sredstv individual'noy mobil'nosti // Transportnye i transportno-tekhnologicheskie sistemy: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. - V 2 tomakh. - Tyumen'. - 2022. - S. 91-95.
19. Novikov A.N., Shevtsova A.G. Bezopasnoe i effektivnoe upravlenie transportnymi potokami v gorodskoy transportnoy sisteme: monografiya.- Moskva: Akademiya, 2022. - 205 s.
20. Yung A.A., Shevtsova A.G. Povyshenie BDD SIM v krupnykh gorodakh s pomoshch'yu modelirovaniya uchastka dorozhnogo dvizheniya // Transportnye i transportno-tekhnologicheskie sistemy: Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. - V 2 tomakh - Tyumen'. - 2022. - S. 166-172.
21. Dzhef Spek. Gorod dlya peshekhodov. - Izd-vo «Iskusstvo - HHI vek», 2015.

**Koshkin Konstantin Alexandrovich**

InterDesign LLC

Address: 308034, Russia, Belgorod, N. Chumichova str., 70

Deputy director for production

E-mail: Koshkin\_KA@mail.ru

Научная статья

УДК 656.051

doi:10.33979/2073-7432-2023-3-2(82)-92-99

И.Н. ПУГАЧЕВ, Д.В. КАПСКИЙ

## РАЗРАБОТКА ПЛАНОВ УСТОЙЧИВОЙ ГОРОДСКОЙ МОБИЛЬНОСТИ И ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ В ОБЛАСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ, ПУТЬ К ДАЛЬНЕЙШЕМУ РАЗВИТИЮ ГОРОДОВ И СТРАНЫ В ЦЕЛОМ

*Аннотация.* Рассмотрены принципы устойчивой городской мобильности и особенности ее планирования, а также предложенная Министерством транспорта РФ Концепция цифровой трансформации в области организации дорожного движения, приведены ее ключевые принципы.

*Ключевые слова:* планирование устойчивой городской мобильности, цифровая трансформация, транзакционные издержки, цифровые двойники, организация дорожного движения

### **Введение**

Непрерывная автомобилизация городов и стран мира привела к стремительному росту транспортных проблем, связанных с удовлетворенностью спроса населения на транспортные услуги в городах и агломерациях: резко снижается скорость сообщения пассажиров и скорость оперативной доставки грузов на уличных видах транспорта; загрязняется атмосфера городов отработанными газами автомобилей; повышается аварийность на дорогах; осложняются градостроительные проблемы, связанные с реконструкцией улично-дорожной сети, парковкой и хранением легковых автомобилей и другие проблемы, негативно сказывающиеся на здоровье и качестве жизни людей.

### **Материал и методы**

Такие условия способствовали принятию решений об изменении транспортной политики, от приоритетности моторизованных передвижений, к обеспечению «устойчивой мобильности» населения городов. В основе национальной программы «Цифровая экономика РФ», утвержденной распоряжением Правительства РФ от 28 июля 2017 г. № 1632-р. лежит тезис, определяющий, что цифровая экономика представляет собой хозяйственную деятельность, в которой ключевым фактором производства становятся данные в цифровой форме. Это позволяет фактически формировать информационное пространство с учетом характеристик транспортных инфраструктур, спроса потребителей транспортных услуг и предложений перевозчиков. Целевым результатом функционирования цифровой транспортной экономики должно стать соблюдение баланса между спросом и предложением транспортных услуг и логистики на основе космического мониторинга перевозок с предоставлением сервисных услуг пользователям транспорта.

### **Теория**

Политика устойчивой мобильности признана в 1992 году ООН глобальной стратегической целью в «Повестке XXI века». Концепция устойчивой мобильности оказалась в мире одной из самых востребованных на практике, в рамках противодействия пандемии коронавирусной инфекции COVID-19 [1-4]. Главное отличие нового подхода, от традиционного транспортного планирования, ориентированного на движение автомобилей, ставившего задачу развития транспортной инфраструктуры, в том, что устойчивое транспортное планирование – управляет спросом на транспортные услуги.

Показательным примером служит исследование проведенное американскими учеными. С 1993 по 2017 годы, протяженность хайвеев в Америке увеличилась на 42 %, и транспортные заторы возросли в 2,4 раза [5, 6]. Сработал принцип «индуцированной потребности»

сти», приводящий к постоянному состоянию конфликта спровоцированного спроса. Рост дорожной сети подтолкнул людей к большей интенсивности использования автомобиля.

Предложенный подход «устойчивой мобильности» ориентирован на развитие общественного пассажирского транспорта, который, при должном внимании городских властей, по удобству использования и комфортабельности, безопасности, своей эффективности и доступности, превосходит личные автомобили [9-13]. Подход «устойчивой мобильности» формирует транспортный спрос на устойчивые виды передвижений; интеграцию транспортного и территориального планирования.

#### **Результаты и обсуждение**

В 2020 году было разработано и принято «Руководство по устойчивой городской мобильности и территориальному планированию» ЕЭК ООН 2020 г. [7]. Данное руководство декларирует планирование устойчивой городской мобильности (ПУГМ). Основное отличие заключается в том, что во главу угла ставятся потребности, интересы, здоровье и качество жизни человека [8].

При разработке ПУГМ учитывается возможность достижения поставленных целей в зависимости от специфики города и страны. Основными целями разработки ПУГМ выступают: повышение эффективности транспортного планирования; улучшение благосостояния жителей города; эффективное использование ресурсов города. Основные задачи ПУГМ: проведение обследований транспортного спроса; транспортное моделирование; разработка сценариев развития транспортной системы города; подготовка кадров и повышение квалификации [14].

Принципами внедрения планирования устойчивой городской мобильности, с целью сокращения потребностей в передвижениях, являются: интегрированное развитие городского пространства; приоритет в развитии экологически чистых видов транспорта; снижение уровня аварийности на транспорте [8]. Предпосылки разработки ПУГМ на государственном уровне связаны с международными обязательствами, участие государства в различных международных программах, и возникающие при этом юридические, административные, политические препятствия и противоречия [15].

На начальном этапе разработки плана ПУГМ проводится диагностика текущего состояния транспортной системы и выполняется комплекс обследований и разработка транспортной модели [16-18]. Разработки транспортной модели выполняется в 4-е этапа: 1. Моделирование транспортного предложения; 2. Моделирование транспортного спроса; 3. Расчет распределения транспортных потоков; 4. Проверка адекватности и калибровка модели [19-20].

Важным этапом разработки ПУГМ является разработка сценариев развития устойчивой мобильности, которые дают возможность оценить состояния транспортной системы города в будущем, определить реалистичные мероприятия и индикаторы оценки их результатов. Каждый сценарий предполагает разработку пакета мероприятий, направленных на развитие устойчивой мобильности.

В дополнение к принятой на государственном уровне политики устойчивой мобильности, в марте 2023 г. Министерство транспорта РФ обнародовала Концепцию цифровой трансформации в области организации дорожного движения (ОДД) [21].

Под цифровой трансформацией, понимается глубокая реорганизация, реинжиниринг процессов с широким применением цифровых инструментов в качестве механизмов их исполнения, которая приводит к существенному (в разы) улучшению характеристик процессов (сокращению времени выполнения, исчезновению целых групп подпроцессов, сокращению ресурсов, затрачиваемых на выполнение процессов и т.д.) и/или появлению принципиально новых их качеств и свойств (принятие решений в автоматическом режиме без участия человека и т.д.) [22].

Предлагаемые в Концепции подходы и мероприятия направлены на ускоренную реализацию положений Стратегического направления в области цифровой трансформации транспортной отрасли Российской Федерации до 2030 года, утвержденного Распоряжением Правительства Российской Федерации от 21.12.2021 № 3744-р, которое предусматривает внедрение передовых информационных технологий (искусственного интеллекта, сбор и об-

работка больших данных, системы распределенного реестра, информационное моделирование и др.), в том числе для решения задач по:

- анализу дорожного трафика;
- формированию цифровых моделей транспортной обстановки и оптимального построения маршрутов транспортных средств;
- созданию системы моделирования транспортных потоков;
- созданию и эксплуатации информационной системы учета и планирования работ (затрат) на проектирование, строительство, ремонт и содержание объектов транспортной инфраструктуры.

Концепция учитывает и развивает положения «Концепции обеспечения безопасности дорожного движения с участием беспилотных транспортных средств на автомобильных дорогах общего пользования», утвержденной Распоряжением Правительства Российской Федерации от 25.03.2020 № 724-р. А также дополняет и развивает положения «Концепции создания и функционирования национальной сети интеллектуальных транспортных систем на автомобильных дорогах общего пользования», утвержденной Распоряжением Минтранса России от 30.09.2022 № АК-247-р, в части цифровизации и цифровой трансформации методов и инструментов в области организации и безопасности дорожного движения, как основы для создания интегрированных цифровых сервисов, направленных на обеспечение устойчивой мобильности людей и грузов.

Традиционные подходы к ОДД имеют массу транзакционных издержек. Так у участников движения они возникают при планировании поездки, при корректировке маршрута, при взаимодействии с другими участниками дорожного движения. У организаций ответственных за ОДД, возникают транзакционные издержки при передачи управляющих воздействий, при контроле соблюдения правил, при сборе информации о состоянии объекта, при планировании развития. Концепция цифровой трансформации нацелена на минимизацию (полное исключение) таких издержек. Новые технологии позволят расширить возможности восприятия человека, снизить информационную нагрузку, обеспечить взаимность кооперации, передавать индивидуальные управляющие воздействия, непрерывно контролировать соблюдение правил, детализировать разрешенные режимы движения [23-27].

Одним из ключевых принципов цифровой трансформации в ОДД, обозначено преобразование статических организационных мер и регулирования движения транспортных потоков в дифференцированные (индивидуальные, персонализированные) динамические управляющие воздействия, обеспечивающие наиболее эффективное предоставление услуг мобильности, при соблюдении требуемого баланса государственных, общественных и частных интересов.

Также к ключевым принципам цифровой трансформации в ОДД, следует отнести реализацию модели транспортного обслуживания «мобильность как услуга», которая должна проводиться с учетом взаимодействия транспортных потоков на сети дорог, влияния обслуживания на условия движения и включать элементы управления дорожным движением.

Цифровая трансформация позволит осуществить переход в части разработки документов транспортного планирования и организации дорожного движения на технологии сквозного информационного моделирования (цифровые двойники). С использованием передовых технологий (искусственный интеллект, большие данные, распределительный реестр, квантовые вычисления и др.) на основе цифрового двойника строятся:

- система поддержки принятия решений по развитию транспортной системы региона (города), в автоматизированном режиме осуществляющая поиск набора мероприятий для достижения целевых показателей с минимальными затратами и учетом имеющихся ограничений различного рода;
- система (платформа) оперативного управления транспортной системой (платформа управления мобильностью), включающая управление спросом, дорожным движением, транспортом общего пользования и перевозками грузов.

Цифровая трансформация в ОДД позволит перейти от управления потоком к индиви-

дуальным управляющим воздействиям, таким, как повышение равномерности движения потока посредством «внутренних агентов» в потоке; формирование групп для безопасного проезда регулируемых перекрестков; директивное распределение по оптимальным маршрутам; направление на заранее забронированное парковочное место; кооперация при маневрировании и проезде нерегулированных перекрестков; гибкая приоритезация участников дорожного движения мерами регулирования, а не путем физического выделения инфраструктуры. Цифровая трансформация ОДД позволит перейти от контроля в точках, где установлены камеры наблюдения и другие датчики, к повсеместному и совместному контролю всех участников движения, приближению к оптимальному (теоретическому пределу эффективности) использованию ресурсов УДС.

В основе реализации предложений Концепции лежит гибкий итерационный механизм проектирования и внедрения решений и сервисов с предварительным научным обоснованием, моделированием, тестовой и опытной эксплуатацией, отладкой и настройкой процессов и функций. Ее полная реализация предполагается к 2035 г. Основные задачи и мероприятия по реализации Концепции условно можно разделить на четыре этапа, реализуемых параллельно.

На этапе анализа и первичной цифровизации ключевых процессов (2023-2026 гг.), проводится критический анализ сложившихся технологических, социальных и экономических процессов в области организации дорожного движения, автомобильных перевозок и транспортного планирования, а также механизмов регулирования и управления. Этап трансформации (2024-2030 гг.), предусматривает научно обоснованные remodelирование/реинжиниринг существующих процессов, разработку новых методов и их апробацию в рамках модельных экспериментов, полигонных испытаний, пилотных зон и экспериментальных правовых режимов. На этапе создания цифровой платформы (2025-2030 гг.), разрабатывается прототип интеграционной платформы управления мобильностью для городов и регионов, интегрирующий подход «мобильность как услуга», организация грузовых и иных перевозок, организация и управление дорожным движением и система поддержки принятия решений по развитию транспортной системы. И наконец на этапе автоматизации (2026-2035 гг.), происходит оптимизация и настройка процессов внутри платформы управления мобильностью региона (города), масштабирование успешных решений, прошедших стадию опытной эксплуатации. Внедряются меры по стимулированию использования неподключенных автомобилей. Осуществляется широкое внедрение высокоавтоматизированных транспортных средств (ВАТС), создание зон только для движения ВАТС.

В части мониторинга дорожного движения предполагается постепенный отказ от специализированных стационарных средств мониторинга и переход к анализу параметров движения подключенных транспортных средств.

В части системы предупреждения нарушений правил дорожного движения предполагается как прямой контроль параметров движения подключенных транспортных средств, так и реализация механизма «коллективного правоприменения» путем установки средств фото-видеофиксации нарушений ПДД на различные категории подключенных транспортных средств, в том числе на личные автомобили граждан (на добровольной основе).

В части информирования участников дорожного движения предполагается развитие системы предоставления персональных рекомендаций по тактическому и оперативному управлению автомобилем в режиме реального времени с учетом намерений других участников дорожного движения.

В части управления дорожным движением, по мере распространения подключенных автомобилей, предполагается введение возможности передачи директивных персональных управляющих воздействий, а также использование подключенных автомобилей в качестве исполнительных устройств, передающих управляющие воздействия на окружающих неподключенных участников дорожного движения.

Расширение возможностей кооперации в процессе движения и дифференциация управляющих воздействий позволят перейти к новым более эффективным методам организации и управления дорожным движением, таким как:

- формирование «электронных очередей» для регулирования доступа к перегруженным участкам сети дорог;
- повышение равномерности движения потока посредством «внутренних агентов» в потоке;
- формирование групп для безостановочного проезда регулируемых перекрестков;
- формирование детального профиля скоростного режима вместо общих ограничений;
- директивное распределение по маршрутам;
- направление на заранее забронированное парковочное место;
- кооперация при маневрировании и проезде нерегулируемых перекрестков;
- гибкая приоритизация участников дорожного движения мерами регулирования, а не путем физического выделения инфраструктуры.

Для реализации указанных механизмов регулирования и взаимодействия необходимо проведение системной работы по пересмотру институциональных основ и нормативно-правового регулирования в области организации и обеспечения безопасности дорожного движения.

### **Выводы**

На протяжении продолжительного периода времени, прогрессивные города мира, внедряют принципы устойчивой мобильности населения. Внедрение планирования устойчивой городской мобильности, дало существенные положительные результаты. Увеличился удельный вес активных немоторизованных передвижений, качественно изменились условия для передвижения маломобильных групп населения, увеличен парк экологически чистых транспортных средств, улучшились городское пространство и качество воздуха [28-36].

Цифровая трансформация транспортной системы страны призвана обеспечить реализацию ключевых задач по обеспечению связанности ее территорий. Результатом проведения цифровой трансформации в ОДД, станет значительное повышение эффективности использования ресурса пропускной способности сети дорог; кардинальное уменьшение количества нарушений правил дорожного движения и рисков возникновения ДТП и в перспективе полностью реализовать концепцию нулевой смертности на дорогах.

Проводимые мероприятия позволят обеспечить максимальную эффективность и единство основных принципов функционирования и развития систем обеспечения мобильности во всех регионах и городах Российской Федерации, обеспечат ускоренный переход к цифровой экономике и достижение технологического суверенитета.

Без перехода к устойчивой мобильности сегодня невозможно дальнейшее развитие, как городов, так и эффективное развитие страны в целом.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Smart Growth America. Emergency Stabilization & Economic Recovery Recommendations [Электронный ресурс] / 2020. – Режим доступа: <https://smartgrowthamerica.org/resources/emergency-stabilization-economic-recovery-recommendations>.
2. United Nations Conference on Environment & Development Recommendations [Электронный ресурс] / Rio de Janeiro, Brazil, 1992. – Режим доступа: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/Agenda21.pdf>.
3. Sustainable Cities Programme 1990-2000. A Decade of united nations support for broad-based participatory management of urban development Recommendations [Электронный ресурс] / Режим доступа: [https://issuu.com/unhabitat/docs/1892\\_alt\\_1\\_](https://issuu.com/unhabitat/docs/1892_alt_1_).
4. Комаров В.М., Акимова В.В. Стратегия устойчивой мобильности: лучшие мировые практики // Экономическая политика. - 2021. - Т. 16. - №1. - С. 82-103.
5. Hymel K. If you build it, they will drive: measuring induced demand for vehicle travel in urban areas // Transport Policy. - 2019. - Vol. 76(C). - P. 57-66.
6. Noland R.B., Lem L.L. A review of the evidence for induced travel and changes in transportation and environmental policy in the us and the UK // Transportation Research Part D: Transport and Environment. - 2002. - Vol. 7. - №1. - P. 1-26.
7. Руководство по устойчивой городской мобильности и территориальному планированию ЕЭК ООН, 2020.
8. Планирование устойчивой городской мобильности: монография / И.Н. Пугачев, А.О. Лобашов, Д.В.

Капский и др.; под общ. ред. И.Н. Пугачева. – Хабаровск: ДВГУПС, 2023. – 147 с.

9. Bruntlett M., Bruntlett C. Building the cycling city: the dutch blueprint for urban vitality. - Washington, DC: Island Press, 2018.

10. Cervero R. Freeway deconstruction and urban regeneration in the united states Recommendations [Электронный ресурс] / 2006. – Режим доступа: <https://escholarship.org/uc/item/5fd6n8hr>.

11. Cervero R., Guerra E., Al S. Beyond mobility: planning cities for people and places. - Washington, DC: Island Press, 2017.

12. Cervero R., Kang J., Shively K. From elevated freeways to surface boulevards: neighborhood and housing price impacts in san francisco // Journal of Urbanism. - 2009. - Vol. 2. - №1. - P. 31-50.

13. W. Leal Filho, A.M. Azul, L. Brandli, P.G. Özuyar, T. Wall (eds.) Conticelli E. Compact city as a model achieving sustainable development // Sustainable cities and communities: encyclopedia of the un sustainable development goals. - Cham: Springer, 2019.

14. Куликов Ю.И., Пугачев И.Н. Интерактивные методы обучения студентов по дисциплинам профессионального цикла. Проблемы высшего образования. - 2013. - №1. - С. 198-200.

15. Пугачев И.Н., Куликов Ю.И. Формирование транспортно-логистических кластеров как механизм интеграции России со странами АТР // Транспорт Российской Федерации. - 2012. - №2(39). - С. 17-19.

16. Пугачев И.Н., Куликов Ю.И., Седюкевич В.Н. Показатели качественного функционирования транспортного комплекса Российской Федерации // Наука и техника. - 2015. - №3. - С. 51-60.

17. Пугачёв И.Н., Володькин П.П. Прогнозирование развития системы городского пассажирского транспорта в условиях крупного города // Вестник Тихоокеанского государственного университета. - 2010. - №1(16). - С. 91-98.

18. Пугачёв И.Н., Куликов Ю.И., Маркелов Г.Я. Инновационные подходы в решении проблем развития городского транспорта (на примере г. Хабаровска) // Грузовое и пассажирское автохозяйство. - 2013. - №11. - С. 38-43.

19. Пугачев И.Н., Маркелов Г.Я., Бурков С.М. Формирование ИТС. Методика исследования инфраструктуры на примере города Хабаровска. - Хабаровск, 2013.

20. Пугачев И.Н., Маркелов Г.Я., Тормозов В.С. Методика подсчета транспортных средств с использованием космических снимков сверхвысокого пространственного разрешения // Вестник Тихоокеанского государственного университета. - 2017. - №2(45). - С. 13-20.

21. ОАО «НИИАТ» провело Научно-практическую конференцию «Планирование городских транспортных систем: качество, доступность, эффективность» [Электронный ресурс] / 2023. – Режим доступа: <https://www.niiat.ru/information/novosti/oaoniiatprovvelo-nauchno-prakticheskuyu-konferenciuyu-planirovanie-gorodskih-transportnyh-sistem-kachestvo-dostupnost-effektivno/>

22. Стратегия цифровой трансформации: написать, чтобы выполнить / под ред. Е.Г. Потаповой, П.М. Потева, М.С. Шклярчук. – М.: РАНХиГС, 2021. – 184 с.

23. Пугачев И.Н., Пегин П.А. Дорожная и психофизиологическая экспертиза дорожно-транспортных происшествий: Учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Организация и безопасность движения (Автомобильный транспорт)» направления подготовки «Организация перевозок и управление на транспорте». - Хабаровск, 2008.

24. Пугачёв И.Н., Каменчуков А.В., Ярмолинский В.А., Шешера Н.Г. Комплексный подход к повышению безопасности дорожного движения на основе анализа транспортно-эксплуатационного состояния автомобильной дороги. Дороги и мосты, 2018. - №1(39). – 21 с.

25. Пугачев И.Н., Шешера Н.Г., Каменчуков А.В. Совершенствование методов оценки качества и безопасности дорожного движения. - Хабаровск, 2018.

26. Pugachev I., Kulikov Y., Cheglov V. Features of traffic organization and traffic safety in cities // Transportation Research Procedia. - 14. Сер. «14th International Conference on organization and traffic safety management in large cities, OTS 2020». - 2020. - С. 766-772.

27. Pugachev I., Kulikov Y., Yarmolinsky A. Current trends in development of the transport infrastructure of large cities of the far east, Russia // Transportation Research Procedia. - 2018. - С. 622-626.

28. Dempsey N., Jenks M. The future of the compact city // Built Environment. - 2010. - Vol. 36. - №1. - P. 116-121.

29. Downs A. The law of peak-hour expressway congestion // Traffic Quarterly. - 1962. - Vol. 16. - №3. - P. 393-409.

30. Enoch M. Sustainable transport, mobility management and travel plans. - Farnham: Ashgate Press, 2012.

31. Gehl J. Cities for people. - Washington, DC: Island Press, 2010.

32. Handy S. Smart growth and the transportation-land use connection: what does the research tell us? // International regional science review. - 2005. - Vol. 28. - №2. - P. 146-167.

33. Lewis D. Estimating the Influence of public policy on road traffic levels in Greater London // Journal of transport economics and policy. - 1977. - Vol. 11. - №2. - P. 155-168.

34. Litman T. Congestion evaluation best practices [Электронный ресурс] / 2014. – Режим доступа: [https://www.vtpi.org/ITED\\_congestion.pdf](https://www.vtpi.org/ITED_congestion.pdf).

35. Litman T. Evaluating complete streets: the value of designing roads for diverse modes, users and activities [Электронный ресурс] / 2015. – Режим доступа: <https://www.semanticscholar.org/paper/Evaluating-CompleteStreets%3A-The-Value-of-Designing-Litman/4f6dd979f28db5cd2a1b0b312faa4763a18041de>.

36. Litman T. Generated traffic: implications for transport planning // ITE Journal. - 2001. - Vol. 71. - №4. - P. 38-47.

**Пугачев Игорь Николаевич**

Хабаровский федеральный исследовательский центр Дальневосточного отделения РАН

Адрес: 680022, Россия, г. Хабаровск, ул. Героев Пассаров, 43/4

Д.т.н., профессор каф. «Изыскания и проектирования железных и автомобильных дорог»

E-mail: i\_pugachev@khfrc.ru

**Капский Денис Васильевич**

Белорусский национальный технический университет (БНТУ)

Адрес: 220072, Республика Беларусь, г. Минск, Пр-т независимости, 66

Д.т.н., профессор каф. «Транспортные системы и технологии»

E-mail: d.kapsky@gmail.com

---

I.N. PUGACHEV, D.V. KAPSKY

**DEVELOPMENT OF SUSTAINABLE URBAN MOBILITY PLANS AND  
DIGITAL TRANSFORMATION IN THE FIELD OF TRAFFIC  
MANAGEMENT, THE WAY TO FURTHER URBAN DEVELOPMENT AND  
THE COUNTRY AS A WHOLE**

*Abstract.* The principles of sustainable urban mobility and the features of its planning are considered, as well as the proposed Concept of digital transformation in the field of traffic management, its key principles are given.

*Keywords:* sustainable urban mobility planning, digital transformation, transaction costs, digital twins, traffic management

**BIBLIOGRAPHY**

1. Smart Growth America. Emergency Stabilization & Economic Recovery Recommendations [Elektronnyy resurs] / 2020. - Rezhim dostupa: <https://smartgrowthamerica.org/resources/emergency-stabilization-economic-recovery-recommendations>.

2. United Nations Conference on Environment & Development Recommendations [Elektronnyy resurs] / Rio de Janerio, Brazil, 1992. - Rezhim dostupa: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/Agenda21.pdf>.

3. Sustainable Cities Programme 1990-2000. A Decade of united nations support for broad-based participatory management of urban development Recommendations [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: [https://issuu.com/unhabitat/docs/1892\\_alt\\_1\\_](https://issuu.com/unhabitat/docs/1892_alt_1_).

4. Komarov V.M., Akimova V.V. Strategiya ustoychivoy mobil'nosti: luchshie mirovye praktiki // Ekonomicheskaya politika. - 2021. - T. 16. - №1. - S. 82-103.

5. Hymel K. If you build it, they will drive: measuring induced demand for vehicle travel in urban areas // Transport Policy. - 2019. - Vol. 76(C). - P. 57-66.

6. Noland R.B., Lem L.L. A review of the evidence for induced travel and changes in transportation and environmental policy in the us and the UK // Transportation Research Part D: Transport and Environment. - 2002. - Vol. 7. - №1. - P. 1-26.

7. Rukovodstvo po ustoychivoy gorodskoy mobil'nosti i territorial'nomu planirovaniyu EEK OON, 2020.

8. Planirovanie ustoychivoy gorodskoy mobil'nosti: monografiya / I.N. Pugachev, A.O. Lobashov, D.V. Kap-skiy i dr.; pod obshch. red. I.N. Pugacheva. - Habarovsk: DVGUPS, 2023. - 147 s.

9. Bruntlett M., Bruntlett C. Building the cycling city: the dutch blueprint for urban vitality. - Washington, DC: Island Press, 2018.

10. Cervero R. Freeway deconstruction and urban regeneration in the united states Recommendations [Elektronnyy resurs] / 2006. - Rezhim dostupa: <https://escholarship.org/uc/item/5fd6n8hr>.

11. Cervero R., Guerra E., Al S. Beyond mobility: planning cities for people and places. - Washington, DC: Island Press, 2017.

12. Cervero R., Kang J., Shively K. From elevated freeways to surface boulevards: neighborhood and housing price impacts in san francisco // Journal of Urbanism. - 2009. - Vol. 2. - №1. - P. 31-50.

13. W. Leal Filho, A.M. Azul, L. Brandli, P.G. ?zuyar, T. Wall (eds.) Conticelli E. Compact city as a model achieving sustainable development // Sustainable cities and communities: encyclopedia of the un sustainable devel-

opment goals. - Cham: Springer, 2019.

14. Kulikov Yu.I., Pugachev I.N. Interaktivnye metody obucheniya studentov po distsiplinam professional'nogo tsikla. Problemy vysshego obrazovaniya. - 2013. - №1. - S. 198-200.

15. Pugachev I.N., Kulikov Yu.I. Formirovanie transportno-logisticheskikh klasterov kak mekhanizm integratsii Rossii so stranami ATR // Transport Rossiyskoy Federatsii. - 2012. - №2(39). - S. 17-19.

16. Pugachev I.N., Kulikov Yu.I., Sedyukevich V.N. Pokazateli kachestvennogo funktsionirovaniya transportnogo kompleksa Rossiyskoy Federatsii // Nauka i tekhnika. - 2015. - №3. - S. 51-60.

17. Pugachiov I.N., Volod`kin P.P. Prognozirovaniye razvitiya sistemy gorodskogo passazhirskogo transporta v usloviyakh krupnogo goroda // Vestnik Tikhookeanskogo gosudarstvennogo universiteta. - 2010. - №1(16). - S. 91-98.

18. Pugachiov I.N., Kulikov Yu.I., Markelov G.Ya. Innovatsionnye podkhody v reshenii problem razvitiya gorodskogo transporta (na primere g. Habarovska) // Gruzovoe i passazhirskoe avtokhozyaystvo. - 2013. - №11. - S. 38-43.

19. Pugachev I.N., Markelov G.Ya., Burkov S.M. Formirovanie ITS. Metodika issledovaniya infrastruktury na primere goroda Habarovska. - Habarovsk, 2013.

20. Pugachev I.N., Markelov G.Ya., Tormozov V.S. Metodika podscheta transportnykh sredstv s ispol`zovaniem kosmicheskikh snimkov sverkhvysokogo prostranstvennogo razresheniya // Vestnik Tikhookeanskogo gosudarstvennogo universiteta. - 2017. - №2(45). - S. 13-20.

21. OAO «НИИТ» provelo Nauchno-prakticheskuyu konferentsiyu «Planirovanie gorodskikh transportnykh sistem: kachestvo, dostupnost`, effektivnost`» [Elektronnyy resurs] / 2023. - Rezhim dostupa: <https://www.niiat.ru/information/novosti/oao-niiat-provelo-nauchno-prakticheskuyu-konferentsiyu-planirovanie-gorodskikh-transportnykh-sistem-kachestvo-dostupnost-effektivno/>

22. Strategiya tsifrovoy transformatsii: napisat`, chtoby vypolnit` / pod red. E.G. Potapovoy, P.M. Poteeva, M.S. Shklyaruk. - M.: RANHiGS, 2021. - 184 s.

23. Pugachev I.N., Pegin P.A. Dorozhnaya i psikhofiziologicheskaya ekspertiza dorozhno-transportnykh proisshestviy: Uchebnoe posobie dlya studentov vuzov, obuchayushchikhsya po spetsial`nosti «Organizatsiya i bezopasnost` dvizheniya (Avtomobil`nyy transport)» napravleniya podgotovki «Organizatsiya perevozok i upravlenie na transporte». - Habarovsk, 2008.

24. Pugachiov I.N., Kamenchukov A.V., Yarmolinskiy V.A., Sheshera N.G. Kompleksnyy podkhod k povysheniyu bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya na osnove analiza transportno-ekspluatatsionnogo sostoyaniya avtomobil`noy dorogi. Dorogi i mosty, 2018. - №1(39). - 21 s.

25. Pugachev I.N., Sheshera N.G., Kamenchukov A.V. Sovershenstvovanie metodov otsenki kachestva i bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya. - Habarovsk, 2018.

26. Pugachev I., Kulikov Y., Cheglov V. Features of traffic organization and traffic safety in cities // Transportation Research Procedia. - 14. Ser. «14th International Conference on organization and traffic safety management in large cities, OTS 2020». - 2020. - S. 766-772.

27. Pugachev I., Kulikov Y., Yarmolinsky A. Current trends in development of the transport infrastructure of large cities of the far east, Russia // Transportation Research Procedia. - 2018. - S. 622-626.

28. Dempsey N., Jenks M. The future of the compact city // Built Environment. - 2010. - Vol. 36. - №1. - P. 116-121.

29. Downs A. The law of peak-hour expressway congestion // Traffic Quarterly. - 1962. - Vol. 16. - №3. - P. 393-409.

30. Enoch M. Sustainable transport, mobility management and travel plans. - Farnham: Ashgate Press, 2012.

31. Gehl J. Cities for people. - Washington, DC: Island Press, 2010.

32. Handy S. Smart growth and the transportation-land use connection: what does the research tell us? // International regional science review. - 2005. - Vol. 28. - №2. - P. 146-167.

33. Lewis D. Estimating the Influence of public policy on road traffic levels in Greater London // Journal of transport economics and policy. - 1977. - Vol. 11. - №2. - P. 155-168.

34. Litman T. Congestion evaluation best practices [Elektronnyy resurs] / 2014. - Rezhim dostupa: [https://www.vtpi.org/ITED\\_congestion.pdf](https://www.vtpi.org/ITED_congestion.pdf).

35. Litman T. Evaluating complete streets: the value of designing roads for diverse modes, users and activities [Elektronnyy resurs] / 2015. - Rezhim dostupa: <https://www.semanticscholar.org/paper/Evaluating-CompleteStreets%3A-The-Value-of-Designing-Litman/4f6dd979f28db5cd2a1b0b312faa4763a18041de>.

36. Litman T. Generated traffic: implications for transport planning // ITE Journal. - 2001. - Vol. 71. - №4. - P. 38-47.

**Pugachev Igor Nikolaevich**

Khabarovsk Federal Research Center of the Far Eastern  
Branch of the Russian Academy of Sciences  
Address: 680022, Russia, Khabarovsk  
Doctor of technical sciences  
E-mail: i\_pugachev@khfrc.ru

**Kapsky Denis Vasilyevich**

Belarusian National Technical University (BNTU)  
Address: 220072, Republic of Belarus, Minsk  
Doctor of technical sciences  
E-mail: d.kapsky@gmail.com

Научная статья

УДК 656.02

doi:10.33979/2073-7432-2023-3-2(82)-100-105

А.В. КУЛЕВ, Е.М. МИНАЕВА

## ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА В СФЕРЕ ПЕРЕВОЗОК ПАССАЖИРОВ

**Аннотация.** В статье выполнен анализ существующих методов определения показателей качества пассажирских перевозок. Выявлено снижение объемов перевозок пассажиров в Российской Федерации и снижение спроса на услуги общественного транспорта. Рассмотрены нормативно-правовые документы данной сферы услуг. Выполнен анализ системы городского пассажирского транспорта и взаимодействия между ее элементами. Установлены ограничения, которые не позволяют эффективно оценивать качество, а, следовательно, и эффективно организовывать работу пассажирского транспорта в субъектах Российской Федерации.

**Ключевые слова:** общественный транспорт, качество, пассажир, перевозка, транспортная услуга

### Введение

По данным Федеральной службы государственной статистики [1] в Российской Федерации наблюдается ежегодное снижение количества перевезенных пассажиров автобусным транспортом общего пользования (рис. 1). Резкий спад в 2020-2021 годах объясняется принятыми мерами в рамках борьбы с распространением новой коронавирусной инфекции (COVID-19), которые имели сильное воздействие на транспортную отрасль, а в частности на перевозки пассажиров. Но даже этот факт не мешает выявить явный тренд на снижение.

Спад спроса на услуги общественного транспорта оказывает негативное воздействие на всю транспортную отрасль, так как приводит к увеличению использования индивидуального транспорта, который по провозным возможностям сильно уступает вместительному парку общественного транспорта. Это неминуемо ведет к росту интенсивности дорожного движения, а, следовательно, к транспортным заторам. Администрациям городов приходится все больше тратить средств на строительство дорог, пытаясь повышать их пропускную способность.

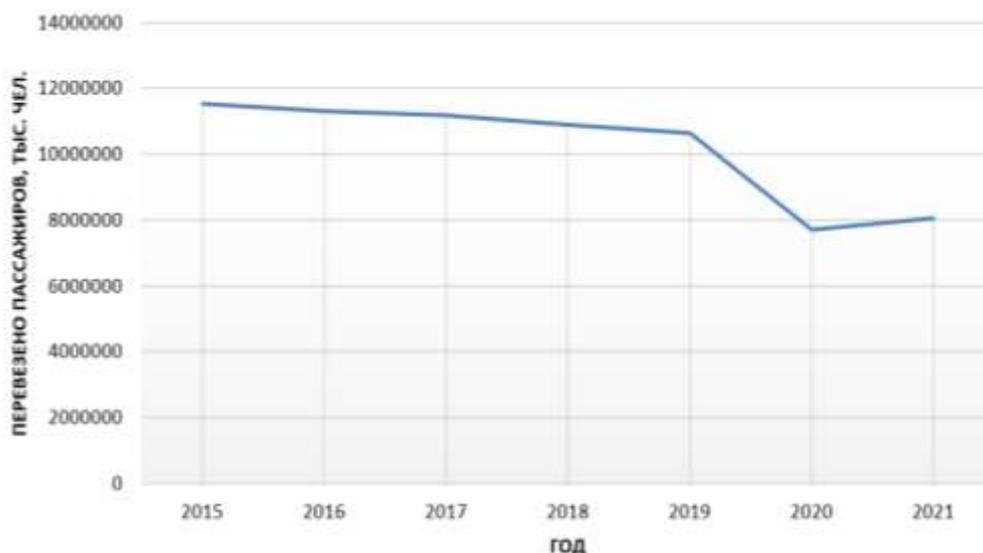


Рисунок 1 – Динамика изменения количества перевезенных пассажиров автобусным транспортом общего пользования в Российской Федерации

Основным фактором, оказывающим негативное влияние на спрос услуг общественного транспорта, является их низкая привлекательность у пассажиров (основных потребителей данных услуг). Исторически систему городского пассажирского транспорта принято рассматривать как взаимодействие трех участников: перевозчик, администрация города и пассажир (рис. 2).

У каждого элемента данной системы имеются ожидания от самой системы. Например, для перевозчика важны такие факторы: максимализация прибыли, которая как правило заключается в высокой стоимости проезда и сокращении эксплуатационных затрат. Пассажир заинтересован в скорости сообщения, комфорте, снижении стоимости проезда, маленьких интервалах движения и т.д. Город заинтересован в эффективности функционирования в целом: отсутствие жалоб от пассажиров, бесперебойная работа автобусов на маршруте, снижение влияния работы общественного транспорта на возникновение транспортных заторов и т.д.

Как видно из перечисленных выше ожиданий, многие из них находятся в противоречии друг с другом. В такой ситуации понятно, что необходимо находить компромиссные решения между всеми участниками системы перевозок пассажиров. Однако, самым уязвленным элементом является пассажир. Фактически отсутствуют методики организации пассажирских перевозок, где бы учитывалось мнение пассажиров. И даже показатели качества транспортного обслуживания населения почти не отражают представление пассажиров о том, какой должна быть система городского пассажирского транспорта.

#### Материал и методы

Проблемы повышения привлекательности городского общественного транспорта является важной социально-значимой задачей, решению которой посвящены труды многих ученых: Д. В. Капский [2-3], В. Э. Клявин, Ю. Н. Ризаева [4], В. А. Гудков, Л. Б. Миротин, А. В. Вельможин [5], В. В. Епифанов [6], В. В. Зырянов [7], С. В. Еремин [8], А. А. Кудрявцев [9], М. Е. Корягин [10] и др [11].

Основным фактором эффективности функционирования системы городского пассажирского транспорта следует считать его качество. Номенклатуру показателей качества пассажирских перевозок в Российской Федерации устанавливает Государственный стандарт РФ ГОСТ Р 51004-96, который принят и введен в действие Постановлением Госстандарта России от 25 декабря 1996 г. № 701 (Рисунок 3).

Так же рассматриваемый стандарт предусматривает возможность использования дополнительно экономических показателей перевозок, таких как: стоимость проезда от пункта отправления до пункта назначения, стоимость дополнительных услуг в пути следования и т.д.

Однако, данный нормативный документ не выставляет конкретных требований к значениям, не раскрывает методов получения информации, расчета и оценки значений показателей качества. Поэтому долгое время большое затруднение в России вызывала проблема как собственного оценивать качество пассажирских перевозок.

31 января 2017 года распоряжением министерства транспорта Российской Федерации № НА-19-р был утвержден социальный стандарт транспортного обслуживания населения (рис. 4) [2].



Рисунок 2 – Участники системы перевозок пассажиров городским общественным транспортом общего пользования



Рисунок 3 – Показатели качества пассажирских перевозок



**Рисунок 4 – Показатели качества в соответствии с социальным стандартом транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом**

Данный нормативный документ устанавливает рекомендуемый уровень и показатели качества транспортного обслуживания населения по характеристикам надежности, доступности и комфорта.

В соответствии с данным нормативным документом оценка качества в области перевозок пассажиров оценивается на основе баллов по каждому из показателей (максимум 10 баллов за каждый показатель).

В документе отсутствует методология определения различных показателей качества, например, ценовая доступность.

**Теория / Расчет**

Социальный стандарт транспортного обслуживания населения оценивает качество пассажирских перевозок в виде интегрального показателя:

$$KO = \frac{B_n}{B_m} \cdot 100\% , \tag{1}$$

где  $B_n$  - количество набранных баллов, посчитанное суммированием баллов, присвоенных показателям;

$B_m$  - максимально возможное количество баллов (150 баллам для населенных пунктов с численностью населения менее 250 человек и 140 баллам для остальных населенных пунктов).

Таким образом социальный стандарт транспортного обслуживания населения оперирует 3-мя категориями показателей качества, формулы для расчетов и значения, которые рекомендуется принимать субъектам Российской Федерации для разработки собственных стандартов. В тоже время он не дает ответа каким образом следует получать те или иные данные для расчетов иными словами не содержит методики сбора исходных данных.

Однако, если обратиться к определению термина качество услуги – это мера того, насколько хорошо уровень предоставляемых услуг соответствует ожиданиям клиента [13], то выясняется главный недостаток рассматриваемых нормативно-правовых документов – это отсутствие учета мнения пассажиров, которые и являются клиентами пассажирского транспорта. А без этого важного фактора невозможно выстроить такую систему, которая станет

по-настоящему эффективной. Не будет наблюдаться перехода от использования личного транспорта к общественному транспорту общего пользования. А, следовательно, и дальше будет усугубляться ситуация с транспортными заторами.

Распоряжением Министерства транспорта РФ от 22 июля 2021 г. № АК-150-р утверждены методики расчета показателей федерального проекта «Модернизация пассажирского транспорта в городских агломерациях», в котором представлена методика расчета показателя «Удовлетворенность качеством транспортного обслуживания пассажирским транспортом общего пользования в городских агломерациях» [14]. Алгоритм формирования показателя определяется по формуле:

$$P = \frac{(P1 + P2 + P3 + P4 + P5 + P6 + P7 + P8 + P9 + P10 + P11 + P12 + P13 + P14)}{14}. \quad (2)$$

Как можно заметить данный показатель является по сути дела средним арифметическим четырнадцати факторов (рис. 5).

P1	•доля пользователей, указавших на удовлетворенность внешним видом транспортных средств на территории городской агломерации, в общем числе обследуемых пользователей за отчетный период, %
P2	•доля пользователей, указавших на удовлетворенность внешним видом маршрутного персонала на территории городской агломерации, в общем числе обследуемых пользователей за отчетный период, %
P3	•доля пользователей, указавших на удовлетворенность комфортом салона транспортных средств на территории городской агломерации, в общем числе обследуемых пользователей за отчетный период, %
P4	•доля пользователей, указавших на удовлетворенность санитарным состоянием салона транспортных средств на территории городской агломерации, в общем числе обследуемых пользователей за отчетный период, %
P5	•доля пользователей, указавших на удовлетворенность стоимостью проезда в транспортных средствах на территории городской агломерации, в общем числе обследуемых пользователей за отчетный период
P6	•доля пользователей, указавших на удовлетворенность формой оплаты проезда в транспортных средствах на территории городской агломерации, в общем числе обследуемых пользователей за отчетный период, %
P7	•доля пользователей, указавших на удовлетворенность безопасностью проезда пассажира и провоза багажа в транспортных средствах на территории городской агломерации, в общем числе обследуемых пользователей за отчетный период, %
P8	•доля пользователей, указавших на удовлетворенность качеством управления транспортными средствами, на территории городской агломерации, в общем числе обследуемых пользователей за отчетный период, %
P9	•доля пользователей, указавших на удовлетворенность удобством остановочных пунктов на территории городской агломерации, в общем числе обследуемых пользователей за отчетный период, %
P10	•доля пользователей, указавших на удовлетворенность информационным обеспечением работы общественного транспорта на территории городской агломерации, в общем числе обследуемых пользователей за отчетный период, %
P11	•доля пользователей, указавших на удовлетворенность вежливостью маршрутного персонала транспортных средств на территории городской агломерации, в общем числе обследуемых пользователей за отчетный период, %
P12	•доля пользователей, указавших на удовлетворенность компетентностью маршрутного персонала транспортных средств на территории городской агломерации, в общем числе обследуемых пользователей за отчетный период, %
P13	•доля пользователей, указавших на удовлетворенность удобством маршрутной сети (в том числе расписанием, интервалами движения) на территории городской агломерации, в общем числе обследуемых пользователей за отчетный период, %
P14	•доля пользователей, указавших на удовлетворенность надежностью транспортного обслуживания (соблюдение расписания движения транспортных средств) на территории городской агломерации, в общем числе обследуемых пользователей за отчетный период, %

Рисунок 5 – Показатели качества в соответствии с распоряжением Министерства транспорта РФ от 22 июля 2021 г. № АК-150-р

### Результаты и обсуждение

Предложенная методика с одной стороны учитывает мнение клиентов транспортной услуги, но с другой стороны, в случае, неудовлетворительного значения данного показателя, остается не ясно какие именно необходимо предпринимать меры для повышения качества (например, если уменьшать интервал движения, то на каком маршруте это нужно делать).

Более того применение усредненных значений по перечню из 14 показателей не является объективной оценкой качества транспортного обслуживания, так как критерии не равнозначны между собой [3].

### Выводы

Таким образом можно сделать вывод о том, что в настоящее время имеется тенденция к совершенствованию показателей качества в области пассажирских перевозок, однако в большинстве своем учитывается позиция только двух участников данного рынка услуг: перевозчика и администрации города [16-20]. Таким образом почти невозможно достигнуть смещения приоритета в выборе общественного транспорта у населения в условиях наличия собственного легкового автомобиля.

Требуется разработка новых методик в сфере организации пассажирских перевозок, учитывающих мнение третьего участника данного рынка услуг – пассажиров. Такой подход

может обеспечить переход к более интенсивному использованию общественного транспорта и снижению поездок на личном транспорте.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики [Электронный ресурс] / Режим доступа: [gosstat.gov.ru](http://gosstat.gov.ru)
2. Капский Д.В., Скирковский С.В., Лю Ю. Анализ условий размещения остановочных пунктов на магистральной сети крупнейшего симбиотического города // Мир транспорта и технологических машин. – 2023. – №1-2(80). – С. 28-36.
3. Семченков С.С., Капский Д.В., Лобашов А.О. Секторальный метод повышения эффективности маршрутного пассажирского транспорта // Мир транспорта и технологических машин. – 2023. – №1-2(80). – С. 64-73.
4. Клявин В.Э., Ризаева Ю.Н., Гринченко А.В. Комплексный показатель качества пассажирских перевозок автомобильным транспортом // Мир транспорта и технологических машин. – 2023. – №2(81). – С. 51-57.
5. Пассажирские автомобильные перевозки: учебник для вузов / В.А. Гудков, Л.Б. Миротин, А.В. Вельможин, С.А. Ширяев; под ред. В.А. Гудкова. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 448 с.
6. Епифанов В.В. Программно-целевой подход установления взаимосвязи параметров пассажирских перевозок на общественном автомобильном транспорте // Мир транспорта и технологических машин. – 2023. – №2(81). – С. 74-80.
7. Зырянов В.В., Ветрова Т.А. Коэффициент эталонности пространственно-геометрических характеристик маршрута // Мир транспорта и технологических машин. – 2022. – №2(77). – С. 46-53.
8. Еремин С.В. Оптимизация структуры парка подвижного состава городского пассажирского транспорта в общей многокритериальной постановке // Мир транспорта и технологических машин. – 2022. – №1(76). – С. 62-68.
9. Кудрявцев А.А., Мишель Ф.Ф. Технологии автоматического подсчета пассажиров в беспилотных пассажирских транспортных средствах // Мир транспорта и технологических машин. – 2021. – №4(75). – С. 74-82.
10. Корягин М.Е. Оптимизация управления городскими пассажирскими перевозками на основе конфликтно-устойчивых решений: Дис. ... д-ра техн. наук. – Новокузнецк, 2011. – 303 с.
11. ГОСТ Р 51004-96. Услуги транспортные. Пассажирские перевозки. Номенклатура показателей качества. – М.: Госстандарт, 1996.
12. Социальный стандарт транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом: Распоряжение Минтранса России от 31.01.2017 НА-19-р.
13. Крылова Г.Д., Соколова М.И. Маркетинг: теория и практика: Учебник. – Москва: Магистр, 2009. – 493 с.
14. Об утверждении методик расчета показателей федерального проекта «Модернизация пассажирского транспорта в городских агломерациях» национального проекта «Безопасные качественные дороги»: Распоряжение Министерства транспорта РФ от 22 июля 2021 г. № АК-150-р.
15. Белогребень А.А., Донченко В.В. О внедрении стандартов транспортного обслуживания населения // Научный вестник автомобильного транспорта. – 2021. – №4. – С. 24-38.
16. Луконькина К.А., Епифанов В.В. Повышение качества пассажирских автомобильных перевозок на основе методологии структурирования функции качества (QFD) // Грузовик. – 2019. – №9. – С. 30-35.
17. Болотин Н.А. Социологический опрос как метод улучшения качества пассажирских перевозок // Проблемы науки. – 2018. – №6(30). – С. 25-27.
18. Широкопад О.А., Володькин П.П. Информационно-технологическое обеспечение повышения качества пассажирских перевозок в Приморском крае // Автомобильный транспорт Дальнего Востока. – 2018. – №1. – С. 328-333.
19. Белокуров В.П., Кораблев Р.А., Авдеев Г.А. и др. К вопросу оценки качества обслуживания пассажирских перевозок // Воронежский научно-технический Вестник. – 2019. – Т. 4. - №4(30). – С. 77-82.
20. Луконькина К.А., Епифанов В.В. Обоснование показателей качества межрегиональных пассажирских перевозок с применением экспертного метода // Вестник Ульяновского государственного технического университета. – 2019. – №4(88). – С. 59-63.

**Кулев Андрей Владимирович**

Орловский государственный университет  
имени И.С. Тургенева  
Адрес: 302026, Россия, г. Орел, ул. Московская, д. 77  
К.т.н., доцент кафедры сервиса и ремонта машин  
E-mail: [andrew.ka@mail.ru](mailto:andrew.ka@mail.ru)

**Минаева Екатерина Михайловна**

Орловский государственный университет  
имени И.С. Тургенева  
Адрес: 302026, Россия, г. Орел, ул. Московская, д. 77  
Студент  
E-mail: [srmostu@mail.ru](mailto:srmostu@mail.ru)

---

A.V. KULEV, E.M. MINAEVA

### PROBLEMS OF QUALITY IMPROVEMENT IN THE FIELD OF PASSENGER TRANSPORTATION

*Abstract.* The article analyzes the existing methods for determining the quality indicators of passenger transportation. A decrease in passenger traffic volumes in the Russian Federation and a decrease in demand for public transport services were revealed. The regulatory and legal docu-

*ments of this service sector are considered. There are restrictions that do not allow to effectively assess the quality, and, consequently, to effectively organize the work of passenger transport in the subjects of the Russian Federation.*

**Keywords:** *public transport, quality, passenger, transportation, transport service*

1. Ofitsial`nyy sayt Federal`noy sluzhby gosudarstvennoy statistiki [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: rosstat.gov.ru
2. Kapskiy D.V., Skirkovskiy S.V., Lyu Yu. Analiz usloviy razmeshcheniya ostanovochnykh punktov na ma-gistral`noy seti krupneyshego simbioticheskogo goroda // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin.* - 2023. - №1-2(80). - S. 28-36.
3. Semchenkov S.S., Kapskiy D.V., Lobashov A.O. Sektoral`nyy metod povysheniya effektivnosti marshrutnogo passazhirskogo transporta // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin.* - 2023. - №1-2(80). - S. 64-73.
4. Klyavin V.E., Rizaeva Yu.N., Grinchenko A.V. Kompleksnyy pokazatel` kachestva passazhirskikh perevozok avtomobil`nym transportom // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin.* - 2023. - №2(81). - S. 51-57.
5. Passazhirskie avtomobil`nye perevozki: uchebnik dlya vuzov / V.A. Gudkov, L.B. Mirotin, A.V. Vel`mozhin, S.A. Shiryaev; pod red. V.A. Gudkova. - M.: Goryachaya liniya - Telekom, 2006. - 448 s.
6. Epifanov V.V. Programmno-tselevoy podkhod ustanovleniya vzaimosvyazi parametrov passazhirskikh perevozok na obshchestvennom avtomobil`nom transporte // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin.* - 2023. - №2(81). - S. 74-80.
7. Zyryanov V.V., Vetrova T.A. Koeffitsient etalonnosti prostranstvenno-geometricheskikh kharakteristik marshruta // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin.* - 2022. - №2(77). - S. 46-53.
8. Eremin S.V. Optimizatsiya struktury parka podvizhnogo sostava gorodskogo passazhirskogo transporta v obshchey mnogokriterial`noy postanovke // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin.* - 2022. - №1(76). - S. 62-68.
9. Kudryavtsev A.A., Mishel` F.F. Tekhnologii avtomaticheskogo podscheta passazhirov v bespi-lotnykh passazhirskikh transportnykh sredstvakh // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin.* - 2021. - №4(75). - S. 74-82.
10. Koryagin M.E. Optimizatsiya upravleniya gorodskimi passazhirskimi perevozkami na osnove konfliktno-ustoychivyykh resheniy: Dis. ... d-ra tekhn. nauk. - Novokuznetsk, 2011. - 303 s.
11. GOST R 51004-96. Uslugi transportnye. Passazhirskie perevozki. Nomenklatura pokazateley ka-chestva. - M.: Gosstandart, 1996.
12. Sotsial`nyy standart transportnogo obsluzhivaniya naseleniya pri osushchestvlenii perevozok pas-sazhirov i bagazha avtomobil`nym transportom i gorodskim nazemnym elektricheskim transportom: Rasporyazhenie Mintransa Rossii ot 31.01.2017 NA-19-r.
13. Krylova G.D., Sokolova M.I. Marketing: teoriya i praktika: Uchebnik. - Moskva: Magistr, 2009. - 493 s.
14. Ob utverzhdenii metodik rascheta pokazateley federal`nogo proekta «Modernizatsiya passazhir-skogo transporta v gorodskikh aglomeratsiyakh» natsional`nogo proekta «Bezopasnye kachestvennye dorogi»: Rasporyazhenie Ministerstva transporta RF ot 22 iyulya 2021 g. № AK-150-r.
15. Belogreben` A.A., Donchenko V.V. O vnedrenii standartov transportnogo obsluzhivaniya nasele-niya // *Nauchnyy vestnik avtomobil`nogo transporta.* - 2021. - №4. - S. 24-38.
16. Lukon`kina K.A., Epifanov V.V. Povyshenie kachestva passazhirskikh avtomobil`nykh perevozok na osnove metodologii strukturirovaniya funktsii kachestva (QFD) // *Gruzovik.* - 2019. - №9. - S. 30-35.
17. Bolotin N.A. Sotsiologicheskii opros kak metod uluchsheniya kachestva passazhirskikh perevozok // *Problemy nauki.* - 2018. - №6(30). - S. 25-27.
18. Shirokorad O.A., Volod`kin P.P. Informatsionno-tekhnologicheskoe obespechenie povysheniya kachestva passazhirskikh perevozok v Primorskom krae // *Avtomobil`nyy transport Dal`nego Vostoka.* - 2018. - №1. - S. 328-333.
19. Belokurov V.P., Korablev R.A., Avdeev G.A. i dr. K voprosu otsenki kachestva obsluzhivaniya pas-sazhirskikh perevozok // *Voronezhskiy nauchno-tekhnicheskii Vestnik.* - 2019. - T. 4. - №4(30). - S. 77-82.
20. Lukon`kina K.A., Epifanov V.V. Obosnovanie pokazateley kachestva mezhregional`nykh passa-zhirskikh perevozok s primeneniem ekspertnogo metoda // *Vestnik Ul`yanovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta.* - 2019. - №4(88). - S. 59-63.

**Kulev Andrei Vladimirovich**

Orel State University  
Address: 302026, Russia, Orel, Moscovskaya str., 77  
Candidate of technical sciences  
Email: andrew.ka@mail.ru

**Minaeva Ekaterina Mikhailovna**

Orel State University  
Address: 302026, Russia, Orel, Moscovskaya str., 77  
Student  
Email: srmostu@mail.ru

Научная статья

УДК 629.4

doi:10.33979/2073-7432-2023-3-2(82)-100-112

И.А. ГРЕБНЕВ

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ МЕТОД УЧЕТА ВЛИЯНИЯ ВЕТРОВЫХ НАГРУЗОК НА ТЯГУ ПОЕЗДОВ

***Аннотация.** Данная статья посвящена автоматизированному методу нормирования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) на тягу поездов. Результаты статьи помогут автоматизировать нормирование затрат энергии на тягу в локомотивных депо, которые обслуживают тяговые плечи со сложными метеоусловиями. На примере ветрозависимого участка Приволжской железной дороги Палласовка–Верхний Баскунчак были получены аппроксимированные значения, для порожних и груженых поездов, прироста удельного расхода топлива при возрастании скорости ветра на 1 м/с. Исходя из полученных данных показан метод учета переменных нагрузок в программе АС ЦОММ. Предложенная методика может эффективно использоваться на практике в локомотивных депо.*

***Ключевые слова:** ветровые нагрузки, энергоэффективность, удельный расход топлива, методология нормирования ТЭР*

Нормирование расхода энергоресурсов для тяги поездов, учитывая внушительные денежные затраты на их приобретение, имеет важное значение для организации эффективной работы служб железнодорожного транспорта [1]. Расход электрической энергии э.п.с. за поездку зависит от условий движения на данном тяговом плече. Факторы, которые влияют на затраты электрической энергии при движении поездов на каждом плече, подразделяются на 3 основные категории [2]:

- постоянные, имеющие незначительные изменения за долгое время эксплуатации, которыми можем пренебречь, например, профиль железнодорожного пути или параметры системы снабжения электрической энергией тягового подвижного состава;

- условно постоянные, которые неизменны за продолжительный период времени (например, типы тягового подвижного состава и вагонов), или имеют достаточную устойчивость в конкретные месяцы года (например, определенные потоки грузовых поездов или сезонная температура окружающей среды);

- переменные, изменяющиеся в каждой конкретной поездке (к примеру, все характеристики грузовых составов). Сюда же относят и такие факторы, которые меняются в функции времени в процессе выполнения поездки и которые надо в ряде случаев учитывать, к примеру, температура, скорость и направление ветра.

В данной статье предлагается методика технологического нормирования для установления права расхода ТЭР при присутствии переменных факторов, влияющих на расход, на основе анализа маршрутов машинистов для поездов с разной нагрузкой на ось и одинаковом типе локомотива [3, 4]. Данный расчет был проверен и подтвержден на основе современных программных комплексов, учитывающих аэродинамическое сопротивление подвижного состава [5]. Переменные нагрузки, в том числе ветровые, значительно усиливают дополнительное сопротивление движению поезда и составляют треть от основного сопротивления движению, действующего на состав, основываясь на результатах тягового расчета [6].

С помощью предоставленного расчета и опираясь на данные метеостанции о скорости ветра, действующем во время поездки, возможно учесть объективные обстоятельства, не зависящие от деятельности машиниста, повлекшие за собой повышенный расход топлива на поездку, так называемые переменные факторы, воздействующие на расход, а также автоматизировать данный процесс учета топлива в локомотивных депо. Кроме того, посредством

© Гребнев И.А., 2023

проведенного анализа возможно вычислять маршруты машинистов с некорректной информацией о расходе ТЭР.

Практически во всех локомотивных депо отсутствует практика учета нормирования ресурсов при присутствии переменных факторов, влияющих на расход [7]. В локомотивных депо технические нормы удельного расхода ТЭР определяются исходя из плановых норм удельного расхода ТЭР, задаваемых НТЭЦ (Топливо-энергетическим центром), а также планов тонно-километровой работы по видам тяги. Нормы и планы расхода ТЭР по видам движения рассчитываются, исходя из обеспечения баланса расхода по видам тяги в целом и сумм расхода по отдельным составляющим. Очевидно, что расход энергоресурсов есть интегральный результат воздействия большого количества разнонаправленно влияющих факторов, поэтому техническая норма расхода топлива на тягу поездов должна объективно отражать совокупность воздействующих факторов и меняться при их изменении. Чтобы обеспечить качество нормирования расхода ТЭР в процессе эксплуатации, инженер по теплотехнике должен вносить корректировки технической нормы удельного расхода. Это процесс достаточно трудоемкий и требует высокой квалификации инженера по теплотехнике.

У существующей практики технического нормирования в локомотивных депо имеются следующие недостатки:

- технические нормы определяются без достаточного обоснования распределением теплотехником расхода ТЭР по участкам, исходя из общей для депо плановой нормы;
- определение права расхода на каждую поездку на основе установленной технической нормы удельного расхода не позволяет учитывать всю совокупность эксплуатационных факторов в поездке;
- несмотря на частичную автоматизацию расчетов при использовании ЦОММ, результат нормирования во многом определяется квалификацией теплотехника и носит зачастую субъективный характер;
- при изменении эксплуатационных факторов на участке не предусмотрена оперативная корректировка технической нормы.

В целом традиционные методы технического нормирования не позволяют объективно, с учетом физических процессов энергопотребления ресурсов при выполнении поездной работы рассчитывать право расхода ТЭР за каждую поездку [8].

Расчет права расхода ТЭР за поездку является одним из ключевых моментов технического нормирования. Достоверное определение права расхода позволяет правильно оценивать результат поездки – экономию или перерасход ресурсов, на основе этого можно сделать выводы о качестве управления движением поезда со стороны машиниста, а также о техническом состоянии локомотива и разрабатывать рекомендации о мерах по экономии энергоресурсов на тягу поездов [9]. Техническая норма удельного расхода ТЭР является плановым показателем, в котором должны учитываться передовые методы эксплуатационной работы локомотивов, направленные на снижение энергозатрат на тягу поездов на участке работы локомотивных бригад.

Наиболее удобным методом, который был предложен сотрудниками МИИТа и ОмИИТа является метод статистической обработки маршрутов машинистов. Он, в отличие от методов тягового расчета, позволяет охватить все нормообразующие факторы, влияющие на расход ресурсов на рассматриваемом участке [10].

В случае, если норма удельного расхода топлива не установлена, как в рассматриваемом нами примером с наличием ветровых нагрузок, то фактический расход топлива за поездку принимается инженером-теплотехником в депо за норму. Рассматриваемый ниже анализ предлагает автоматизированный вариант учета переменных факторов на расход на основе статистических данных маршрутов машинистов при использовании автоматизированных программ учета расхода ТЭР, разработанных в ОАО «РЖД» и не зависит от компетенции инженера-теплотехника в локомотивном депо.

Заключается он в анализе маршрутов машинистов инженером по теплотехнике с последующей корректировкой права расхода в программе АС ЦОММ ОАО «РЖД» с целью

выявления дополнительных нормообразующих факторов. Собирается необходимая выборка маршрутов машинистов с присутствием дополнительных факторов, к примеру, таких как климатические условия, изменения параметров движения и др. Дополнительные факторы выявляются на основе многочисленных рапортов машинистов за поездку, либо по резкому изменению значения фактического расхода топлива. Далее строится график зависимости удельного расхода ТЭР от дополнительного фактора, повлиявшего на него, и выполняется аппроксимация данных. Получив коэффициент уравнения аппроксимации, выполняется корректировка данных в АС ЦОММ на момент появления переменных факторов [11].

Таким образом, применение данного метода связано с тем, что обычная автоматизация расчётов в ЦОММ не обеспечивает объективного нормирования. Возможность корректировки исходных данных и результатов нормирования инженером по теплотехнике существенно влияет на объективность нормирования, т.к. процесс нормирования практически зависит от квалификации инженера по теплотехнике, и автоматизированная система играет роль инструмента, автоматизирующего лишь часть привычных ручных операций при нормировании расхода ТЭР на тягу. А все операции по сложной статистической обработке данных маршрутов машинистов возлагаются на инженера теплотехника.

Как пример будет рассмотрен участок Палласовка–Верхний Баскунчак Приволжской железной дороги [12]. Обслуживает данный участок локомотивное депо Ершов, где основным типом грузового локомотива является тепловоз 2ТЭ25КМ [13]. Выбор данного участка обусловлен тем, что он расположен в зоне с повторяемостью ветра скоростью более 12 м/с 10-15 % в год, согласно ГОСТ 16350-80: «Климат СССР. Районирование и статистические параметры для технических целей», то есть этот участок подвержен влиянию ветра со скоростями 12 м/с и выше чаще, чем 53 дня в году [14]. На рисунках 1,2 приведена информация о ветровой нагрузке, зафиксированной в период с марта по май и с сентября по ноябрь 2015-2020 года (именно в эти переходные сезоны возникает наиболее сильное ветровое воздействие, и температура наружного воздуха не оказывает дополнительного сопротивления движению) на метеостанции посёлка Эльтон, расположенной на исследуемом участке железной дороги, примерно на одинаковом удалении от конечных точек рассматриваемого маршрута. Как видно из рисунков 1 и 2, преобладают ветра широтных направления, в частности восточного.

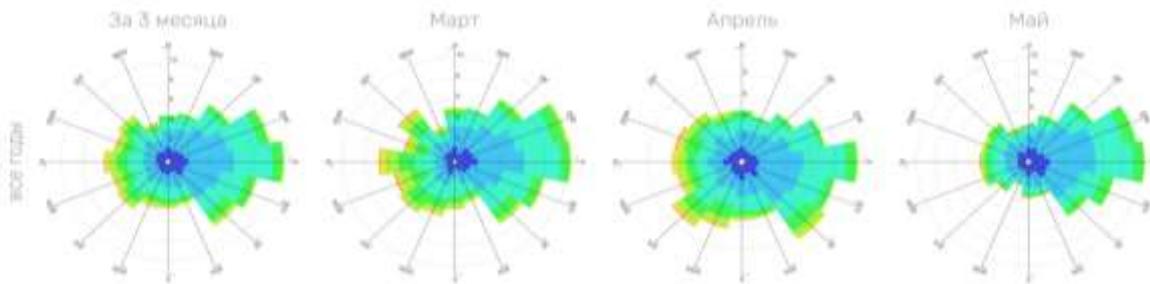


Рисунок 1 – Роза ветров метеостанции Эльтон с марта по май [12]

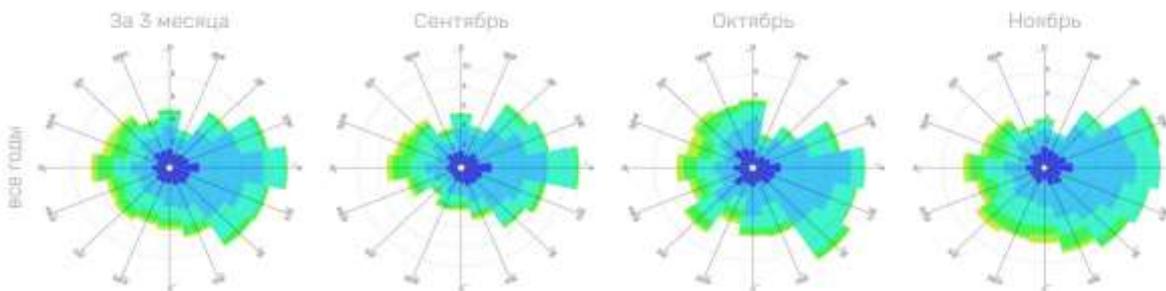


Рисунок 2 – Роза ветров метеостанции Эльтон с сентября по ноябрь [12]

На рисунке 3 представлены обобщенные зависимости удельного расхода топлива тепловозами 2ТЭ25КМ двух независимых выборок с минимальной и максимальной осевой

нагрузкой на участке Палласовка–Верхний Баскунчак в зависимости от средней пиковой скорости ветра за поездку, за период с марта по май и с сентября по ноябрь 2020 г. [15].

В качестве основных нормообразующих факторов для данной выборки были приняты средняя осевая нагрузка и масса состава. Другим нормообразующим фактором в рассматриваемом случае является скорость ветра на момент появления сложного климатического условия. Данные о скорости ветра, действующей во время поездки, взяты из архива наблюдений метеостанции Эльтон [16].

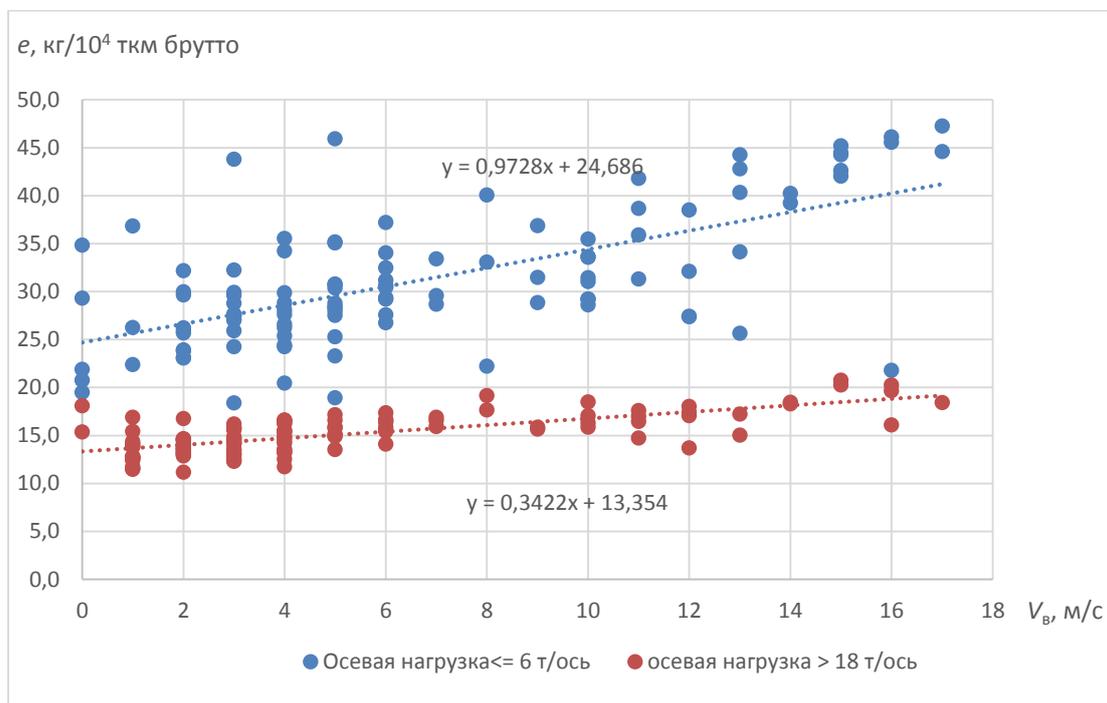


Рисунок 3 – Удельный расход топлива на участке для поездов с минимальной и максимальной осевой нагрузкой

Искомая выборка зависимости удельного расхода топлива от скорости ветра при его наличии на основе данных метеостанции Эльтон в день поездки. Данная скорость ветра была зафиксирована на участке Палласовка-Верхний Баскунчак на основе рапортов машинистов и данных метеостанции. Данные разбиты по значению осевой нагрузки и выбраны за период с марта по май и с сентября по ноябрь 2020 г. Также получено уравнение линейной аппроксимации данных расхода, которое представлено на рисунке.

Из данного графика можно еще раз отметить существенное влияние нагрузки на ось, а в случае решения задач аэродинамики, загруженности вагонов на зависимость удельного расхода топлива от ветровых нагрузок для грузовых поездов т.к. порожние поезда имеют большие значения удельного расхода, поэтому значения удельного расхода топлива для порожних поездов расположены выше. Для выявления влияния ветровых нагрузок на расход ТЭР была проведена линейная аппроксимация данных маршрутов машинистов. Из уравнения линейной аппроксимации (рис. 3) получили, что, если при нагрузке на ось  $q \geq 18$  т/ось, увеличение удельного расхода топлива при возрастании скорости ветра на 1 м/с составило 0,34 кг/10<sup>4</sup> ткм брутто, то для порожних поездов это значение уже гораздо больше – 0,97 кг/10<sup>4</sup> ткм брутто [17]. На основе статистического анализа маршрутов машинистов было получено, что для порожних поездов удельный расход топлива при наличии ветровых нагрузок увеличивается на 6,5 %, а для груженых на 3,4 %, что в целом подтверждает аппроксимированные данные [6, 12, 17].

Для учета права на расход ТЭР в локомотивных депо используется автоматизированная программа АС ЦОММ ОАО «РЖД», скриншот данной программы представлен на рисунке 4. В диалоговом окне программы инженер-теплотехник выбирает участок для которого

выполняется корректировка норм расхода, серия локомотива, обслуживающая данный участок, а также вид выполняемой работы по которой осуществляется нормирования. Для учета, рассматриваемых нами переменных факторов на расход ТЭР, необходимо в диалоговом окне АС ЦОММ выбрать рассматриваемый участок работы, а также серию локомотива

Далее, на рисунке 5 предлагается выборка поездов по осевой нагрузке, где в представленных строках для поездов с фиксированной осевой нагрузкой, т.е. для порожних, груженых и смешанных по загруженности поездов представленные нормы расхода ТЭР, которые можно изменить на величину удельного расхода энергоресурсов за поездку на данном плече.

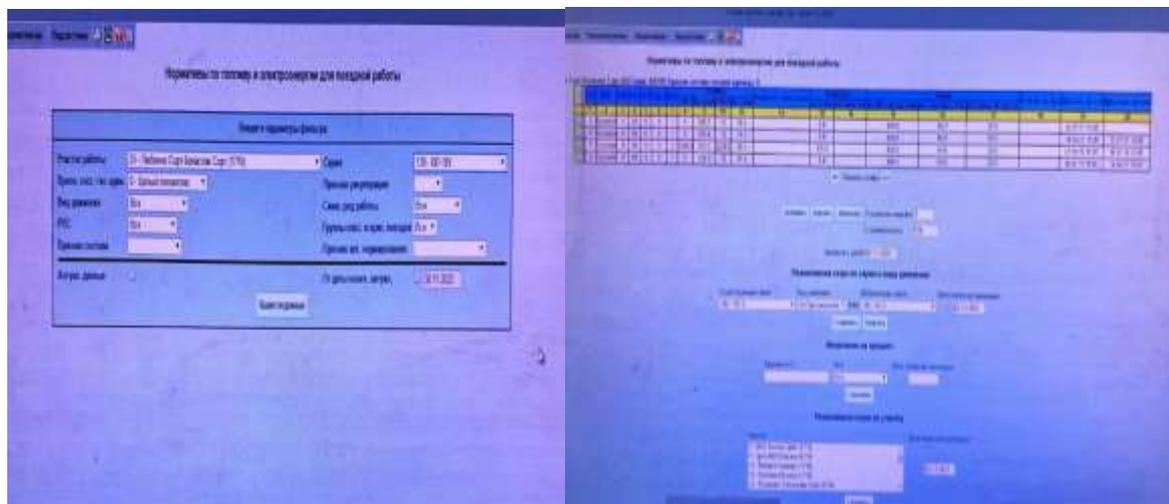


Рисунок 4, 5 – Скриншоты из программы АС ЦОММ

Инженер по теплотехнике основывает свой выбор на знаниях метеоусловий рассматриваемого региона страны и на рапортах машинистов о сложных метеоявлениях, возникших во время поездки. Для этого просто достаточно узнать среднюю пиковую скорость ветра за каждую поездку по данным метеостанции. Далее, на основе простой аппроксимации полученных данных из маршрутов машинистов (рис. 3) [18], скорректировать нормы по расходу ТЭР на тягу поездов. Для этого, в нашем случае, на момент возникновения сложных метеоусловий необходимо увеличить удельный расход ресурсов на каждый 1 м/с скорости ветра на  $0,97 \text{ кг}/10^4 \text{ ткм}$  брутто для порожних поездов и на  $0,34 \text{ кг}/10^4 \text{ ткм}$  брутто для груженых к среднему удельному расходу топлива. Зная новые нормы удельного расхода топлива, изменить величины абсолютного расхода с помощью программы АС ЦОММ (рис. 5), добавив в строку с соответствующей фиксированной нагрузкой на ось полученное значение для рассматриваемого участка, серии локомотива и вида выполняемой работы.

Предлагаемая схема технического нормирования в отличие от существующих основана на учете дополнительных нормообразующих факторов на основе статистической обработки маршрутов машинистов и с учётом реальных эксплуатационных факторов. Техническая норма удельного расхода ТЭР не назначается, а определяется исполнителями на основе фактических параметров, учитываемых при определении права расхода в каждой поездке, и изменений нормообразующих факторов. Физически обоснованные технические нормы позволяют эффективно использовать их для обоснования плановых норм для локомотивного депо по видам тяги и видам движения. Полученные расчетные значения права расхода можно использовать для выявления и исправления маршрутов с некорректной информацией о расходе ТЭР, выявления машинистов, систематически перерасходующих электроэнергию или дизельное топливо, для анализа технического состояния аппаратуры измерения расхода ТЭР, а также оперативного учета дополнительных факторов, влияющих на расход. Новая методология позволяет комплексно автоматизировать расчеты и минимизировать участие инженера по теплотехнике в техническом нормировании расхода ТЭР на тягу поездов.

Рассматриваемая методология позволяет эффективно решать важные задачи техниче-

ского нормирования расхода топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов, в частности устанавливать объективную норму расхода для участка обращения локомотивных бригад, не применяя больших усилий для ее отыскания. Результаты расчетов и анализа показывают, что разработанная методика обеспечивает достаточно высокую точность при расчетах, что подтверждено комплексной обработкой статистических данных, математическим моделированием исследуемого явления на базе современных программных комплексов [4, 5], реальными поездками, тяговым расчетом [19, 20] и может быть использована для технического нормирования ТЭР в локомотивных депо.

В данной статье была рассмотрена методология автоматизированного нормирования ветровых нагрузок на тягу поездов зависимости от загруженности состава. Предложена методика учета права расхода ТЭР с учетом переменных факторов в локомотивных депо на основе программного комплекса АС ЦОММ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Годовой отчет ОАО «РЖД» 2018 года [Электронный ресурс] / 2018. – Режим доступа: <https://ar2018.rzd.ru/ru>.
2. Мугинштейн Л.А., Молчанов А.И., Виноградов С. А. и др. Современная методология технического нормирования расхода топливно-энергетических ресурсов локомотивами на тягу поездов // Сборник трудов ученых ОАО «ВНИИЖТ». - М.: ВМГ-Принт. - 2014. – С. 144 с.
3. Феоктистов В.П., Сидорова Н.Н., Погосов В.Ю., Проблема нормирования и экономии энергозатрат в тяге поездов // ВНИИТИ. Транспорт. Наука, техника, управление. - №1. - М. - 2009. – С. 64.
4. Гребнев И.А., Пудовиков О.Е. К оценке влияния ветровой нагрузки на грузовой поезд // Известия Транссиба. – Омск: ОМГУПС. – 2022. - №4. - С. 13-21.
5. Гребнев И.А., Сидорова Н.Н., Пудовиков О.Е. Статистический анализ поездопотока на участке Палласовка - Верхний Баскунчак с целью выявления ветровых нагрузок // Бюллетень научных исследований. - ПГУПС. - №3. - 2022. - С. 75-87.
6. Grebnev I.A., Sidorova N.N., Pudovikov O.E. Identification of wind loads through train statistical analysis (Vyivleniye vetrovykh nagruzok cherez statisticheskiy analiz poyezdopotoka) // Networked control systems for connected and automated vehicles. – 2022. - №2. – P. 299-307.
7. Правила тяговых расчетов для поездной работы. Нормативное производственно-практическое издание. – М.: ОАО «РЖД», 2016. – 515 с.
8. Стромский П.П. Влияние ветра на сопротивление поезда // Вестник ВНИИЖТ. - № 7. - 1959. - С. 24-28
9. Стромский П.П. Определение коэффициента воздушного сопротивления вагонов // Вестник ВНИИЖТ. - №2. - 1963. – С. 21-24.
10. АС ЦОММ Приволжской железной дороги. Автоматизированная система «Интегрированная обработка маршрута машиниста» [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://ommarsc.priv.oao.rzd:8080/comm/index.js>
11. ГОСТ 16350-80 Климат СССР. Районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей. – Москва: Стандартинформ.
12. Розы ветров России [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://lakka-sails.ru/winds/>
13. Данные из архива погодных условий метеостанции Эльтон [Электронный ресурс] / Режим доступа: [www/rp5.ru](http://www.rp5.ru)
14. G. Vino, S. Watkins, P Mousley, J. Watmuff, S. Prasad. Flow structures in the near wake of the Ahmed model // Journal of fluids and structures. – 2005. - №20. - P. 673-695.
15. Петров К.П. Аэродинамика тел простейшей формы. – М.: Физматлит, 1998. – 428 с.
16. Чурков Н.А. Аэродинамика железнодорожного поезда. (Принципы конструирования подвижного состава, минимизирующие воздействия воздушной среды на железнодорожный поезд). – М.: Желдориздат, 2007. – 332 с.
17. Поляков Б.О., Вагулина Е.Я., Бороненко Ю.П. Разработка методики исследования аэродинамических особенностей подвагонного пространства в составе высокоскоростного электропоезда // Транспорт: проблемы, идеи, перспективы: материалы всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. - Санкт-Петербург: Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I. - 2020. – С. 47-50.
18. Горожанкин С.А., Шитов А.А., Савенков Н.В Методики для аппроксимации зависимостей нескольких переменных в программной среде MS EXCEL // Научно-технические ведомости СПбГПУ. - №3. - 2016. - С. 220-234.
19. Shah I.A., Barakat H.M., Khan A.H. Characterizations through generalized and dual generalized order statistics, with an application to statistical prediction problem // Statistics & Probability Letters. – 2020. – Vol. 163. -№108872.
20. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Высшая школа, 1977. – 429 с.

**Гребнев Иван Алексеевич**

Российский университет транспорта (МИИТ)

Адрес: 127994, Россия, г. Москва, ул. Образцова, д. 35

Аспирант

E-mail: [lokomotiv197309@gmail.com](mailto:lokomotiv197309@gmail.com)

I.A. GREBNEV

## AUTOMATED METHOD ACCOUNTING FOR INFLUENCE THE EFFECT OF WIND LOADS ON TRAIN TRACTION

**Abstract.** This article is devoted to the problem automated method of regulation of fuel and energy resources (FER) for train traction. The results obtained make it possible to improve the methodology for regulating the cost of resources for traction of trains in locomotive depots that serve locomotive runs with difficult weather conditions. As an example, the wind-dependent locomotive run of the Privolzhskaya railway Pallasovka–Verkhniy Baskunchak approximated values were obtained, for empty and loaded trains, of the increase in specific fuel consumption with an increase in wind speed by 1 m/s. Based on the data obtained, a method for accounting for variable loads in the AS COMM program is shown. The proposed technique can be effectively used in practice in locomotive depots.

**Keywords:** wind loads, energy efficiency, specific fuel consumption, FER rationing methodology

### BIBLIOGRAPHY

1. Godovoy otchet OAO «RZHD» 2018 goda [Elektronnyy resurs] / 2018. - Rezhim dostupa: <https://ar2018.rzd.ru/ru>.
2. Muginshteyn L.A., Molchanov A.I., Vinogradov S. A. i dr. Sovremennaya metodologiya tekhnicheskogo normirovaniya raskhoda toplivno-energeticheskikh resursov lokomotivami na tyagu poezdov // Sbornik trudov uchenykh OAO «VNIIZHT». - M.: VMG-Print. - 2014. - S. 144 s.
3. Feoktistov V.P., Sidorova N.N., Pogosov V.Yu., Problema normirovaniya i ekonomii energozatrat v tyage poezdov // VINITI. Transport. Nauka, tekhnika, upravlenie. - №1. - M. - 2009. - S. 64.
4. Grebnev I.A., Pudovikov O.E. K otsenke vliyaniya vetrovoy nagruzki na gruzovoy poezd // Izvestiya Transsiba. - Omsk: OMGUPS. - 2022. - №4. - S. 13-21.
5. Grebnev I.A., Sidorova N.N., Pudovikov O.E. Statisticheskii analiz poezdopotoka na uchastke Pallasovka - Verkhniy Baskunchak s tsel'yu vyyavleniya vetrovykh nagruzok // Byulleten` nauchnykh issledovaniy. - PGUPS. - №3. - 2022. - S. 75-87.
6. Grebnev I.A., Sidorova N.N., Pudovikov O.E. Identification of wind loads through train statistical analysis (Vyavleniye vetrovykh nagruzok cherez statisticheskii analiz poyezdopotoka) // Networked control systems for connected and automated vehicles. - 2022. - №2. - R. 299-307.
7. Pravila tyagovykh raschetov dlya poezdnoy raboty. Normativnoe proizvodstvenno-prakticheskoe izdanie. - M.: OAO «RZHD», 2016. - 515 s.
8. Stromskiy P.P. Vliyanie vetra na soprotivlenie poezda // Vestnik VNIIZHT. - № 7. - 1959. - C. 24-28
9. Stromskiy P.P. Opredelenie koeffitsienta vozdushnogo soprotivleniya vagonov // Vestnik VNIIZHT. - №2. - 1963. - S. 21-24.
10. AS TSOMM Privolzhskoy zheleznoy dorogi. Avtomatizirovannaya sistema «Integrirovannaya obrabotka marshruta mashinista» [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <http://ommarc.priv.oao.rzd:8080/comm/index.js>
11. GOST 16350-80 Klimat SSSR. Rayonirovanie i statisticheskie parametry klimaticheskikh faktorov dlya tekhnicheskikh tsey. - Moskva: Standartinform.
12. Rozy vetrov Rossii [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <http://lakka-sails.ru/winds/>
13. Dannye iz arkhiva pogodnykh usloviy meteostantsii El ton [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: [www/rp5.ru](http://www.rp5.ru)
14. G. V. V. S. Watkins, P. Mousley, J. Watmuff, S. Prasad. Flow structures in the near wake of the Ahmed model // Journal of fluids and structures. - 2005. - №20. - R. 673-695.
15. Petrov K.P. Aerodinamika tel prosteyshey formy. - M.: Fizmatlit, 1998. - 428 s.
16. Churkov N.A. Aerodinamika zheleznodorozhnogo poezda. (Printsipy konstruirovaniya podvizhnogo sostava, minimiziruyushchie vozdeystviya vozduшной sredy na zheleznodorozhnyy poezd). - M.: Zheldorizdat, 2007. - 332 s.
17. Polyakov B.O., Vatulina E.Ya., Boronenko Yu.P. Razrabotka metodiki issledovaniya aerodinamicheskikh osobennostey podvagonnogo prostranstva v sostave vysokoskorostnogo elektropoezda // Transport: problemy, idei, perspektivy: materialy vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsiyi studentov, aspirantov i molodykh uchenykh. - Sankt-Peterburg: Peterburgskiy gosudarstvennyy universitet putey soobshcheniya Imperatora Aleksandra I. - 2020. - S. 47-50.
18. Gorozhankin S.A., Shitov A.A., Savenkov N.V. Metodiki dlya approksimatsii zavisimostey neskol'kikh peremennykh v programnoy srede MS EXCEL // Nauchno-tekhnicheskie vedomosti SPbGPU. - №3. - 2016. - S. 220-234.
19. Shah I.A., Barakat H.M., Khan A.H. Characterizations through generalized and dual generalized order statistics, with an application to statistical prediction problem // Statistics & Probability Letters. - 2020. - Vol. 163. - №108872.
20. Gmurman V.E. Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika. - M.: Vysshaya shkola, 1977. - 429 s.

**Grebnev Ivan Alekseevich**

Russian University of Transport

Adress: 127994, Russia, Moscow, Obrazcova str., 35

Post graduate

E-mail: [lokomotiv197309@gmail.com](mailto:lokomotiv197309@gmail.com)

Научная статья

УДК 656.13

doi:10.33979/2073-7432-2023-3-2(82)-113-121

И.В. МАКАРОВА, Г.Р. МАВЛЯУТДИНОВА, П.А. БУЙВОЛ, Е.Е. ГАРЯВИНА

## ПРИМЕНЕНИЕ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ДОСТАВКИ РУДЫ КАРЬЕРНЫМИ САМОСВАЛАМИ НА ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫЕ КОМБИНАТЫ АРКТИКИ ПРИ ПЕРЕХОДЕ НА ГАЗОМОТОРНОЕ ТОПЛИВО

***Аннотация.** Рассмотрена возможность снижения негативной нагрузки на окружающую среду на примере горнопромышленного комплекса Мурманской области, входящей в Арктическую зону Российской Федерации. В статье проанализирована возможность перевода крупных парков техники (карьерные самосвалы) на газомоторное топливо, описана структура разработанной имитационной модели доставки руды карьерными самосвалами на горно-обогажительные комбинаты Арктики при переходе на газомоторное топливо и расчет оптимального размера парка с ее использованием.*

***Ключевые слова:** экологическая безопасность, Арктика, карьерный самосвал*

### **Введение**

Одной из стратегических целей России, является развитие Арктической зоны, представляющей значительный потенциал как в области освоения природных ресурсов, так и для решения задач обеспечения связности территорий. Арктика обладает огромным ресурсным потенциалом. В Российской Арктике производится 12 % ВВП России и обеспечивается около четверти ее экспорта.

При разработке стратегии развития АЗР необходимо учитывать ряд ее особенностей:

- неравномерность развития транспортной инфраструктуры в опорных зонах.
- недостаточная связность отдельных территорий и экономических центров между собой, даже внутри одного региона.
- значительная удаленность территорий АЗР от других, более развитых, регионов страны (логистических центров, центров производства продукции, сырья и материалов).
- неблагоприятные и опасные как для жизни, так и для трудовой деятельности, природно-климатические условия.
- особо чувствительные экосистемы.
- многонациональное население.

Несмотря на суровые климатические условия АЗР, необходимо повышать привлекательность региона. Присутствие жителей в Арктической зоне обеспечивает России возможность осуществлять контроль над этими огромными территориями, при этом важным является экологическая безопасность транспортной системы.

**Материал и методы** развития транспортной инфраструктуры Арктической зоны России

Поскольку Россия поставила перед собой задачу по привлечению жителей в Арктику и их удержанию, то ведутся дискуссии по поиску наиболее эффективных способов освоения АЗР с учетом социальных факторов. Опорные точки цивилизации – это города. Современная практика определения административно-промышленных территорий сформировала понятие «моногорода» как опорного промышленного центра, населенного пункта при одном градообразующем предприятии. При освоении новых территорий в АЗР неизбежно возникновение моногородов на начальном этапе хозяйственной деятельности, поэтому необходимо предусматривать варианты комплексных планов развития территорий, которые позволили бы избежать таких ситуаций.

Единственно возможные для некоторых территорий АЗР воздушные и речные перевозки являются дорогостоящими, и, кроме того, воздушный транспорт не обеспечивает доставку крупногабаритных грузов, что вызывает необходимость первоочередной реализации

инфраструктурных проектов для обеспечения транспортной доступности развивающихся опорных зон АЗР.

Так, авторы исследований [1-3] считают, что коммуникационная насыщенность Арктической зоны России в настоящее время очень низка, особенно с точки зрения развития наземной транспортной сети.

Таким образом, транспортная инфраструктура АЗР в настоящий момент не обеспечивает в должной степени возможность всесезонной доставки грузов, т.к. отсутствует полноценная связь между существующими транспортными коммуникациями.

Чтобы выйти на новый уровень развития Арктики, необходимо решить проблему низкой транспортной связности, т.к. одним из направлений развития транспортной системы АЗР является решение социальных вопросов для жителей АЗР.

Авторы [4] для решения проблемы низкой транспортной доступности и совершенствования инфраструктуры предлагают концепцию цифровой платформы, которая позволит координировать действия на морском, железнодорожном, автомобильном и воздушном транспорте. Тем самым, по мнению авторов, появится возможность оптимизировать маршруты перевозки грузов в условиях меняющегося расписания транспорта; повысится безопасность работ, так как будет своевременно осуществляться уборка улиц от снега, а освещение автоматически регулироваться в зависимости от погодных условий.

Для контроля глобального потепления, снижения вредного воздействия автотранспорта на окружающую среду, разработаны нормы экологического стандарта, регулирующие содержание вредных веществ в выхлопных газах транспортных средств, которые становятся все более строгими. Постепенный переход на экологически чистые транспортные средства происходит во всем мире. Многие развивающиеся страны ставят стратегические цели по снижению вредных выбросов от автотранспорта, используя при этом разные методы. Одно из направлений - снижение токсичности выхлопных газов (применение альтернативных топлив), другое - замена двигателей внутреннего сгорания на электрические и водородные.

В последние годы электромобили привлекали все больший интерес в связи с их меньшим воздействием на окружающую среду. Это особенно касается транспортных средств, таких как автобусы, применяемых для перевозки пассажиров в системах общественного транспорта [5].

Так, например в городе Анкоридж, который находится в южной части штата Аляска в 2018 году началась замена дизельных автобусов на электробусы [6]. При этом, развитию внутригородской транспортной системы г. Анкоридж уделяется больше внимания, чем совершенствованию транспортной доступности города. В России развитие транспортной инфраструктуры в Арктике скорее связано с повышением доступности региона, чем с модернизацией городских транспортных систем, как это наблюдается за рубежом. Тем не менее, в настоящее время признана необходимость реализации концепции умного города, и Арктика не является исключением, что требует более глубокого изучения формирования информационно-коммуникационной инфраструктуры, поддерживающей взаимодействие всех городских систем, включая транспортную.

При создании энергоэффективной автомобильной техники, наряду с совершенствованием средств активной и пассивной безопасности, автопроизводители решают актуальные с точки зрения экологии вопросы снижения уровня вредных выбросов в выхлопных газах двигателей. Перспективность применения альтернативных видов топлива обусловлена особенностями региона, такими как: потребность в топливе (структура автомобильного парка), доступность топлива, возможность развития заправочной инфраструктуры и интегрированность с другими регионами и рынками.

### ***Теория***

Снижение экологической нагрузки от горнопромышленного комплекса (на примере Мурманской области)

Мурманская область – один из наиболее развитых регионов АЗР. Это обусловлено как наиболее мягким климатом из всех регионов АЗР (незамерзающим Баренцевым морем за счет теплого течения Гольфстрим), так и большим количеством месторождений полезных ископаемых, которые разрабатываются уже в течение десятилетий. Поскольку добыча рудных полезных ископаемых ведется открытым (карьерным) способом, то возникает целый ряд

экологических проблем, которые, в совокупности с природно-климатическими особенностями региона негативно отражаются на экологии и здоровье работников.

Добыча горной породы и минеральных ресурсов сопровождается выбросами углекислого газа, пыли, углеводородов за счет использования взрывчатых веществ на месторождениях. Избыточное количество пыли мешает работе операторов и плохо сказывается на здоровье работников. Очистка воздуха от пыли в области карьера положительно сказывается на условиях работы, также увеличивается долговечность двигателей самосвалов. Источниками вредных выбросов, в том числе черного углерода, который значительно способствует таянию арктического льда, являются и сами карьерные самосвалы.

Учитывая сложную экологическую ситуацию, необходимо рассматривать возможность перевода автомобильной техники на газомоторное топливо (рис. 1). В исследовании [7] рассматривается улучшение экологических характеристик карьерных самосвалов колесного типа грузоподъемностью 120-130 тонн путем использования газотурбинного двигателя. В статье [8] анализируется работа самосвала БелАЗ на газодизельном топливе, сжигающего сжиженный природный газ. Использование сжиженного природного газа в качестве моторного топлива снижает не только экологическую нагрузку на окружающую среду, но и затраты на топливо. В статье [9] подробно описан способ установки криогенных топливных баков на шахтный самосвал серии БелАЗ 7513 полезной грузоподъемностью 130 тонн.

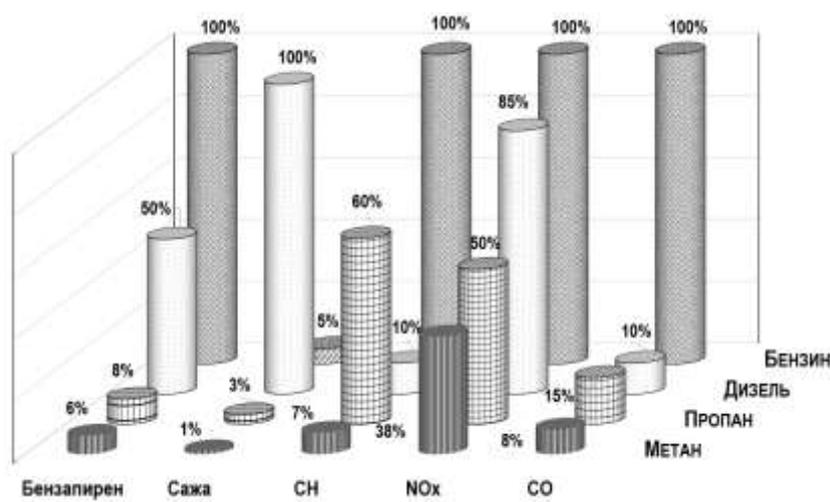


Рисунок 1 - Сокращение выбросов при использовании газового топлива

Поскольку при работе в карьерах существует риск возникновения опасности для жизни и здоровья водителей, ведутся разработки дистанционно-управляемых автомобилей. В исследованиях [10, 11] обосновывается необходимость создания автономной системы управления самосвалами. Исследование [12] посвящено возможностям снижения эксплуатационных затрат на транспортировку полезных ископаемых путем применения предлагаемой компоновки и количества больших шин при проектировании новых самосвалов, в том числе роботизированных и беспилотных.

Дистанционно управляемый карьерный самосвал позволяет повысить производительность труда, повысить безопасность технологического процесса, снизить влияние человеческого фактора: искусственный интеллект поможет сделать тяжелые и опасные работы в карьере полностью безлюдными.

С добычей полезных ископаемых в карьерах АЗР тесно связано решение проблем их транспортировки от мест добычи до мест переработки. Это расширение сети автомобильных и железных дорог, строительство и реконструкция морских портов, что негативно сказывается на экологическом состоянии региона. Доставка руды и минерального сырья от карьеров до мест складирования и переработки осуществляется автотранспортом, который, согласно статистическим данным, вносит самый существенный вклад в загрязнение окружающей среды. Для того, чтобы снизить это воздействие, можно либо повысить экологическую эффективность самих автотранспортных средств, либо оптимизировать маршруты и сократить их суммарную протяженность.

В Российской Федерации накоплен значительный опыт перевода парка транспортных средств, в первую очередь, автомобильного транспорта, на природный газ, однако для реализации проектов по обеспечению АЗР самым перспективным из углеводородных видов топлива – сжиженный природный газ (СПГ), необходимо строительство заводов по сжижению природного газа, терминалов регазификации и газораспределительных сетей. Автор работы [13] считает, что существующий план создания газовой инфраструктуры в Арктике нельзя рассматривать в качестве современного и эффективного решения и нуждается в корректировке.

Проблемам эксплуатации АТС в суровых природно-климатических условиях Арктики посвящены многочисленные научные исследования [14-19], в которых показано, что климатические условия предъявляют особые требования к конструкционным и эксплуатационным материалам грузовых автомобилей. В условиях резко континентального климата ухудшаются пусковые свойства двигателей, тепловой режим комплектов, нарушаются характеристики конструкционных и эксплуатационных материалов, повышается интенсивность изнашивания деталей.

Важно решать вопросы эксплуатационной надежности карьерных самосвалов, которая еще недостаточно изучена, особенно в арктической зоне, поскольку эффективность горнодобывающего предприятия зависит от надежности применяемой техники [20]. Эксплуатация АТС в суровых арктических условиях сопряжена со значительными трудностями, связанными с низкими температурами воздуха. Подвижные пары сопряженных деталей механизмов подвергаются повышенному трению, общий КПД падает, что приводит к увеличению расхода топлива.

Еще одним важным вопросом, который необходимо решать при реализации стратегии развития региона, является создание инфраструктуры по эксплуатации автотехники на газомоторном топливе. Для этих целей на первом этапе можно использовать мобильные заправочные установки, а для организации технического обслуживания и ремонта необходимо переоборудование существующих сервисных центров, либо создание новых, для чего существуют легковозводимые специальные конструкции. Такие мероприятия позволят расширить парк экологичных транспортных средств.

### Расчет

Использование имитационных моделей процесса доставки руды для оценки оптимального количества грузовиков (на примере Кировского филиала АО «Апатит»)

У Кировского филиала АО «Апатит» в распоряжении находятся шесть (Кукисвумчорское, Юкспорское, Апатитовый Цирк, Расвумчорр, Коашвинское и Ньюоркпахксое) рудников и две обслуживающие фабрики (АНОФ-2 и АНОФ-3). Три раза в день рудникам необходимы грузовики для загрузки руды и отправки их на фабрику, где происходит разгрузка. Оповещение от рудника на фабрику происходит в форме заказа. После чего свободный грузовик отправляется на рудник, где в течении двух часов он загружается с помощью пяти экскаваторов. По завершению загрузки рудник отправляет сообщение фабрике и загруженный грузовик отправляется на фабрику и разгружается от одного до двух часов. Для оценки оптимального количества грузовиков был смоделирован процесс доставки руды. На рисунках 2 и 3 представлены расположения рудников и фабрик.

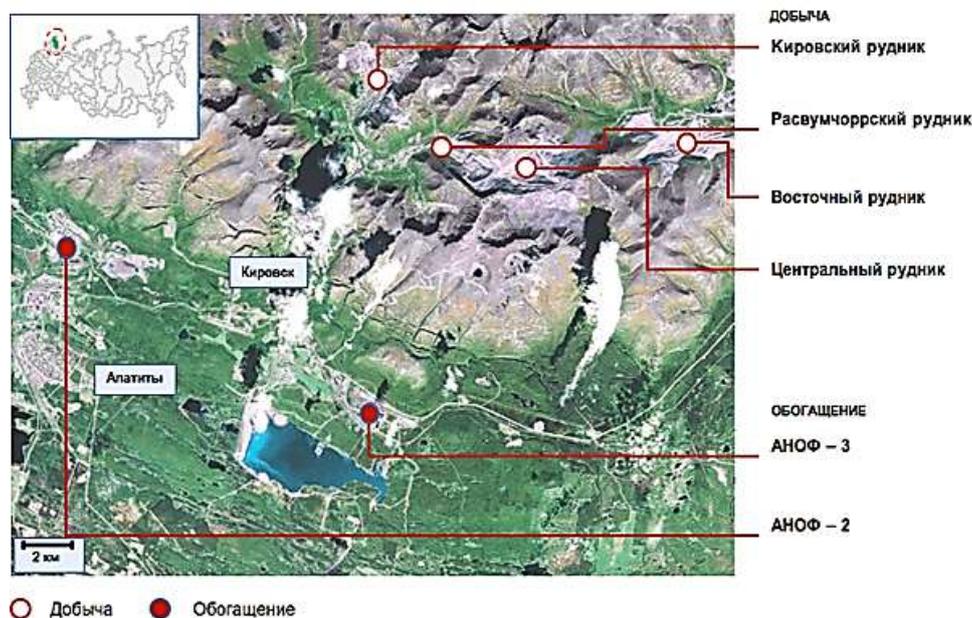


Рисунок 2 – Кировский филиал АО «Апатит»

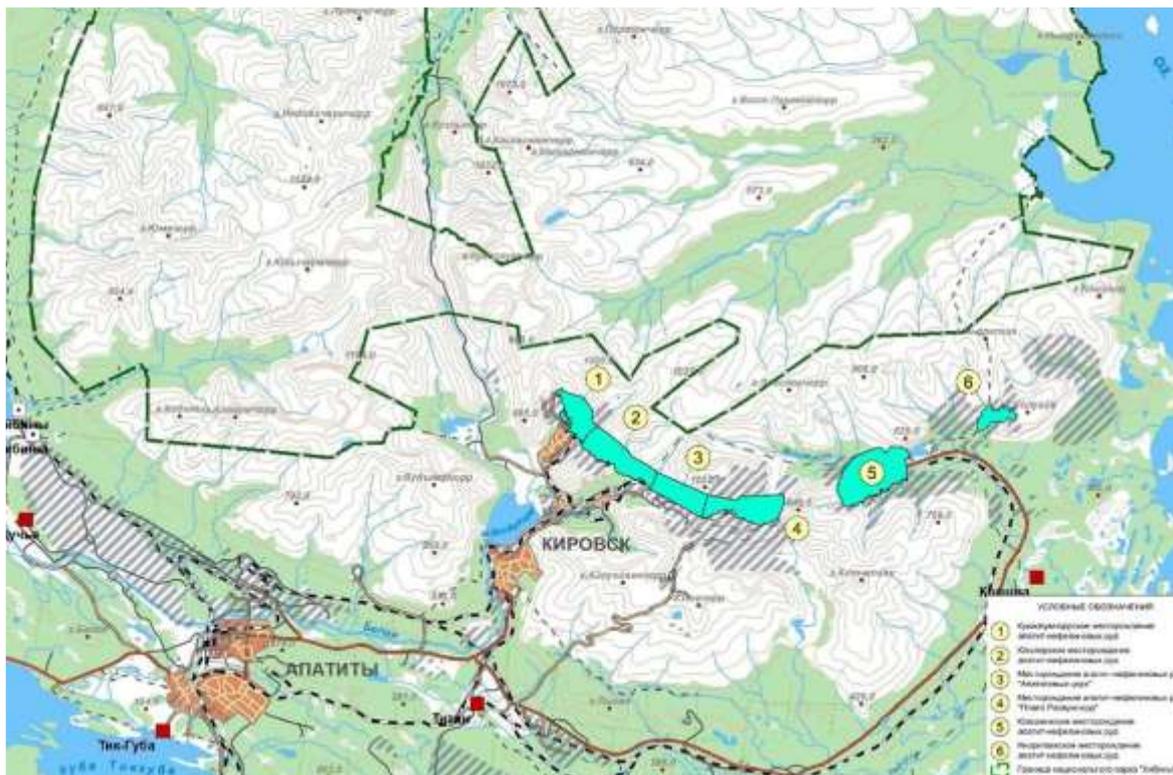


Рисунок 3 – Схема расположения месторождений апатит-нефелиновых руд

Структура агентов модели «Рудник» и «Грузовик» представлена на рисунке 4.

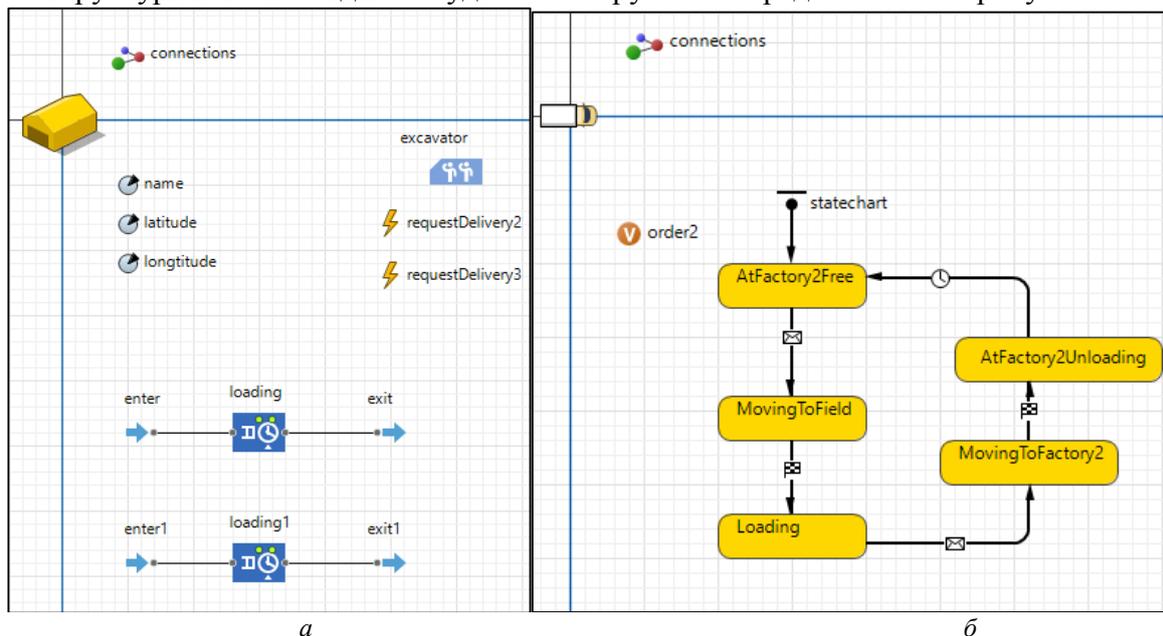


Рисунок 4 – Структура агентов модели «Рудник» и «Грузовик»: а - Процесс работы рудника, б - Диаграмма состояния транспортного средства

Во время симуляционного эксперимента (рис. 5) на анимации модели, созданной на основе ГИС-карты региона, можно увидеть, как грузовики выезжают с фабрики, доезжают до рудников, загружаются и возвращаются обратно. При изменении масштаба карты видно, что грузовики движутся по реальным маршрутам, которые, как и сама карта, подгружаются из сети во время исполнения модели.



*Рисунок 5 – Симуляционный эксперимент*

### **Результаты**

#### **Определение оптимального размера парка самосвальной техники**

Построенная имитационная модель доставки руды карьерными самосвалами на горно-обогатительные комбинаты АНОФ-2 и АНОФ-3 Кировского филиала АО «Апатит» позволяет решить задачу расчета оптимального размера парка при переходе на газомоторное топливо. В качестве целевой функции выступает уровень загрузки транспортного парка, в ходе оптимизации она максимизируется. Также добавлено ограничение модели: загруженность ресурсов должна составлять не более 90 %, поскольку фактически коэффициент технической готовности парка невозможно обеспечить на уровне 100 %. Во время проведения оптимизационного эксперимента на модели было установлено, что оптимальное количество подвижного состава равно 26 единицам.

### **Обсуждение**

Анализ существующих исследований показал, что они в основном носят стратегический характер и ограничиваются рассмотрением направлений развития транспортной системы арктических территорий, не учитывая экологический аспект, который чрезвычайно важен, поскольку разработка новых месторождений, создание инфраструктуры, эксплуатации транспортных средств на вновь освоенных территориях губительным образом сказываются на хрупкой экосистеме Арктики. Поэтому после определения вектора развития на уровне государства необходима разработка конкретных методик и инструментов, помогающих принимать решения уже на тактическом и оперативном уровне. Представленная имитационная модель процесса доставки руды с месторождений на горно-обогатительные комбинаты самосвалами, которая учитывает максимально возможную степень загрузки подвижного состава, заполняет научный пробел в данной области. Ее можно использовать в качестве обоснования размера парка при переходе на экологически дружелюбные виды топлива – газовые грузовые автомобили. На следующем этапе модель будет нами доработана для возможности расчета и визуализации объемов выбросов. Это важный шаг к реализации принципов устойчивого развития Арктической зоны, позволяющий оценивать возможные объемы экологической нагрузки.

### **Выводы**

Проведенные исследования показали, что для снижения негативного воздействия автотранспорта на окружающую среду необходимо совершенствовать управление во всех подсистемах транспортной системы. Одним из таких направлений является использование энергоэффективных транспортных средств. Показано, что при развитии горнопромышленного комплекса, которое является частью стратегических проектов развития АЗР, основным источником загрязнения воздуха и выбросов черного углерода являются карьерные самосвалы, в силу чего, одним из возможных вариантов решения проблемы, является переход на СПГ. Предложена имитационная модель, позволяющая определить оптимальный размер парка при таком переходе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Veretennikov N., Mikulenok A., Bogachev V. Management of the System for Russian Arctic Region Logistics and Information Support // 2018 IEEE International Conference «Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies» (IT&QM&IS). – 2018. – P. 271-273. – doi:10.1109/ITMQIS.2018.8524986
2. Carayannis E., Cherepovitsyn A., Ilinova A. Sustainable development of the Russian Arctic zone energy shelf: The role of the quintuple innovation helix model // Journal of the Knowledge Economy. – 2017. – Vol. 8. – P. 456-470. – DOI:10.1007/s13132-017-0478-9.
3. Petrov I.V., Kharchilava K., Pukhova M.M., Bashkov D., Shtanova K.A. The Northern Sea Route in the system of international transport corridors as a logistic basis for the development of Arctic resources // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – Vol. 377. – №012063. – DOI:10.1088/1755-1315/377/1/012063.
4. Ablyazov T., Asaul V. Development of the Arctic transport infrastructure in the digital economy [Электронный ресурс] / Transportation Research Procedia. – 2021. – Vol. 57. – P. 1-8. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.09.018>.
5. Wenz K.-P., Serrano-Guerrero X., Barragán-Escandón A., González L.G., Clairand J.-M. Route prioritization of urban public transportation from conventional to electric buses: A new methodology and a study of case in an intermediate city of Ecuador // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2021. – Vol. 148. – №11215. – DOI:10.1016/j.rser.2021.11215.
6. Grove C. Alaska's first electric bus for public transit ready for Anchorage streets [Электронный ресурс] / Alaska Public Media. – 2018. – Режим доступа: <https://www.alaskapublic.org/2018/01/15/alaskas-first-electric-bus-for-public-transit-ready-for-anchorage-streets/>.
7. Koptev V., Kopteva A. Structure of energy consumption and improving open-pit dump truck efficiency // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2017. – Vol. 87. – №022010. – DOI: 10.1088/1755-1315/87/2/022010.
8. Azikhanov S., Bogomolov A., Dubov G., Nokhrin S. Development of the instrumentation system for gas-and-diesel fuelled BelAZ dump truck // MATEC Web of Conferences. – 2019. – Vol. 297. – №03001. – DOI <https://doi.org/10.1051/mateconf/201929703001>.
9. Dubov G., Trukhmanov D., Nokhrin S., Sergel A. Method for installing cryogenic fuel tanks on the deck of BelAZ 7513 mining dump truck [Электронный ресурс] / E3S Web of Conferences. – 2020. – Vol. 174. – №03016. – режим доступа: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017403016>.
10. Komatsu T., Konno Y., Kiribayashi S., Nagatani K., Suzuki T., Ohno K., Suzuki T., Miyamoto N., Shibata Y., Asano K. Autonomous driving of six-wheeled dump truck with a retrofitted robot // Field and Service Robotics. – 2021. – P. 59-72.
11. Allahkarami Z., Sayadi A.R., Lanke A. Reliability analysis of motor system of dump truck for maintenance management // Current Trends in Reliability, Availability, Maintainability and Safety. – 2015. – P. 681-688.
12. Dubinkin D., Kulpin A., Stenin D. Justification of the number and type of tire size for a dump truck with a lifting capacity from 90 to 130 Tons [Электронный ресурс] / E3S Web Conf. – 2020. – Vol. 174. – №03015. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20201740301>.
13. Ампилов Ю. Энергетическое развитие Российской Арктики в эпоху энергоперехода // Энергетическая полика. – 2022. – №1(167). – С. 30-43. – DOI 10.46920/2409-5516\_2022\_1167\_30.
14. Kolunin A., Bur'yan I., Gel'ver S. Influence of the Arctic climate on watering of engine oils in operating conditions of road transport // Mechanical science and technology update IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series. – 2019. – Vol. 1260. – doi: 10.1088/1742-6596/1260/6/062012.
15. Boryaev A., Yuqing Z., Ruchkina I., Rajczyk P. Control of low-temperature characteristics of motor fuels in the Arctic [Электронный ресурс] / Transportation Research Procedia. – 2021. – Vol. 57. P. 95-105. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.09.030>.
16. Bardyshe O., Repin S., Zazykin A., Evtyukov S., Rajczyk J., Ruchkina I., Maksimova A., Korotkevich M. Study on the aspects of organizing the repair of construction machinery in the Arctic [Электронный ресурс] / Transportation Research Procedia. – 2021. – Vol. 57. – P. 49-55. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.09.024>
17. Plotnikov A., Vasyukhin M., Torosian L. Improvement of the reliability of vehicles with the use of engine preheaters in the Arctic [Электронный ресурс] / Transportation Research Procedia. – 2021. – Vol. 57. – P.430-442. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.09.070>.
18. Ишков А.М., Зудов Г.Ю., Ишков А.А. Повышение работоспособности транспорта в условиях Севера // М. Неолит. – 2018. – С. 216.
19. Zudov G., Buslaeva I., Levin A. New approach to assessment of influence of climatic temperatures on working capacity of KAMAZ trucks in the North [Электронный ресурс] / Procedia Structural Integrity. – 2019. – Vol. 20. – P. 300-305. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2019.12.155>.
20. Bochkaryov Y., Ishkov A. The operational reliability of quarry dump trucks belaz-7540 in the placer deposits // International multidisciplinary scientific geoconference surveying geology and mining ecology management, SGEM. – 2020. – Vol. 20. P. 325-331. – DOI:10.5593/sgem2020/1.2/s03.042.

**Макарова Ирина Викторовна**

Набережночелнинский институт (филиал) ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»  
Адрес: 423812, Россия, Республика Татарстан, Набережные Челны, проспект Мира, д. 68/19  
Д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Сервис транспортных систем»  
E-mail: kamIVM@mail.ru

**Мавляутдинова Гульназ Рашидовна**

Набережночелнинский институт (филиал) ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»  
Адрес: 423812, Россия, Республика Татарстан, Набережные Челны, проспект Мира, д. 68/19  
Старший преподаватель кафедры «Сервис транспортных систем»  
E-mail: sadygova\_1988@mail.ru

**Буйвол Полина Александровна**

Набережночелнинский институт (филиал) ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»  
Адрес: 423812, Россия, Республика Татарстан, Набережные Челны, проспект Мира, д. 68/19  
К.т.н., доцент, доцент кафедры «Сервис транспортных систем»  
E-mail: skyeyes@mail.ru

**Гарявина Елена Евгеньевна**

Набережночелнинский институт (филиал) ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»  
Адрес: 423812, Россия, Республика Татарстан, Набережные Челны, проспект Мира, д. 68/19  
Студент  
E-mail: eegaryavina@stud.kpfu.ru

---

I.V. MAKAROVA, G.R. MAVLYAUTDINOVA, P.A. BUYVOL, E.E. GARYAVINA

**APPLICATION OF SIMULATION MODELS  
FOR PLANNING ORE DELIVERIES BY DUMP TRUCKS  
TO ARCTIC MINING AND PROCESSING PLANTS DURING  
THE TRANSITION TO GAS MOTOR FUEL**

***Abstract.** We consider the possibility of reducing the negative impact on the environment in the example of the mining complex of the Murmansk region, which is the part of the Arctic Zone of the Russian Federation. The article analyzes the possibility of transferring large vehicle fleets (mine dump trucks) to gas motor fuel, describes the structure of the developed simulation model for the delivery of ore by mine dump trucks to mining and processing plants in the Arctic when switching to gas motor fuel and calculates the optimal fleet size using it.*

***Keywords:** environmental safety, Arctic, mine dump truck*

**BIBLIOGRAPHY**

1. Veretennikov N., Mikulenok A., Bogachev V. Management of the System for Russian Arctic Region Logistics and Information Support // 2018 IEEE International Conference «Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies» (IT&QM&IS). - 2018. - P. 271-273. - doi:10.1109/ITMQIS.2018.8524986
2. Carayannis E., Cherepovitsyn A., Ilinova A. Sustainable development of the Russian Arctic zone energy shelf: The role of the quintuple innovation helix model // Journal of the Knowledge Economy. - 2017. - Vol. 8. - P. 456-470. - DOI:10.1007/s13132-017-0478-9.
3. Petrov I.V., Kharchilava K., Pukhova M.M., Bashkov D., Shtanova K.A. The Northern Sea Route in the system of international transport corridors as a logistic basis for the development of Arctic resources // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. - 2019. - Vol. 377. - №012063. - DOI:10.1088/1755-1315/377/1/012063.
4. Ablyazov T., Asaul V. Development of the Arctic transport infrastructure in the digital economy [Elektronnyy resurs] / Transportation Research Procedia. - 2021. - Vol. 57. - P. 1-8. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.09.018>.
5. Wenz K.-P., Serrano-Guerrero X., Barragn-Escandn A., Gonzalez L.G., Clairand J-M. Route prioritization of urban public transportation from conventional to electric buses: A new methodology and a study of case in an intermediate city of Ecuador // Renewable and Sustainable Energy Reviews. - 2021. - Vol. 148. - №111215. - DOI:10.1016/j.rser.2021.111215.
6. Grove C. Alaska's first electric bus for public transit ready for Anchorage streets [Elektronnyy resurs] / Alaska Public Media. - 2018. - Rezhim dostupa: <https://www.alaskapublic.org/2018/01/15/alaskas-first-electric-bus-for-public-transit-ready-for-anchorage-streets/>.
7. Koptev V., Kopteva A. Structure of energy consumption and improving open-pit dump truck efficiency //

IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. - 2017. - Vol. 87. - №022010. - DOI: 10.1088/1755-1315/87/2/022010.

8. Azikhanov S., Bogomolov A., Dubov G., Nokhrin S. Development of the instrumentation system for gas-and-diesel fuelled BelAZ dump truck // MATEC Web of Conferences. - 2019. - Vol. 297. - №03001. - DOI <https://doi.org/10.1051/mateconf/201929703001>.

9. Dubov G., Trukhmanov D., Nokhrin S., Sergel A. Method for installing cryogenic fuel tanks on the deck of BelAZ 7513 mining dump truck [Elektronnyy resurs] / E3S Web of Conferences. - 2020. - Vol. 174. - №03016. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017403016>.

10. Komatsu T., Konno Y., Kiribayashi S., Nagatani K., Suzuki T., Ohno K., Suzuki T., Miyamoto N., Shibata Y., Asano K. Autonomous driving of six-wheeled dump truck with a retrofitted robot // Field and Service Robotics. - 2021. - P. 59-72.

11. Allahkarami Z., Sayadi A.R., Lanke A. Reliability analysis of motor system of dump truck for maintenance management // Current Trends in Reliability, Availability, Maintainability and Safety. - 2015. - P. 681-688.

12. Dubinkin D., Kulpin A., Stenin D. Justification of the number and type of tire size for a dump truck with a lifting capacity from 90 to 130 Tons [Elektronnyy resurs] / E3S Web Conf. - 2020. - Vol. 174. - №03015. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017403015>.

13. Ampilov Yu. Energeticheskoe razvitiye Rossiyskoy Arktiki v epokhu energoperekhoda // Energeticheskaya polika. - 2022. - №1(167). - S. 30-43. - DOI 10.46920/2409-5516\_2022\_1167\_30.

14. Kolunin A., Bur'yan I., Gel'ver S. Influence of the Arctic climate on watering of engine oils in operating conditions of road transport // Mechanical science and technology update IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series. - 2019. - Vol. 1260. - doi: 10.1088/1742-6596/1260/6/062012.

15. Boryaev A., Yuqing Z., Ruchkina I., Rajczyk P. Control of low-temperature characteristics of motor fuels in the Arctic [Elektronnyy resurs] / Transportation Research Procedia. - 2021. - Vol. 57. P. 95-105. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.09.030>.

16. Bardyshe O., Repin S., Zazykin A., Evtyukov S., Rajczyk J., Ruchkina I., Maksimova A., Korotkevich M. Study on the aspects of organizing the repair of construction machinery in the Arctic [Elektronnyy resurs] / Transportation Research Procedia. - 2021. - Vol. 57. - P. 49-55. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.09.024>

17. Plotnikov A., Vasyukhin M., Torosian L. Improvement of the reliability of vehicles with the use of engine preheaters in the Arctic [Elektronnyy resurs] / Transportation Research Procedia. - 2021. - Vol. 57. - P.430-442. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.09.070>.

18. Ishkov A.M., Zudov G.Yu., Ishkov A.A. Povyshenie rabotosposobnosti transporta v usloviyakh Severa // M. Neolit. - 2018. - S. 216.

19. Zudov G., Buslaeva I., Levin A. New approach to assessment of influence of climatic temperatures on working capacity of KAMAZ trucks in the North [Elektronnyy resurs] / Procedia Structural Integrity. - 2019. - Vol. 20. - P. 300-305. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2019.12.155>.

20. Bochkaryov Y., Ishkov A. The operational reliability of quarry dump trucks belaz-7540 in the placer deposits // International multidisciplinary scientific geoconference surveying geology and mining ecology management, SGEM. - 2020. - Vol. 20. P. 325-331. - DOI:10.5593/sgem2020/1.2/s03.042.

**Makarova Irina Viktorovna**

Naberezhnye Chelny Institute  
Address: 423812, Russia, Republic of Tatarstan,  
Naberezhnye Chelny, pr. Mira, 68/19  
Doctor of technical sciences  
E-mail: kamIVM@mail.ru

**Buyvol Polina Aleksandrovna**

Naberezhnye Chelny Institute  
Address: 423812, Russia, Republic of Tatarstan,  
Naberezhnye Chelny, pr. Mira, 68/19  
Candidate of technical sciences  
E-mail: skyeyes@mail.ru

**Mavlyautdinova Gulnaz Rashidovna**

Naberezhnye Chelny Institute  
Address: 423812, Russia, Republic of Tatarstan,  
Naberezhnye Chelny, pr. Mira, 68/19  
Senior teacher  
E-mail: sadygova\_1988@mail.ru

**Garyavina Elena Evgenievna**

Naberezhnye Chelny Institute  
Address: 423812, Russia, Republic of Tatarstan,  
Naberezhnye Chelny, pr. Mira, 68/19  
Student  
E-mail: eegaryavina@stud.kpfu.ru

Научная статья

УДК 351.811.12

doi:10.33979/2073-7432-2023-3-2(82)-122-127

Ф.Н. ЗЕЙНАЛОВ

## **ВОПРОСЫ ИНТЕГРАЦИИ ГОСАВТОИНСПЕКЦИИ НОВЫХ СУБЪЕКТОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В СИСТЕМУ ОКАЗЫВАЕМЫХ ГОСУДАРСТВЕННЫХ УСЛУГ В СФЕРЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ**

***Аннотация.** Автором изучен опыт деятельности регистрационно-экзаменационных подразделений ГИБДД вновь обретённых субъектов РФ в сфере оказания государственных услуг, проведено анкетирование 30-ти сотрудников, выявлены проблемы интеграции Госавтоинспекции новых субъектов Российской Федерации в систему оказываемых государственных услуг в сфере безопасности дорожного движения, описаны сопутствующие обстоятельства, определены организационно-методические мероприятия по сокращению сроков интеграции указанных общественных отношений в русло Российской правовой системы..*

***Ключевые слова:** безопасность дорожного движения, оказание государственных услуг, новые субъекты Российской Федерации, Госавтоинспекция, проблемы интеграции, переходный период*

### **Введение**

В Георгиевском зале Кремля 30 сентября состоялась церемония подписания договоров о присоединении Донецкой и Луганской народных республик, Запорожья и Херсонской областей к России [1]. Референдумы по этому вопросу прошли в указанных регионах с 23 по 27 сентября.

Федеральным конституционным Законом РФ [2] до 1 января 2026 года определен адаптационный период, в течение которого будет налажено вхождение новых административно-территориальных единиц в правовую, финансовую и экономическую системы Российской Федерации, кроме того будет проведена адаптация органов государственной власти к системе госорганов Российской Федерации.

Установлено, что законодательство указанных субъектов действует на территории вновь обретённых территорий до окончания переходного периода или до принятия соответствующих нормативного правового акта Российской Федерации и (или) нормативного правового акта нового субъекта.

### **Материал и методы**

В настоящее время структура органов управления Луганской народной Республики и Донецкой народной Республики имеет существенные различия с системой органов власти типичных российских регионов. В указанных субъектах имеются структуры парламентов и правительственных учреждений, сложившихся в период самопровозглашённой независимости, тогда как в Запорожской и Херсонской областях система органов власти формируется заново.

Правительство Российской Федерации понимая о проблемах, с которыми могут сталкиваться жители новых регионов и учитывая опыт интеграции в российские общественные отношения населения Республики Крым стремится смягчить неудобства переходного периода и адаптации к правовому полю Российской Федерации уже привычному для нас.

### **Теория**

Так, в контексте определения порядка проведения регистрационных действий и приёма экзаменов на право управления транспортными средствами с выдачей водительских удостоверений для вновь обретённых республик и областей РФ в период адаптации до 1 января 2026 года было принято соответствующее Постановление Правительства РФ [3] которое закрепляет ряд послаблений для населения и организаций находящихся на новых территориях на момент принятия в состав Российской Федерации.

Однако, несмотря на это, личный состав вновь образованных подразделений Госавтоинспекции новых территорий испытывает некоторые затруднения в работе по алгоритмам предписанным российским регистрационно-экзаменационным подразделениям Госавтоинспекции. В целях ускорения их адаптации две учебные группы указанных сотрудников про-

ходили обучение в стенах Орловского юридического института МВД России имени В.В. Лукьянова, осуществляющего функции учебно-научного центра по реализации приоритетного профиля подготовки «Деятельность подразделений Государственной инспекции безопасности дорожного движения» [4].

Научно-педагогический состав института в период с 6 по 20 декабря 2022 года взаимодействовал в рамках образовательного процесса с будущими сотрудниками подразделений Госавтоинспекции указанных субъектов РФ в количестве 30 человек на которых в настоящее время возложены обязанности по реализации государственных услуг связанных с регистрацией транспортных средств, приёма экзамена на получение права управления транспортными средствами, а также выдачи соответствующих водительских удостоверений.

Анкетирование указанных лиц, живое общение, а также продолжающаяся по настоящий момент онлайн консультативная помощь позволили выявить ряд проблем, с которыми сталкиваются сотрудники регистрационно-экзаменационных отделов указанных субъектов:

1. Проблема комплектования органов внутренних дел и, в частности, подразделений Госавтоинспекции [5].

В настоящее время в органах внутренних дел РФ в силу разных причин наблюдается некомплект в количестве 105 тысяч сотрудников (20 %) и это без учёта новых территорий [6].

В ходе выступления на «правительственном часе» [7] 19 октября 2022 года, Министр внутренних дел РФ Колокольцев Владимир Александрович отметил, что сейчас перед его Министерством стоит важная задача — создание условий для функционирования подразделений в новых субъектах России. Действующие сотрудники полиции уже реализуют комплекс мероприятий по недопущению осложнения оперативной обстановки в территориях, являющихся зонами их ответственности, а личный состав приграничных территорий переведён на режим усиленного несения службы. Особое внимание уделяется соседствующим с Украиной регионам.

В таких условиях МВД России не может себе позволить формирование подразделений МВД на новых территориях РФ за счет действующего состава полиции из других регионов.

Представитель комитета Государственной Думы РФ по вопросам безопасности и противодействия коррупции Андрей Альшевский комментируя итоги данного «правительственного часа» подтвердил данный тезис, обратив внимание на то, что формирование органов внутренних дел на территориях ДНР, ЛНР и остальных областей будет проводиться путем увеличения штата и введения действующих на территории Российской Федерации стандартов [8].

Представляется, что работа по обеспечению общественного правопорядка и борьба с преступностью на присоединенных территориях будут выстраиваться в рамках действующего российского законодательства, «но режим специальной военной операции будет давать определенный оттенок».

Ранее Министр внутренних дел РФ Колокольцев Владимир Александрович заявил, что Министерству внутренних дел необходимо набрать 42 000 сотрудников для работы в ДНР, ЛНР, Херсонской и Запорожской областях к 2026 г. В Госдуме на заседании фракции «Справедливая Россия» он также отметил, что «У нас огромный некомплект. 90 000 личного состава. Если мы будем за счет него комплектовать новые подразделения на освобожденных территориях, ничего хорошего не получится» [9].

Полагаем, что набор новых сотрудников для работы в указанных субъектах, применительно к деятельности подразделений МРЭО ГИИБДД сопряжен с необходимостью поддержания профильной подготовки, практико-ориентированного обучения, самообразования, так как деятельность указанных подразделений направлена на предоставление государственных и муниципальных услуг федеральными органами исполнительной власти, где недопустимы просчеты, связанные с недостаточной квалификацией лиц их оказывающих.

2. Проблема адаптации к нормативной правовой базе и взаимодействием с органами власти, министерствами и ведомствами.

Вновь набранные сотрудники межрайонных регистрационно-экзаменационных отделов (МРЭО) Госавтоинспекции РФ в указанных субъектах должны в короткий промежуток времени помимо специфики профессиональной деятельности изучить систему органов власти РФ, министерств и ведомств, их полномочия, круг ответственности, а также систему взаимодействия. Особенную сложность вызывает соблюдение сроков при оказании гражданам государственных услуг в порядке, предписанном соответствующими Административными

регламентами по приёму экзамена на право управления транспортными средствами и выдаче водительских удостоверений [10] и регистрации транспортных средств [11].

Обучавшимися в указанный период в стенах института слушателями из вновь обретенных субъектов РФ отмечается острая необходимость в единых для всех субъектах рекомендациях по документообороту, по взаимодействию с органами власти, министерствами и ведомствами по вопросам оказания государственных услуг Госавтоинспекцией МВД России с конкретными отсылками к регламентирующей указанные вопросы нормативной правовой базе.

3. Проблема доступа сотрудников Госавтоинспекции МВД России указанных субъектов, оказывающих государственные услуги к базам федеральной информационной системы (ФИС ГИБДД- М).

Указанная федеральная информационная система позволяет получать и обрабатывать структурированные данные из любой точки России в режиме реального времени, учитывая уровень и права доступа пользователя [12].

В действующих реалиях переходного периода, осложняющихся особыми обстоятельствами, связанными с проведением специальной военной операции отсутствует, технически безопасная возможность обеспечения прямого доступа указанных субъектов к защищенным каналам связи с доступом к оперативно-служебной информации ограниченного распространения.

Обращение к базам данных ФИС ГИБДД-М при оказании государственных услуг реализуется посредством предоставления и запроса интересующей информации МРЭО Госавтоинспекции МВД России ЛНР и ДНР через УГИБДД ГУМВД России по Ростовской области, а МРЭО Госавтоинспекции МВД России Херсонской и Запорожской области через УГИБДД МВД по Республике Крым. Это влечет увеличение сроков внесения в базу данных информации из указанных субъектов с 1 часа до 2-3 дней, что является нарушением положений приказа МВД России от 21 декабря 2019 г. № 950 «Об утверждении Административного регламента Министерства внутренних дел Российской Федерации предоставления государственной услуги по регистрации транспортных средств».

У сотрудников регистрационно-экзаменационных подразделений есть трудности, связанные со своевременным получением сведений:

- о совершенных ДТП;
- о ранее выдававшихся удостоверениях водителя;
- об автомобилях с прекращенной регистрацией или с имеющимися ограничениями и запретами регистрационных действий, которые были на них наложены в установленном порядке;
- об автомобилях, которые прошли технический осмотр;
- о собственниках транспортных средств и зарегистрированных за ними автомобилях;
- о специальной продукции которая была распределена в установленном порядке, была утрачена, похищена или выбракована;
- о бланках договоров обязательного страхования гражданской ответственности;
- о паспортах транспортных средств;
- о гражданах которые ранее привлекались к административной ответственности за нарушение ПДД РФ;
- об автомобилях и лицах, которые находятся в федеральном розыске.

4. Несоблюдения положений федерального законодательства об обязательном страховании автогражданской ответственности [13].

О ней в своем выступлении 4 апреля перед сенаторами РФ отмечал и Заместитель Министра финансов РФ Моисеев Алексей Владимирович [14]. Он констатировал, что в четырех новых регионах России нет крупных страховщиков ОСАГО. Ситуация парадоксальная - юрисдикция на новых территориях российская, а страховщиков, способных удовлетворять потребность в ОСАГО, там нет. Имеется проблема постановки транспортных средств на учёт, а также изменение собственника.

В настоящее время на новых территориях работает две небольшие страховые компании и ни одной из ведущих, впрочем, такая ситуация сохраняется и в Республике Крым.

В контексте решения этой проблемы президент Российского союза автостраховщиков (РСА) Евгений Уфимцев надеется на онлайн-технологии и сообщает, что новые регионы смогут приобретать ОСАГО через систему Е-Гарант. Но, во-первых, при покупке электронного полиса система часто дает сбой. О чем свидетельствуют в сети гневные пассажи автовладельцев Крыма, где, кстати, 958 тысяч человек (49,5 % населения) живёт в сельской местности [15] и не все умеют пользоваться интернетом. Во-вторых, в новых регионах сельских

территорий тоже немало, а также с сетью вообще проблема из-за проведения специальной военной операции. В-третьих, сейчас система обязательного страхования автогражданской ответственности претерпевает внутреннюю реформу и как раз с электронными базами данных – Центральный Банк РФ создал дочернюю структуру – автоматизированную информационную систему (АИС) ОСАГО[16], для которой из РСА изъят все данные.

#### **5. Проблема подготовки водителей.**

В настоящее время подготовка кандидатов водители в указанных субъектах не в полной мере соответствует требованиям предъявляемым образовательными программами утвержденными приказом Министерства просвещения РФ от 8 ноября 2021 г. № 808 «Об утверждении примерных программ профессионального обучения водителей транспортных средств соответствующих категорий и подкатегорий» [17].

Нет ни одной автошколы деятельность которой полностью выстраивалась бы в соответствии с требованиями указанного нормативного правового акта. Лица, осуществляющие практическое обучение вождению транспортных средств, не соответствуют положениям профессионального стандарта «Мастер производственного обучения вождению транспортных средств соответствующих категорий и подкатегорий» [18].

Как указано в положениях пункта 28.9 Административного регламента по приёму экзамена на право управления транспортными средствами и выдаче водительских удостоверений, чтобы получить указанную государственную услугу кандидаты в водители должны представить документ, который будет подтверждать профессиональное обучение по программам подготовки водителей транспортных средств [19].

Если кандидат в водители представит для получения государственной услуги документ, который не будет соответствовать требованиям законодательства Российской Федерации, в оказании государственной услуги в виде приёма экзамена на право управления транспортным средством ему будет отказано.

#### **Результаты и обсуждение**

Фактически, граждане РФ, проживающие на вновь приобретенных территориях не имеют возможности впервые получить водительское удостоверение, так как обучение их проходило по программам подготовки водителей которые не соответствуют требованиям указанного выше приказа Министерства просвещения РФ.

Проводимая специальная военная операция, безусловно, вносит коррективы в процесс интеграции новых субъектов. Однако, совершенствование управленческого звена, приведение его в соответствие с общероссийскими требованиями должна продолжаться и в этих условиях.

Экспертное сообщество считает, что интеграция в РФ с управленческой точки зрения новых территорий будет происходить по «крымскому сценарию» [20].

Применительно к обеспечению безопасности дорожного движения в указанных субъектах в настоящее время требуется обстоятельная работа по совершенствованию и приведению к общероссийскому стандарту законодательства. По сей день, законодательство новых территорий имеет в своей системе положения украинских законов, что неудивительно, так как до конца 2022 года системе государственного управления ЛНР и ДНР так было проще.

Для Правительства РФ важно, чтобы структура органов государственной власти на вновь обретенных территориях была привычной. Органам власти указанных субъектов предстоят масштабные изменения, начиная со структуры и заканчивая стилем управления, чтобы обеспечить оптимальное взаимодействие и персональную ответственность каждого контрагента.

#### **Выводы**

Отдельной задачей сейчас стоит интеграция силовых структур. Сейчас в ДНР и ЛНР они самостоятельны, а в России эти функции выполняют территориальные органы федеральных министерств и ведомств.

В отличие от ДНР и ЛНР, в Запорожской и Херсонской областях придётся формировать управленческий аппарат за счёт кадровых ресурсов Российской Федерации. Прежние украинские властные структуры в указанных областях не функционируют, а процесс создания российских начался сравнительно недавно- несколько месяцев назад.

Стоит отметить, что в Запорожской и Херсонской областях, где систему управления придётся выстраивать, заново ожидаются особые трудности. Проблемой видится командная работа. Сейчас единой команды нет, люди будут набираться из разных ведомств и субъектов РФ, что будет существенно затруднять внутреннюю координацию. В указанных субъектах придётся также создавать заново необходимые базы данных, так как украинские управленцы эти регионы покинули и такие изъяти все необходимые массивы данных.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Российская Федерация. Президент (2018; В.В. Путин): Официальный сайт Президента РФ [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/69465>
2. Российская Федерация. Законы. О принятии в Российскую Федерацию Донецкой Народной Республики и образовании в составе Российской Федерации нового субъекта - Донецкой Народной Республики: Федеральный конституционный закон РФ от 4 октября 2022 года №5-ФКЗ.
3. Российская Федерация. Правительство. Об особенностях предоставления государственных услуг по регистрации транспортных средств и выдаче водительских удостоверений, а также о внесении изменения в пункт 14 Правил государственной регистрации транспортных средств в регистрационных подразделениях Государственной инспекции безопасности дорожного движения Министерства внутренних дел Российской Федерации: Постановление Правительства РФ от 2 декабря 2022 г. №2216.
4. Российская Федерация. Министерство внутренних дел РФ. О профилизации образовательных учреждений МВД России: приказ МВД России от 29 августа 2012 года №820.
5. Интернет-сайт периодического издания «Ведомости» [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.vedomosti.ru/politics/news/2022/10/19/946364-politseiskih-ne-budut-otpravlyat>
6. Российская Федерация. Президент (2018; В.В. Путин). Официальный сайт Президента РФ [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/catalog/persons/310/events/70744>
7. Российская Федерация. Государственная дума РФ. Официальный сайт Государственной Думы РФ [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://duma.gov.ru/news/55541/>
8. Интернет-сайт новостного портала Луганской народной республики [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://lnr-news.ru/society/2022/10/19/81393.html>
9. Интернет-сайт периодического издания «Ведомости» [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.vedomosti.ru/society/news/2022/10/18/946122-v-mvd-zayavili-o-neobhodimosti-nabrat-42-000-sotrudniko>
10. Российская Федерация. Министерство внутренних дел РФ. Об утверждении Административного регламента Министерства внутренних дел Российской Федерации по предоставлению государственной услуги по проведению экзаменов на право управления транспортными средствами и выдаче водительских удостоверений: приказ МВД России от 20 февраля 2021 г. №80.
11. Российская Федерация. Министерство внутренних дел РФ. Об утверждении Административного регламента Министерства внутренних дел Российской Федерации предоставления государственной услуги по регистрации транспортных средств: приказ МВД России от 21 декабря 2019 г. №950.
12. Российская Федерация. Министерство внутренних дел РФ. О системе информационного обеспечения подразделений Госавтоинспекции: приказ МВД России от 3 декабря 2007 г. № 1144.
13. Российская Федерация. Законы. Об обязательном страховании гражданской ответственности владельцев транспортных средств: Федеральный закон от 25 апреля 2002 № 40-ФЗ (ред. от 28.12.2022).
14. Интернет-сайт периодического издания «Российская газета» [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://rg.ru/2023/04/12/problema-osago-v-novyh-regionah.html>
15. Интернет-сайт Российского информационного агентства «Новости» (Крым) [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://crimea.ria.ru/20220629/vlasti-soobschili-o-roste-chislennosti-naseleniya-kryma-za-schet-migrantov-1123692416.html>
16. Интернет-сайт периодического издания «Известия» [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://iz.ru/1426030/kirill-sazonov/otdaite-vse-tcb-poluchit-kontrol-nad-bazoi-dannykh-osago>
17. Российская Федерация. Министерство просвещения РФ. Об утверждении примерных программ профессионального обучения водителей транспортных средств соответствующих категорий и подкатегорий: приказ Министерства просвещения РФ от 8 ноября 2021 г. №808.
18. Российская Федерация. Министерство труда и социальной защиты РФ. Об утверждении профессионального стандарта «Мастер производственного обучения вождению транспортных средств соответствующих категорий и подкатегорий»: приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 28 сентября 2018 г. №603н.
19. Российская Федерация. Законы. Об образовании в Российской Федерации: Федеральный закон РФ от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ.
20. Интернет-сайт периодического издания Коммерсант [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/5651012>

**Зейналов Фазил Назим оглы**

Орловский юридический институт МВД России имени В.В. Лукьянова

Адрес: 302027, Россия, г. Орёл, ул. Игнатова, 2

К.т.н., доцент, начальник кафедры организации деятельности ГИБДД

E-mail: fazil-z@yandex.ru

---

F.N. ZEYNALOV

## ISSUES OF INTEGRATION OF THE STATE TRAFFIC INSPECTORATE OF THE NEW SUBJECTS OF THE RUSSIAN FEDERATION INTO THE SYSTEM OF PUBLIC SERVICES PROVIDED IN THE FIELD OF ROAD SAFETY

*Abstract.* The author studied the experience of the registration and examination units of the

*traffic police of the newly acquired subjects of the Russian Federation in the provision of public services, conducted a survey of 30 employees, identified problems of integration of the State Traffic Inspectorate of the new subjects of the Russian Federation into the system of public services in the field of road safety, described the accompanying circumstances, identified organizational and methodological measures to reduce the integration of these public relations in line with the Russian legal system..*

**Keywords:** *road safety, provision of public services, new subjects of the Russian Federation, Traffic police, integration problems, transition period*

## BIBLIOGRAPHY

1. Rossiyskaya Federatsiya. Prezident (2018; V.V. Putin): Ofitsial`nyy sayt Prezidenta RF [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/69465>
2. Rossiyskaya Federatsiya. Zakony. O prinyatii v Rossiyskuyu Federatsiyu Donetskoy Narodnoy Respubliki i obrazovaniy v sostave Rossiyskoy Federatsii novogo sub"ekta - Donetskoy Narodnoy Respubliki: Federal`nyy konstitutsionnyy zakon RF ot 4 oktyabrya 2022 goda №5-FKZ.
3. Rossiyskaya Federatsiya. Pravitel`stvo. Ob osobennostyakh predostavleniya gosudarstvennykh uslug po registratsii transportnykh sredstv i vydache voditel`skikh udostovereniy, a takzhe o vnesenii izmeneniya v punkt 14 Pravil gosudarstvennoy registratsii transportnykh sredstv v registratsionnykh podrazdeleniyakh Gosudarstvennoy inspeksii bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya Ministerstva vnutrennikh del Rossiyskoy Federatsii: Postanovlenie Pravitel`stva RF ot 2 dekabrya 2022 g. №2216.
4. Rossiyskaya Federatsiya. Ministerstvo vnutrennikh del RF. O profilizatsii obrazovatel`nykh uchrezhdeniy MVD Rossii: prikaz MVD Rossii ot 29 avgusta 2012 goda №820.
5. Internet-sayt periodicheskogo izdaniya «Vedomosti» [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://www.vedomosti.ru/politics/news/2022/10/19/946364-politseiskih-ne-budut-otpravlyat>
6. Rossiyskaya Federatsiya. Prezident (2018; V.V. Putin). Ofitsial`nyy sayt Prezidenta RF [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <http://www.kremlin.ru/catalog/persons/310/events/70744>
7. Rossiyskaya Federatsiya. Gosudarstvennaya дума RF. Ofitsial`nyy sayt Gosudarstvennoy Dumy RF [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <http://duma.gov.ru/news/55541/>
8. Internet-sayt novostnogo portala Luganskoy narodnoy respubliki [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://lnr-news.ru/society/2022/10/19/81393.html>
9. Internet-sayt periodicheskogo izdaniya «Vedomosti» [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://www.vedomosti.ru/society/news/2022/10/18/946122-v-mvd-zayavili-o-neobhodimosti-nabrat-42-000-sotrudniko>
10. Rossiyskaya Federatsiya. Ministerstvo vnutrennikh del RF. Ob utverzhdenii Administrativnogo reglamenta Ministerstva vnutrennikh del Rossiyskoy Federatsii po predostavleniyu gosudarstvennoy uslugi po provedeniyu ekzamenov na pravo upravleniya transportnymi sredstvami i vydache voditel`skikh udostovereniy: prikaz MVD Rossii ot 20 fevralya 2021 g. №80.
11. Rossiyskaya Federatsiya. Ministerstvo vnutrennikh del RF. Ob utverzhdenii Administrativnogo reglamenta Ministerstva vnutrennikh del Rossiyskoy Federatsii predostavleniya gosudarstvennoy uslugi po registratsii transportnykh sredstv: prikaz MVD Rossii ot 21 dekabrya 2019 g. №950.
12. Rossiyskaya Federatsiya. Ministerstvo vnutrennikh del RF. O sisteme informatsionnogo obespecheniya podrazdeleniy Gosavtoinspeksii: prikaz MVD Rossii ot 3 dekabrya 2007 g. № 1144.
13. Rossiyskaya Federatsiya. Zakony. Ob obyazatel`nom strakhovanii grazhdanskoy otvetstvennosti vladel`tsev transportnykh sredstv: Federal`nyy zakon ot 25 aprelya 2002 № 40-FZ (red. ot 28.12.2022).
14. Internet-sayt periodicheskogo izdaniya «Rossiyskaya gazeta» [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://rg.ru/2023/04/12/problema-osago-v-novyh-regionah.html>
15. Internet-sayt Rossiyskogo informatsionnogo agenstva «Novosti» (Krym) [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://crimea.ria.ru/20220629/vlasti-soobshchili-o-roste-chislennosti-naseleniya-kryma-za-schet-migrantov-1123692416.html>
16. Internet-sayt periodicheskogo izdaniya «Izvestiya» [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://iz.ru/1426030/kirill-sazonov/otdaite-vse-tcb-poluchit-kontrol-nad-bazoi-dannykh-osago>
17. Rossiyskaya Federatsiya. Ministerstvo prosveshcheniya RF. Ob utverzhdenii primernykh programm professional'nogo obucheniya voditeley transportnykh sredstv sootvetstvuyushchikh kategoriy i podkategoriy: prikaz Ministerstva prosveshcheniya RF ot 8 noyabrya 2021 g. №808.
18. Rossiyskaya Federatsiya. Ministerstvo truda i sotsial`noy zashchity RF. Ob utverzhdenii professional'nogo standarta «Master proizvodstvennogo obucheniya vozhdeniyu transportnykh sredstv sootvetstvuyushchikh kategoriy i podkategoriy»: prikaz Ministerstva truda i sotsial`noy zashchity RF ot 28 sentyabrya 2018 g. №603n.
19. Rossiyskaya Federatsiya. Zakony. Ob obrazovanii v Rossiyskoy Federatsii: Federal`nyy zakon RF ot 29 dekabrya 2012 g. № 273-FZ.
20. Internet-sayt periodicheskogo izdaniya Kommersant [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://www.kommersant.ru/doc/5651012>

### **Zeynalov Fazil Nazim**

Oryol Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia  
Address: 302027, Russia, Orel, Ignatova str., 2  
Candidate of technical sciences  
E-mail: fazil-z@yandex.ru

Научная статья

УДК 656.113

doi:10.33979/2073-7432-2023-3-2(82)-128-136

Е.В. АГЕЕВ, Е.С. ВИНОГРАДОВ

## **ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ АНАЛИЗА ДОРОЖНОЙ СИТУАЦИИ КАНДИДАТОМ В ВОДИТЕЛИ НА ЭТАПЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ**

***Аннотация.** В данной статье представлены причины, оказывающие непосредственное влияние на механизм возникновения дорожно-транспортных происшествий. Определены факторы, оказывающие влияние на надежность восприятия дорожной информации при управлении транспортным средством, на этапе движения по учебному маршруту в населенном, и вне населенного пункта. Рассмотрена информационная модель анализа дорожно-транспортной ситуации кандидатом в водители на этапе практической подготовки. Установлена возрастающая последовательность пропуска дорожных знаков на этапе практической подготовки кандидатом в водители в учебном центре.*

***Ключевые слова:** информационная модель, Водитель-Автомобиль-Дорога-Среда (ВАДС), ДПП, профессиональная подготовка, восприятие дорожной ситуации, дорожные знаки*

### **Введение**

Автомобильный транспорт занимает лидирующие позиции в современном обществе. Ежегодный прирост автомобильного парка, включение новых водителей приводят к существенному изменению условий дорожного движения [1], его интенсивности, создавая существенные проблемы особенно в крупных городах (заторы, загазованность, возникновение дорожно-транспортных происшествий). При анализе основных причин дорожно-транспортных происшествий (рис. 1) необходимо учитывать факторы, оказывающие влияние на механизм такой аварии, который не соответствует нормативам бесперебойной работы элементов системы Водитель-Автомобиль-Дорога-Среда (ВАДС) [2-5].

В тоже время огромное количество аварий происходят в нестандартных дорожных условиях, по причине неподготовленности водителя к правильным действиям или не достаточной подготовки в учебном центре. При этом большое значение в возникновении аварийной ситуации является нарушения правил дорожного движения (ПДД) (превышение установленной скорости движения, выезд на встречную полосу, сознательное нарушение правил проезда перекрестков, обгонов, неправильный выбор дистанции, проезда железнодорожных переездов, управление транспортным средством в состоянии опьянении и др.) [6]. Основные факторы [7], оказывающие влияние на условия обеспечения безопасности дорожного движения можно выделить:

- метеорологические условия движения (дождь, снег, гололед, туман и др.);
- техническое состояние поверхности улично-дорожной сети;
- плотность транспортного потока;
- культура поведения на дороге (соблюдение ПДД);
- техническое состояние транспортных средств;
- организация движения (отсутствие барьеров на дороге, своевременное ремонтное и благоустройство улиц и тротуаров, разгрузка популярных мест и др.);
- способности и опыт водителя (водительский стаж, уровень подготовки водителя);
- условия движения (участки дорог с большим количеством поворотов, наличие подъёмов и др.)
- экологические условия движения.



Рисунок 1 – Причины, оказывающие влияние на механизм возникновения дорожно-транспортных происшествий

В дорожно-транспортной аварийности наряду с вопросом о функции критериев исследуются причины и факторы, оказывающие влияние на механизм возникновения ДТП. В этом случае метод анализа характеризует не количественный показатель, а качественный механизм конкретного ДТП совершенным водителем. При этом причины, оказывающие влияние подразделяются на «непосредственные» при которых предполагаются условия, ухудшающие восприятие дорожной ситуации (усталость, спешка, опьянение), и профессиональные связанные с водительской деятельностью.

### Материал и методы

Обустройство улично-дорожной сети является важным элементом условий обеспечения безопасности движения на дорогах. Основная задача проектирования заключается в создании комфортных и безопасных условий для всех участников дорожного движения, что позволит снизить общее количество ДТП, обеспечить более эффективное использование транспортной инфраструктуры системы «ВАДС». В тоже время самым уязвимым звеном системы является «Водитель», от его действий (поведения) зависит условия безопасного движения [8-10].

В процессе управления транспортным средством водитель принимает быстрые решения, основываясь на доступных ему знаниях и опыте. Данный процесс происходит в условиях высокой информационной нагрузки и временных ограничений, поскольку водитель должен быстро реагировать на изменяющиеся условия на дороге. Примером такого поведения является реакция на дорожные знаки, разметку, средства светофорного регулирования, других участников. В тоже время водитель должен быстро адаптироваться к изменяющейся обстановке и адекватно реагировать на новые условия движения, чтобы предотвратить дорожно-транспортные происшествия [11]. Дорожные ситуации возникающие в процессе движения транспортного средства направлены на условие прогнозирования развития событий в зависимости от желаний и возможностей водителей.

Умение прогнозировать условия дорожного движения зависят в первую очередь от опыта водительского стажа. Ошибки в опережающих оценках могут приводить к необходимости кардинального изменения принятых решений, чтобы избежать возможного столкнове-

ния с другим участником в сложных дорожных ситуациях. Чтобы минимизировать возможность ошибок в опережающих оценках, водители должны иметь хороший опыт управления транспортным средством, следить за дорожным движением и оценивать возможности водителей других автомобилей. При этом начинающим водителям сложно ориентироваться в дорожной обстановке вследствие недостаточного опыта именно поэтому начинающие водители должны уделять особое внимание обучению, направленному на повышение их навыков управления автомобилем и развития интуиции в дорожной обстановке, должны соблюдать правила дорожного движения, следить за дорожной обстановкой и избегать опасных ситуаций на дороге [12-15].

Таким образом трудности заключаются в отсутствии опыта предвидеть исход развития дорожной ситуации. По мере накопления опыта водитель способен принимать правильное решение на основании полученных ранее знаний с которыми встречался на дороге, что способствует из  $n$  известных дорожных ситуаций экстраполировать дорожную обстановку. Кроме того, опытный водитель имеет больше знаний о характеристиках транспортных средств, их реакции на различные условия дорожного движения, обладает навыками управления автомобилем. Что способствует быстрее и более точно оценивать ситуации на дороге и предвидеть возможные опасности. В то же время начинающий водитель имеет завышенную самооценку, для опытных водителей самооценка занижена, что позволяет ему быть более осторожным и внимательным на дороге, способствует прогнозировать дорожную обстановку и принимать правильные решения в опасных ситуациях с опережающим воздействием.

Полученная информация позволяет объективно принимать правильные решения или подтверждать выполнение действий, например, движения по дорогам малого радиуса, где установлен предупреждающий дорожный знак 1.11.1, 1.11.2 опасный поворот 1.12.1, 1.12.2 опасные повороты, что подтверждается зрительным контактом в виде поворачивающих границ дороги. Наличие данной информации основаны на следующих принципах (ведущего, сдерживающего, запрещающего) характера (рис. 2).



*Рисунок 2 – Информационная модель анализа дорожно-транспортной ситуации кандидатом в водители*

Ведущий принцип направлен на стимулирование нужного и адаптированного поведения. Используя этот принцип, можно создать условия, которые стимулируют водителя к выполнению определенных действий (своевременное выполнение маневров). С помощью

сдерживающего принципа учитывается существующее конкретное условие (особенности кривой, наличия препятствия) движения связанного с управлением транспортным средством. Сдерживающий и ведущий принцип не противоположны друг другу, а дополняют друг друга. Использование обоих принципов помогает создать эффективную обстановку, в которой водители могут правильно и адаптировано действовать, достигая поставленных целей и задач [16-20].

Ведущий принцип использует информацию в определенных ситуациях, когда нужно предусмотреть не только стандартные дорожные ситуации, этот принцип может быть неэффективен. В этом случае необходимо использовать запрещающий принцип, который явно указывает на нежелательные действия и предупреждает об опасностях. Выбор принципа воздействия на поведение водителя зависит от конкретных условий и целей. В некоторых случаях можно комбинировать оба принципа, использовать ведущий принцип для улучшения условий восприятия и сохранения безопасности и явного предупреждения об опасностях на дороге.

### **Теория / Расчет**

Описание процессов элементарной модели восприятия дорожной информации (анализ дорожных знаков, расположенных в около дорожном пространстве) характеризует моменты времени по считыванию дорожной обстановки в  $n$  период времени. Закон распределение промежутков времени между поступающей информацией может быть различным. Поступающая информация реализуется по мере ее анализа кандидатом в водители, в результате полученная система имеет только один канал обратной связи «Водитель-Дорожный знак».

Длительность анализа дорожной ситуации является случайной величиной с заданным законом распределения. Элементарная модель системы восприятия дорожной ситуации представляет собой ввод входящей информации ( $T_m$ ) определяющий интервал дорожного моделирования, ( $I_{вх}, I_{обр}$ ) исходя из закона распределения входного сигнала и закона распределения длительности анализа обработки входящей информации, ( $t_{осв}=0$ ) момент освобождения канала связи после анализа дорожной ситуации, ( $q_{ож}$ ) предельное время ожидания.

Кандидат в водители производит выборку случайного числа ( $q$ ) (дорожного знака) в соответствии с установленным законом распределения входящего потока и формирует момент поступления очередной значимой ситуации (1).

$$t_i = t_{i-1} + q, \quad (1)$$

где  $t_i$  – время поступающего следующего сигнала;

$t_{i-1}$  – время предыдущего сигнала;

Кандидат в водители осуществляет проверку  $t_i$  поступающей информации которые должны находиться в пределах восприятия сигнала  $[0, T_m]$  для обеспечения условия  $t_i < T_m$ , если условие не выполняется, то интервал моделирования исчерпан и необходимо переходить к обработке результатов моделирования т.е. к следующему интервалу времени, при выполнении условия производят расчет числа поступившей информации (1), производится расчет числа воспринимаемых объектов (2).

$$m_i = m + 1, \quad (2)$$

где  $m$  – общее число дорожных знаков, находящихся в поле видимости.

Определяется длительность пребывания дорожного знака в поле видимости (3)

$$t_{ож} = t_{осв} + t_i, \quad (3)$$

где  $t_{ож}$  – время пребывания  $n$  знака в поле видимости;

$t_{осв}$  – момент принятия решения.

Проверка очереди восприятия дорожного знака начинается в момент выполнения условия  $t_{ож} \leq 0$ , при  $t_{ож} = 0$  сигнал поступает в момент освобождения канала восприятия от предыдущего дорожного знака. При движении по участку дороги в условиях отсутствия дорожных знаков осуществляется простой канала по восприятию информации с дороги ( $t_{прост} = t_i - t_{осв}$ ), если условие  $t_{ож} \leq 0$  не выполняется, что свидетельствует об простой канала связи. Для данного этапа формируется предельная длительность пребывания в очереди ожидания  $T_{ож} = T_{ож.прост}$ . Такая информация покидает систему необслуженной, ей присваивается нулевая длительность  $T_{обсл} = 0$ , при этом число информации уменьшается на единицу  $m_i = m - 1$ . В

рассматриваемом случае действие  $n$  дорожного знака заканчивается и затем определяется момент освобождения канала восприятия дорожной ситуации после окончания обслуживания следующего знака (4)

$$t_{\text{осв}} = t_i + t_{\text{ож}} + t_{\text{обсл}}, \quad (4)$$

где  $t_{\text{обсл}}$  – время считывания дорожного знака.

Обработка входящей информации осуществляется по результатам суммы сигналов необходимых для статистического анализа соответствующих математических ожиданий, а также расчета вероятностей некоторых величин дорожных знаков [18-20]. Вероятность появления дорожного знака соответствующей группы можно рассчитать по формуле (5)

$$p_i(y) \approx \frac{1}{j} \sum_{j=1}^j y_i, \quad (5)$$

где  $p_i(y)$  – вероятность появления дорожного знака соответствующей группы;

$j$  – общее число дорожных знаков в поле видимости;

$y$  – функциональное значение  $i$  знака.

Частная обработка данных на  $n$  участке дороги заключается в поэтапном считывании информации о дорожных знаках (дорожной обстановки), которая необходима для последующего выполнения действий водителем при управлении автомобилем.

Вследствие пропуска дорожной информации, из-за превышения длительности ожидания происходит потеря данных для  $n$  участка дороги. После восприятия информации дорожного знака водитель моделирует свою деятельность, связанную с обработкой данных, то есть осуществляется составление алгоритма выполняемых действий. На основе расчетов оценок математических ожиданий определяем среднеквадратические отклонений следующих величин:

- время необходимое для восприятия дорожной информации системы «ВАДС»;
- время считывания дорожной информации;
- общее количество объектов в поле видимости водителя.

Для данных параметров осуществляется процесс оптимизации восприятия дорожных знаков, что позволяет улучшить эффективность дорожной сети на основе теории вероятности (вероятность анализа  $n$  дорожного знака, вероятность пропуска  $n$  дорожного знака, вероятность необходимого времени для восприятия  $n$  дорожного знака, вероятность нахождения информации в очереди по восприятию, вероятность превышения длительности ожидания для не обслуженной информации). Если вероятность отказа в обслуживании  $n$  знака высока, то необходимо выбирать маршруты движения с минимальным количеством дорожных знаков для учебного маршрута дороги или сократить время ожидания водителей на этом участке.

В результате анализа полученных вероятностей и оценок, можно принимать решения о необходимости увеличения емкости системы или оптимизации процесса обслуживания дорожного знака. Данная модель позволяет оценить эффективность различных стратегий управления транспортным средством на дорогах и определить наиболее оптимальные маршруты движения на этапе практической подготовки.

### **Результаты**

В результате наблюдения за поведением кандидатов в водители ( $n = 34$ ) при управлении транспортным средством на первоначальном этапе профессиональной подготовки в учебном центре г. Курска в период январь-апрель позволило установить, что заметность дорожных знаков зависит от ряда факторов, таких как размер, цвет, форма, расположение условия видимости, и условий движения в дневное или темное время суток.

При этом кандидаты в водители чаще всего обращают внимание знаки ограничения скорости, главная дорога, знаки регламентирующие направления движения по полосам, запрещающие остановку (стоянку). В тоже время при анализе нескольких одновременно установленных знаков, считывание информации ограничено исходя из приоритетов знаков и составляет 85 %.

На первом этапе восприятие дорожных знаков во время движения осуществлялось по учебному маршруту населенного пункта, кандидаты в водители определяли значение дорожных знаков наиболее распространенных, что составило 20% от всех знаков, выявлялись, как

правило дорожные знаки в зависимости от их важности.

На втором этапе исследования восприятие дорожных знаков во время движения по учебному маршруту осуществлялось при движении вне границ населенного пункта в аналогичных экспериментальных условиях. При движении на данном участке дороги мастер производственного обучения опрашивал кандидатов в водители о наличии последнего воспринимаемого знака который был опознан. Результаты исследований имеют обобщенный вид в таблице 1 приведены основные результаты. Примерно половине кандидатов в водители удавалось правильно назвать встретившийся дорожный знак и описать его характеристику и значение.

Таблица 1 – Возрастающая последовательность пропуска дорожных знаков на этапе практической подготовки кандидатов в водители

Группы дорожных знаков	Восприятие % (населённый пункт)		Восприятие % (вне населённого пункта)	
	Первый этап	Заключительный этап	Первый этап	Заключительный этап
Запрещающие знаки	48,8	83,2	42,1	79,
Знаки приоритета	42,4	78,8	38,4	72,8
Знаки особых предписаний	36,8	72,4	30,7	68,1
Предписывающие знаки	31,7	69,6	26,7	57,5
Предупреждающие знаки	29,6	67,2	23,2	69,3
Знаки дополнительной информации (таблички)	27,2	63,4	21,6	52,2
Информационные знаки	23,8	56,9	22,9	46,0
Знаки сервиса	21,5	50,3	18,5	41,0

Проведенные исследования позволили установить, что наиболее эффективным способом обращения внимания водителей на дорожные знаки является их положительное форматирование, то есть помещение знаков на белый фон с четкими контурами и яркими цветами. Также стоит учитывать, что восприятие дорожных знаков снижается при плохой видимости (туман, дождь), а также при движения автомобиля на высокой скорости [15].

Правильность восприятия дорожного знака зависит от каждого водителя в зависимости от степени значимости [15]. Больше всего кандидаты в водители обращают внимание на запрещающие знаки и знаки приоритета, чем на предупреждающие, информационные и предписывающие. Восприятие дорожной ситуации в сложных условиях выше, чем при благоприятных, что обуславливает эмоциональное состояния кандидата в водители «состояние напряжения». Полученные результаты позволили установить, что частота правильного восприятия дорожной ситуации меньше у водителей старшего возраста.

Кроме того, позитивные знаки в большинстве случаев не требуют управляющих действий от водителя, они всего лишь информируют о том, что на дороге произошло какое-то изменение или что впереди есть возможность выполнить ту или иную функцию (например, остановиться на парковке). Это позволяет водителю сосредоточиться на управлении автомобилем и не отвлекаться на изучение сложных знаков.

Исследования показывают, что время, затрачиваемое на опознание знаков дорожного движения, зависит не только от их содержания, но и от различных факторов, таких как уровень утомления водителя, скорость движения и т.д. Поэтому, чтобы повысить эффективность восприятия значения дорожных знаков, необходимо учитывать все эти факторы, которые позволяют быстро и легко опознать даже в условиях повышенной нагрузки на водителя.

Важную роль в восприятии дорожных знаков играет контекст окружающей среды, то есть фон и другие знаки вблизи [17]. Необходимо учитывать особенности различных групп водителей, так как возраст, опыт вождения и другие факторы могут влиять на способность воспринимать дорожные знаки. Молодые водители могут лучше справляться с знаками, имеющими узнаваемые символы, в то время как водители старшего возраста лучше воспринимают словесные знаки. Таким образом, проектирование и размещение дорожных знаков

должно учитывать множество параметров, чтобы обеспечить максимально эффективное и безопасное использование дорожного пространства.

### **Обсуждение**

Информация должна пониматься однозначно с учетом возможных альтернатив и в течение имеющегося в распоряжении времени кандидатом в водители. В тоже время информация на дороге должна быть понятной и удобной для восприятия водителем, которому необходимо принимать решения за короткий промежуток времени. Важно учитывать предыдущую информацию на дороге и согласовывать ее с текущей, чтобы предварительно водитель был готов к дальнейшим изменениям. Данные действия корректируются благодаря установленным дорожным знакам в местах, где требуется быстрое изменение характера движения. Проведенные исследования восприятия дорожной информации способствуют определить оптимальные параметры для обеспечения читаемости и анализе дорожных знаков кандидатом в водители при разном скоростном режиме движения.

Таким образом, восприятие дорожных знаков ограничено определенной информационной пропускной способностью, не позволяя осознать все знаки, которые находятся перед водителем одновременно. Поэтому, при проектировании систем дорожной сигнализации необходимо учитывать эту информационную ограниченность и размещать знаки более эффективно, чтобы не перегружать восприятие и не снижать безопасность дорожного движения.

### **Выводы**

Дорожные знаки и дорожно-транспортные сооружения являются важными элементами безопасности на дороге согласно сдерживающего принципа. Способствуют предупредить неадаптированное поведение или формируют адаптированное поведение среди участников дорожного движения. Восприятие дорожных знаков позволило установить проблему пропуска отдельных дорожных знаков на определенных учебных маршрутов движения.

Установлена проблема привыкаемости к определенным дорожным знакам и их подсознательного или сознательного игнорирования. Восприятие дорожных знаков зависит от оформления, мотива и объективной дорожной обстановки, что помогает снизить количество дорожно-транспортных происшествий и информировать водителей о дорожной обстановке. Воздействие знака на органы чувств водителей зависят от вида и частоты поступающих сигналов и системы обратной связи. Своевременный анализ дорожной ситуации кандидатом в водители на этапе практической подготовки формирует прочную практику вождения и является примером для последующего самостоятельного управления транспортным средством.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Ageev E.V., Vinogradov E.S. Методика исследования параметров подсистемы «Курсант-Автомобиль» // Мир транспорта и технологических машин. – 2022. – №3-2(78). – С. 113-118.
2. Абраумов О.В., Сошников М.В., Трофимец А.А. Факторный анализ дорожно-транспортных происшествий на федеральных трассах России // Актуальные научные исследования в современном мире. – 2020. – №12-6(68). – С. 27-32.
3. Мишуринов В.М., Романов А.Н. Надёжность водителя и безопасность движения. – М.: Транспорт, – 1990. – 167 с.
4. Haque M. Ohidul, Tariq H. Haque Evaluating the effects of the road safety system approach in Brunei // Transportation Research Part A: Policy and Practice. – 2018. – Vol. 118. – P. 594-607.
5. Jamous Wael, Chandra Balijepalli Assessing travel time reliability implications due to roadworks on private vehicles and public transport services in urban road networks // Journal of traffic and transportation engineering. – 2018. – Vol. 5. – P. 296-308.
6. Ageev E.V., Vinogradov E.S., Novikov A.N. Application of Digital Learning in the Vehicle Operator Training System // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: 2020 International Science and Technology Conference on Earth Science. – Vladivostok. – Vol. 666. – 2021. – P. 062001.
7. Свистунова А.Ю. Анализ факторов, влияющих на безопасность дорожного движения // Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева. – 2020. – С. 311-315
8. Макарова И.В., Шубенкова К.А. Оценка рисков влияния изменений конфигурации улично-дорожной сети на повышение безопасности участников дорожного движения // Социально-экономические и технические системы: исследование, проектирование, оптимизация. – 2017. – №3(76). – С. 52-61.

9. Корчагин В.А., Ляпин С.А., Клявин В.Э., Ситников В.В. Повышение безопасности движения автомобилей на основе анализа аварийности и моделирования ДТП // Фундаментальные исследования. – 2015. – №6-2. – С. 251-256.
10. Басков В.Н., Шатов И.А. Управление дорожным движением с учётом особенностей улично-дорожной сети // Актуальные вопросы организации автомобильных перевозок и безопасности движения – Саратов: Межрегиональный центр инновационных технологий в образовании. - 2018. – С. 25-29
11. Виноградов Е.С., Агеев Е.В. Анализ деятельности водителя по управлению системой «Водитель-Автомобиль-Дорога-Среда движения» / Под общей редакцией А.Н. Новикова // Информационные технологии и инновации на транспорте: Материалы VI Международной научно-практической конференции. – Орёл: ОГУ имени И.С. Тургенева. - 2020. – С. 198-204.
12. Романов А.Н., Пегин П.А. Надёжность водителя // Хабаровск: ТОГУ. – 2006. – 376 с.
13. Клеббельсберг Д. Транспортная психология. – М: Транспорт, 1989. – 368 с.
14. Rothe J.P. Driving lessons: exploring systems that make traffic safer Edmonton // University of alberta press. – 2002. – 32 p.
15. Алексеев Л.А., Кузнецов Ю.А. Физиология водителя и ее влияние на безопасность дорожного движения // Автотранспортное предприятие. – 2014. – №1. – С. 16-18.
16. Агеев Е.В., Новиков А.Н., Виноградов Е.С. Модель деятельности кандидата в водители в системе «Курсант-Автомобиль-Дорога-Среда движения» // Мир транспорта и технологических машин. – 2021. – №4(75). – С. 98-104.
17. Новиков А.Н., Сазонова З.С., Букалова Г.В. Готовность к профессиональной ответственности как образовательная цель // Информационные технологии и инновации на транспорте. – 2019. – С. 290-295.
18. Кузнецов В.А. Проблема надёжности при подготовке водителей // Вестник Удмуртского университета. – 2017. – Т. 27(2) – С. 233-240.
19. Дронсейко В.В. Применение методов теории надёжности при анализе аварийности на автотранспортных предприятиях // Автотранспортное предприятие. – 2016. – №4. – С. 36-39.
20. Виноградов Е.С., Кондратов Р.Ю. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021681806 Российская Федерация. Методика упражнений по оценке скорости, точности и надёжности реакции водителя: № 2021681032: заявл. 16.12.2021; опубл. 27.12.2021; заявитель ФГБОУ ВО «Курский государственный университет».

**Агеев Евгений Викторович**

Юго-Западный государственный университет

Адрес: 305040, Россия, г. Курск, 50 лет Октября, 94

Д.т.н., профессор, профессор кафедры технологии материалов и транспорта

E-mail: ageev\_ev@mail.ru

**Виноградов Евгений Сергеевич**

Юго-Западный государственный университет

Адрес: 305040, Россия, г. Курск, 50 лет Октября, 94

К.т.н., соискатель

E-mail: ganek09@rambler.ru

---

E.V. AGEEV, E.S. VINOGRADOV

**AN INFORMATION MODEL FOR ANALYZING THE TRAFFIC SITUATION BY A CANDIDATE DRIVER AT THE STAGE OF PRACTICAL TRAINING**

***Abstract.** This article presents the causes that have a direct impact on the mechanism of occurrence of road accidents, identifies the factors that affect the reliability of perception of road information when driving a vehicle, at the stage of movement along the training route in a populated area, and outside a populated area. The information model of the analysis of the road traffic situation by the candidate for drivers at the stage of practical training is considered, the increasing sequence of passing road signs at the stage of practical training by the candidate for drivers in the training center is established.*

***Keywords:** information model, Driver-Car-Road-Environment (VADS), accident, professional training, perception of the traffic situation, road signs*

**BIBLIOGRAPHY**

1. Ageev E.V., Vinogradov E.S. Metodika issledovaniya parametrov podsystemy «Kursant-Avtomobil'» // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2022. - №3-2(78). - S. 113-118.
2. Abrazumov O.V., Soshnikov M.V., Trofimets A.A. Faktornyy analiz dorozhno-transportnykh proisshestviy na federal'nykh trassakh Rossii // Aktual'nye nauchnye issledovaniya v sovremennom mire. - 2020. - №12-6(68). - S. 27-32.
3. Mishurin V.M., Romanov A.N. Nadezhnost' voditelya i bezopasnost' dvizheniya. - M.: Transport, - 1990. - 167 s.
4. Haque M. Ohidul, Tariq H. Haque Evaluating the effects of the road safety system approach in Brunei // Transportation Research Part A: Policy and Practice. - 2018. - Vol. 118. - R. 594-607.
5. Jamous Wael, Chandra Balijepalli Assessing travel time reliability implications due to roadworks on private vehicles and public transport services in urban road networks // Journal of traffic and transportation engineering. - 2018. - Vol. 5. - P. 296-308.
6. Ageev E.V., Vinogradov E.S., Novikov A.N. Application of Digital Learning in the Vehicle Operator Train-ing System // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: 2020 International Science and Technology Conference on Earth Science. - Vladivostok. - Vol. 666. - 2021. - P. 062001.
7. Svistunova A.YU. Analiz faktorov, vliyayushchikh na bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya // Nauchno-prakticheskie aspekty innovatsionnogo razvitiya transportnykh sistem i inzhenernykh sooruzheniy Ryazan': Ryazanskiy gosudarstvennyy agrotekhnologicheskii universitet im. P.A. Kostycheva. - 2020. - S. 311-315
8. Makarova I.V., Shubenkova K.A. Otsenka riskov vliyaniya izmeneniy konfiguratsii ulichno-dorozhnoy seti na povyshenie bezopasnosti uchastnikov dorozhnogo dvizheniya // Sotsial'no-ekonomicheskie i tekhnicheskie sistemy: issledovanie, proektirovanie, optimizatsiya. - 2017. - №3(76). - S. 52-61.
9. Korchagin V.A., Lyapin S.A., Klyavin V.E., Sitnikov V.V. Povyshenie bezopasnosti dvizheniya avtomobiley na osnove analiza avariynosti i modelirovaniya DTP // Fundamental'nye issledovaniya. - 2015. - №6-2. - S. 251-256.
10. Baskov V.N., Shatov I.A. Upravlenie dorozhnym dvizheniem s uchiyom osobennostey ulichno-dorozhnoy seti // Aktual'nye voprosy organizatsii avtomobil'nykh perezovok i bezopasnosti dvizheniya - Saratov: Mezhhregional'nyy tsentr innovatsionnykh tekhnologiy v obrazovanii. - 2018. - S. 25-29
11. Vinogradov E.S., Ageev E.V. Analiz deyatelnosti voditelya po upravleniyu sistemoy «Voditel'-Avtomobil'-Doroga-Sreda dvizheniya» / Pod obshchey redaktsiyey A.N. Novikova // Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte: Materialy VI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Oriol: OGU imeni I.S. Turgeneva. - 2020. - S. 198-204.
12. Romanov A.N., Pegin P.A. Nadiozhnost' voditelya // Habarovsk: TOGU. - 2006. - 376 s.
13. Klebel'sberg D. Transportnaya psikhologiya. - M: Transport, 1989. - 368 s.
14. Rothe J.P. Driving lessons: exploring systems that make traffic safer Edmonton // University of alberta press. - 2002. - 32 r.
15. Alekseev L.A., Kuznetsov Yu.A. Fiziologiya voditelya i ee vliyanie na bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya // Avtotransportnoe predpriyatie. - 2014. - №1. - S. 16-18.
16. Ageev E.V., Novikov A.N., Vinogradov E.S. Model' deyatelnosti kandidata v voditeli v sisteme «Kursant-Avtomobil'-Doroga-Sreda dvizheniya» // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2021. - №4(75). - S. 98-104.
17. Novikov A.N., Sazonova Z.S., Bukalova G.V. Gotovnost' k professional'noy otvetstvennosti kak obrazovatel'naya tsel' // Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte. - 2019. - S. 290-295.
18. Kuznetsov V.A. Problema nadezhnosti pri podgotovke voditeley // Vestnik Udmurtskogo universiteta. - 2017. - T. 27(2) - S. 233-240.
19. Dronseyko V.V. Primenenie metodov teorii nadezhnosti pri analize avariynosti na avtotransportnykh predpriyatiyakh // Avtotransportnoe predpriyatie. - 2016. - №4. - S. 36-39.
20. Vinogradov E.S., Kondratov R.Yu. Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM № 2021681806 Rossiyskaya Federatsiya. Metodika uprazhneniy po otsenke skorosti, tochnosti i nadezhnosti reaktcii voditelya: №2021681032: zayavl. 16.12.2021; opubl. 27.12.2021; zayavitel' FGBOU VO «Kurskiy gosudarstvennyy universitet».

**Ageev Evgeny Viktorovich**  
South-West State University  
Address: 305040, Russia, Kursk,  
50 years of October str., 94  
Doctor of technical sciences  
E-mail: ageev\_ev@mail.ru

**Vinogradov Evgeny Sergeevich**  
South-West State University  
Address: 305040, Russia, Kursk, 5  
0 years of October str., 94  
Candidate of technical sciences  
E-mail: ganek09@rambler.ru

Научная статья

УДК 656.025.4

doi:10.33979/2073-7432-2023-3-2(82)-137-143

А.Е. ИВАНОВА, В.М. ВЛАСОВ, А.М. ИШКОВ, Н.А. ФИЛИППОВА

## ЦИФРОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ, КАК ОДИН ИЗ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ АВТОЗИМНИКОВ АРКТИЧЕСКИХ РАЙОНОВ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

***Аннотация.** В статье рассмотрен метод повышения работы автозимников Арктических улусов Республики Саха (Якутия). Проанализировано одно из предприятий участвующее в северном завозе и проведен логистический анализ выбранного маршрута до одного из торгово-логистических центров.*

***Ключевые слова:** Арктический район, автозимник, северный завоз, социально значимые продукты, доставка грузов, торгово-логистический центр*

### **Введение**

Доставка грузов конечному потребителю в Арктические районы является сложной жизнеобеспечивающей задачей для населения этих районов, решаемой, в большинстве случаев, на основе мультимодального перевозочного процесса, конечный этап которого обеспечивается автомобильным транспортом. Особенностью перевозочного процесса является разнообразие грузов первой необходимости, которые требуется доставить конечному потребителю, но основными являются топливо и продукты питания. Сложность доставки определяется чрезвычайно суровым, экстремальным климатом севера России [1-6].

Для обеспечения нормальной жизни и трудовой деятельности населения северного региона России актуальным остается вопрос повышения эффективности работы всей транспортно-технологической системы севера России и её Арктической зоны. С этой целью необходимо увеличить эффективность перевозки грузов и надёжность транспортно-технологических процессов перемещения грузов первой необходимости от поставщика до конечного потребителя. Это возможно на основе применения новых технологий управления транспортно-логистическими комплексами, разработке автоматизированной системы управления транспортной мобильностью, обеспечивающими такие перемещения с использованием телематических систем, и управления значимыми рисками [7].

### **Материал и методы**

Основные предприятия, участвующие в северном завозе в Арктических районах Республики Саха (Якутия):

- АО «Саханефтегазсбыт»;
- АО «Якутоптторг»;
- АО «Сахаэнерго»;
- АО Теплоэнергосервис;
- ГУП ЖКХ.

В Республике Саха (Якутия) завозом социально значимых продуктов занимается АО «Якутоптторг», который с 2021 года ведет строительство торгово-логистических центров в арктических районах. Их преимущество заключается в накоплении и длительном хранении социально значимых продуктов в больших объемах. Торгово-логистические центры позволят своевременно обеспечивать наследи социально значимыми продуктами питания. На настоящий момент полностью введены два таких торгово-логистических центра в поселке Белая Гора Абыйского улуса и в поселке Усть-Куйга Усть-Янского улуса. Частично введены в поселке Черский Нижнеколымского улуса и в поселке Зырянка Верхнеколымского улуса.

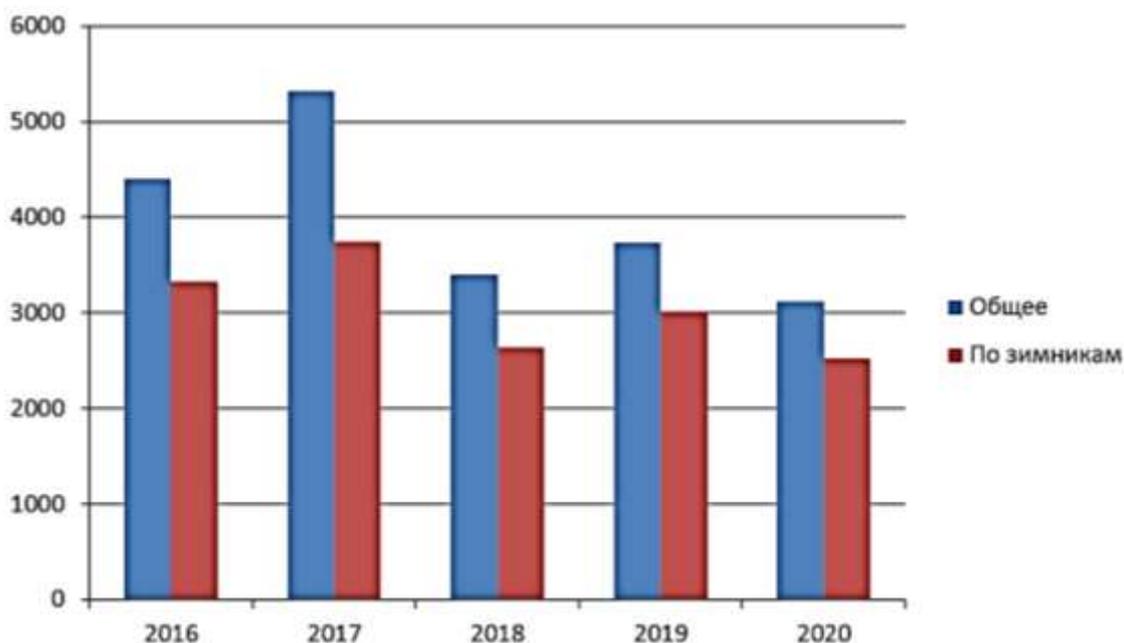


Рисунок 1 – Объемы поставок социально значимых продовольственных товаров по арктическим улусам на период с 2016 по 2020 год в тоннах

### Теория

Для проведения логистического анализа по доставке социально значимых грузов нами выбран торгово-логистический центр, расположенный в поселке Белая Гора. Протяженность выбранного маршрута по доставке социально значимых продуктов составляет от Нижнего Бестяха до торгово-логистического центра «Белая Гора» 1743 км. Из них 769 км по автозимнику.

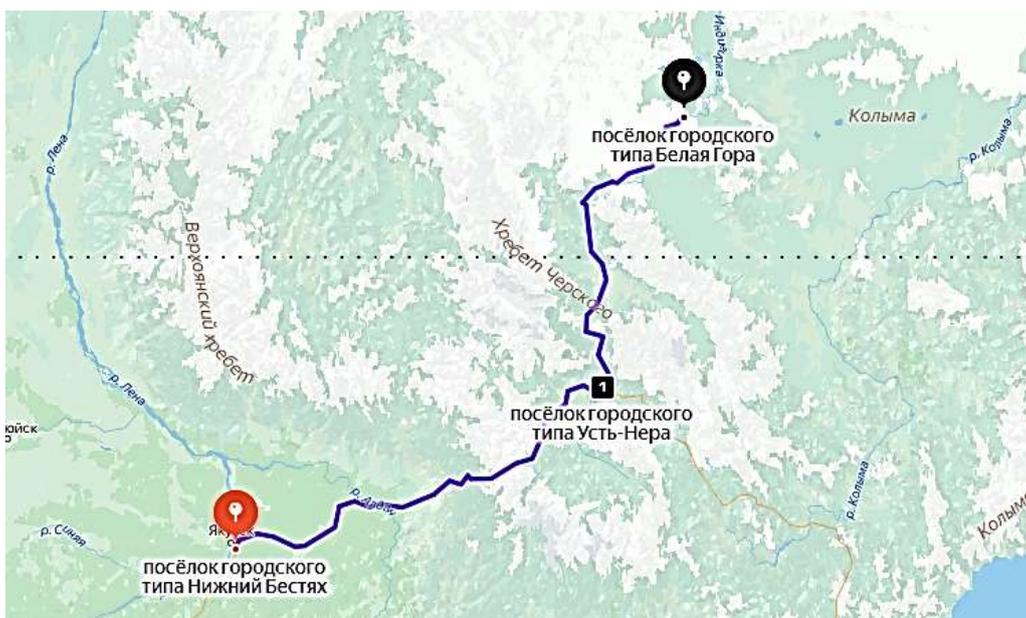


Рисунок 2 – Схема маршрута Нижний Бестях – Белая Гора

Таблица 1 - Примерный расчет маршрута Нижний Бестях - Белая Гора на машине

№	Населенный пункт	км	Время в пути	Значение дороги
1	2	3	4	5
1	Нижний Бестях (Якутск)	0	0	Федерального, с твердым покрытием
2	Чурапча	182	2:59	Федерального, с твердым покрытием
3	Ытык Кюель	260	3:42	Федерального, с твердым покрытием

1	2	3	4	5
4	Хандыга	411	5:07	Федерального, с твердым покрытием
2	Усть-Нера	971	10:14	Регионального, сезонные
3	Чумпу-Кытыл	1117	12:38	Регионального, сезонные
4	Соболох	1271	15:18	Регионального, сезонные
5	Хонуу	1297	15:46	Регионального, сезонные
6	Кулун-Елбют	1351	17:02	Регионального, сезонные
7	Куберганя	1562	21:06	Регионального, сезонные
8	Белая Гора	1743	24:10	Регионального, сезонные

Белая Гора - посёлок городского типа в России, административный центр Абыйского улуса Республики Саха (Якутия). Население - 1927 чел. (2021 г.)

В таблице 2 представлены статистические данные по Абыйскому району [8].

Таблица 2 - Статистические данные по Абыйскому району

№	Наименование	Количественные данные
1	Административный улус (район)	Абыйский
2	Административный центр	Белая Гора
3	Площадь, кв. км	69400
4	Расстояние от Якутска наземным путем, км	1748
5	Сезонные, км	807,03
6	Сезонные сухопутные, км	290,13
7	Сезонные ледовые, км	516,9

13 октября 2021 года в посёлке Белая Гора начал работать торгово-логистический центр Якутопторга. Здесь можно приобрести товары по доступным ценам. Отсюда продовольствие будет поставляться в 12 населённых пунктов трёх арктических районов.

Преимущество торгово-логистического центра заключается не только в снижении цен, но и расходов на транспортные издержки. За счёт улучшения условий хранения в период летней навигации в Белую Гору можно завозить больше продовольственных товаров до открытия автозимника.

Поставка в отдаленные населенные пункты осуществляется не только по автозимникам, но и с помощью малой авиации. В этом году наладят поставки внутри района, а также в Аллаиховский и Момский районы.

Торгово-логистический центр рассчитан на 300 тонн: тёплый склад на 80 тонн, картофелехранилище на 190 тонн, холодильные камеры на 30 тонн. Товары продаются в этом же здании, для чего обустроен большой торговый зал. В настоящий момент в нем работают 8 сотрудников.

На рисунке 3 данные за 2020 год предоставлены за первое полугодие, что говорит об увеличении объемов поставляемых продуктов. С введением торгово-логистического центра объем перевозок значительно увеличиться и для сохранения и увеличения объёмов необходимо обеспечивать своевременное открытие и надлежащую эксплуатацию автозимников.

Доставка социально-значимых товаров осуществляется преимущественно по автозимникам. В целях обеспечения безопасности дорожного движения, безопасности жизни людей и сохранности их имущества, а также в связи с необходимостью своевременной подготовки и сохранности сезонных автомобильных дорог ежегодно издаётся примерный график их открытия и закрытия (табл. 3) [9].

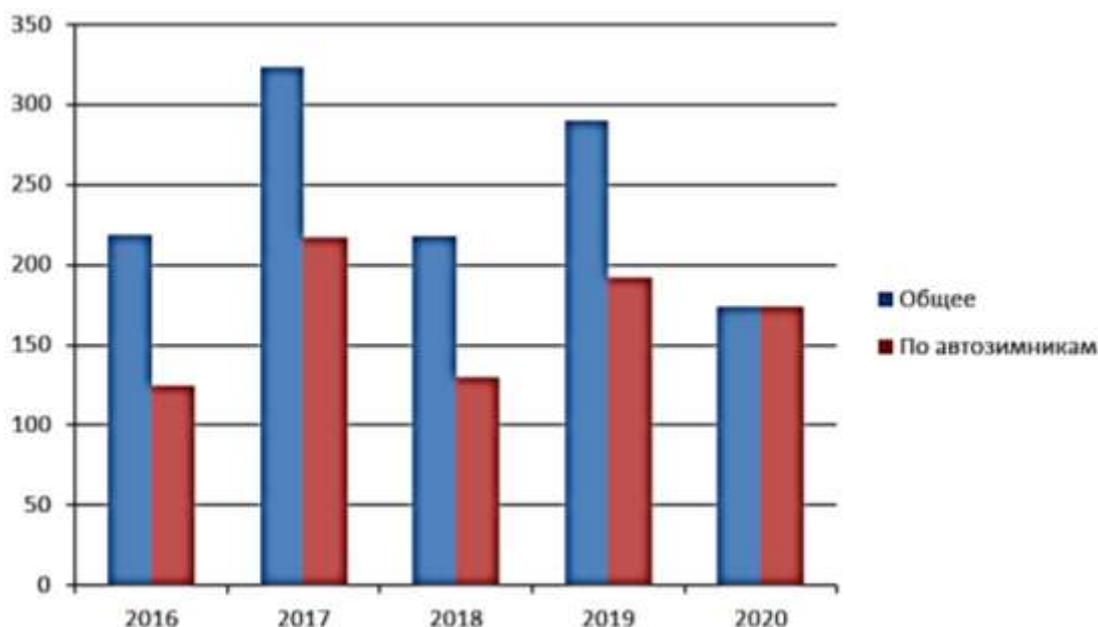


Рисунок 3 – Объемы поставок социально значимых продовольственных товаров по Абыйскому району на период с 2016 по 2020 год в тоннах

Таблица 3 – Примерный график открытия и закрытия сезонной автомобильной дороги «Индибир», расположенной на территории Республики Саха (Якутия), в зимний период времени 2022/2023 года [9]

Наименование дороги	Участки		Примерные сроки открытия			Срок закрытия
	Начало	Конец	До 10 т	До 20 т	До 30 т	
Автодорога «Индибир»	п. Усть-Нера	с. Тебулях	30.12.22	10.01.23	25.01.23	20.04.23
	с. Тебулях	с. Хонуу	30.12.22	10.01.23	25.01.23	20.04.23
	с. Хонуу	м. Зашиверск	30.12.22	10.01.23	25.01.23	20.04.23
	м. Зашиверск	с. Куберганя	30.12.22	10.01.23	25.01.23	20.04.23
	с. Куберганя	П. Белая Гора	30.12.22	10.01.23	25.01.23	20.04.23
	п. Белая Гора	гр. Аллаиховского	-	30.01.23	20.02.23	20.04.23
	гр. Аллаиховского	п. Чокурдах	-	30.01.23	20.02.23	20.04.23
	п. Чокурдах	с. Русское Устье	-	30.01.23	20.02.23	20.04.23
	1103-й км а/д «Индибир»	с. Нычалах	-	30.01.23	20.02.23	20.04.23
п. Чокурдах	с. Чкалов	-	30.01.23	20.02.23	20.04.23	

По данным представленным в таблице 3 можно сделать вывод, что автозимник функционирует всего лишь три – четыре месяца в году. Исходя из погодно-климатических условий и технической готовности сезонных автомобильных дорог общего пользования регионального и межмуниципального значения фактические сроки открытия и закрытия могут меняться. Значит у поставщиков есть ограниченный период времени для завоза социально значимых продовольственных товаров и фактическое время функционирования автозимника заранее предугадать невозможно.

#### Результаты и обсуждение

Экстремальные климатические условия в Республике, наличие долгого периода зимы с низкими температурами и обильными снегопадами создают угрозу нарушению нормального функционирования транспорта в данных условиях. В связи с этим особое внимание необ-

ходимо уделять вопросам организации и контроля работ по содержанию автомобильных дорог Республики Саха (Якутия), особенно в зимний период эксплуатации.

Цифровая инфраструктура телематических систем контроля дорожных машин, выполняющих работы по содержанию автомобильных дорог включает множество взаимосвязанных и взаимодействующих цифровых информационных технологий, реализуемых элементами автоматизированных систем контроля дорожных машин [10-20].

### **Выводы**

Работа дорожников в зимних условиях Республики Саха (Якутия) сопряжена с риском для здоровья и жизни операторов дорожных машин. В связи с этим, организация контроля работ инструментальными методами не только позволит повысить качество работ и повысит безопасность проведения работ в этих условиях.

Доставка в торгово-логистические центры производится преимущественно по автозимникам. Для качественного создания и содержания автозимников необходим контроль за работой дорожной техники. Применение цифровых технологий позволит контролировать и анализировать выполнение работ, оперативно регулировать на отклонения, возникающие при выполнении работ, и позволит повысить качество работ и безопасность проведения работ в этих условиях.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Филиппова Н.А., Власов В.М. Методология повышения эффективности и надежности транспортно-технологической мультимодальной системы севера России // Научный Вестник МГТУ ГА. – Т. 22. - №6. - 2019. – С. 55-65.
2. Агеев Е.В., Щербаков А.В., Пикалов С.В. Особые условия технической эксплуатации и экологическая безопасность автомобилей: учебное пособие. – Курск: Юго-Зап. гос. ун-т, 2015. – 212 с.
3. Терентьев А.В., Ефименко Д.Б., Карелина М.Ю. Методы районирования, как методы оптимизации автотранспортных процессов // Вестник гражданских инженеров. – 2017. – №6(65). – С. 291-294.
4. Ишков А.М., Бояршинов А.Л., Решетников А.П. Статистический анализ безопасности дорожного движения (на примере города Якутска) // Транспорт. Экономика. Социальная сфера (Актуальные проблемы и их решения): Сборник статей V Международной научно-практической конференции. - 2018. - С. 26-31.
5. О схеме и программе развития электроэнергетики Республики Саха (Якутия) на 2022-2026 годы: Указ Главы Республики Саха (Якутия) от 29.04.2022 №2424.
6. Фирсова С.Ю., Куликов А.В., Советбеков Б. Роль транспортной логистики в обеспечении экзистенциальной безопасности человека // Вестник Кыргызско-Российского славянского университета (Бишкек). - 2019. - Т. 19. - №8. - С. 97-101.
7. Ермолаева В.В., Калашников Д.А. Автоматизированные системы управления // Молодой ученый. - 2016. - №11(115). - С. 166-168.
8. Владимиров С.Н., Сивкова М.М. Третье издание «Атласа автомобильных Республики Саха (Якутия)». - СПб: ООО «Первый издательско-полиграфический холдинг». - 64 с.
9. Примерный график открытия и закрытия сезонных автомобильных дорог, расположенных на территории Республики Саха (Якутия), в зимний период времени 2022/2023 года: Приказ от 11 октября 2022 года № ОД 355.
10. Ишков А.М., Иванова А.Е., Власов В.М., Филиппова Н.А. Перспективы улучшения транспортной доступности Арктических улусов Республики Саха (Якутия) при вводе в строй мостового перехода через реку Лена // Арктический вектор: «Северный завоз» – пути развития: материалы IV межрегиональной научно-практической конференции. – Якутск: Академия наук РС (Я). - 2021. – С. 53-58.
11. Филиппова Н.А. Методология организации и функционирования систем доставки грузов в Северные регионы: монография / под ред. В.М. Беляева. – Москва: Техполиграфцентр, 2015. – С. 208.
12. Филиппова Н.А., Власов В.М., Богумил В.Н. Обеспечение оперативной и надежной доставки грузов в районы Крайнего Севера и Арктической зоны России: Монография. – М.: Техполиграфцентр, 2019. – 224 с.
13. Ишков А.М., Решетников А.П., Бояршинов А.Л. Эксплуатационная надежность транспорта, влияние ее на ДТП в условиях Севера // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2017. – Т. 21. - №7(126). – С. 164-170.
14. Принятие управленческих решений в цифровой среде обеспечения безопасного процесса перевозки пассажиров и грузов в северных регионах России: Монография / Н.А. Филиппова, С.С. Евтюков, Е.А. Карелина и др. – Санкт-Петербург: Петрополис, 2019. – 88 с.

15. Куликов А.В., Фирсова С.Ю., Дорохина В.С. Повышение эффективности автомобильных перевозок в условиях Крайнего Севера Российской Федерации // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2021. – Т. 18. – №3(79). – С. 286-305.

16. Транспортная стратегия Республики Саха (Якутия): Постановление Правительства Республики Саха (Якутия) от 31.05.2004 №258.

17. Транспорт в РС (Я): статистический сборник / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Саха (Якутия). - Якутск. - 2008. - С. 104.

18. Официальный информационный портал Республики Саха (Якутия) [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.sakha.gov.ru/>.

19. Филиппова Н.А., Иванова А.Е. Перспективы развития транспортной инфраструктуры в Арктической зоне Республики Саха (Якутия) // Инфокоммуникационные и интеллектуальные технологии на транспорте: Сборник статей международной научно-практической конференции. – 2022. – С. 195-198.

20. Иванова А.Е., Филиппова Н.А. Предпосылки к разработке автоматизированной системы управления транспортной мобильностью в условиях арктического Севера // Автотракторостроение и автомобильный транспорт: Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. - В 2-х томах. - Минск: Белорусский национальный технический университет. - 2022. – С. 126-133.

**Иванова Анна Егоровна**

Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова

Адрес: 677000, Россия, г. Якутск, ул. Белинского, 58

Старший преподаватель кафедры «Автомобильные дороги и аэродромы»

E-mail: anyaproh@mail.ru

**Ишков Александр Михайлович**

Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова

Адрес: 677000, Россия, г. Якутск, ул. Белинского, 58

Д.т.н., профессор кафедры «Автомобильные дороги и аэродромы»

E-mail: ishkovalexander81@gmail.com

**Власов Владимир Михайлович**

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет

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

Д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Транспортная телематика»

E-mail: vmv@transnavi.ru

**Филиппова Надежда Анатольевна**

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет

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

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

E-mail: umen@bk.ru

---

A.E. IVANOVA, A.M. ISHKOV, V.M. VLASOV, N.A. FILIPPOVA

**DIGITAL TECHNOLOGY AS ONE OF THE METHODS OF INCREASING THE WORK OF AUTO-WIMPERS IN THE ARCTIC REGIONS OF THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)**

***Abstract.** The article considers a method for increasing the work of winter roads in the Arctic uluses of the Republic of Sakha (Yakutia). One of the enterprises participating in the northern delivery was analyzed and a logistic analysis of the selected route to one of the trade and logistics centers was carried out.*

***Keywords:** Arctic region, winter road, northern delivery, socially significant products, cargo delivery, trade and logistics center*

**BIBLIOGRAPHY**

1. Filippova N.A., Vlasov V.M. Metodologiya povysheniya effektivnosti i nadezhnosti transportno-tekhnologicheskoy mul'timodal'noy sistemy severa Rossii // Nauchnyy Vestnik MGTU GA. - Т. 22. - №6. - 2019. - S. 55-65.
2. Ageev E.V., Shcherbakov A.V., Pikalov S.V. Osobyie usloviya tekhnicheskoy ekspluatatsii i ekologicheskaya bezopasnost' avtomobiley: uchebnoe posobie. - Kursk: Yugo-Zap. gos. un-t, 2015. - 212 s.

3. Terent`ev A.V., Efimenko D.B., Karelina M.Yu. Metody rayonirovaniya, kak metody optimizatsii avtotransportnykh protsessov // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. - 2017. - №6(65). - S. 291-294.
4. Ishkov A.M., Boyarshinov A.L., Reshetnikov A.P. Statisticheskiy analiz bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya (na primere goroda Yakutsk) // Transport. Ekonomika. Sotsial'naya sfera (Aktual'nye problemy i ikh resheniya): Sbornik statey V Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - 2018. - S. 26-31.
5. O skheme i programme razvitiya elektroenergetiki Respubliki Sakha (Yakutiya) na 2022-2026 gody: Ukaz Glavy Respubliki Sakha (Yakutiya) ot 29.04.2022 №2424.
6. Firsova S.Yu., Kulikov A.V., Sovetbekov B. Rol` transportnoy logistiki v obespechenii ekzistentsional'noy bezopasnosti cheloveka // Vestnik Kyrgyzsko-Rossiyskogo slavyanskogo universiteta (Bishkek). - 2019. - T. 19. - №8. - S. 97-101.
7. Ermolaeva V.V., Kalashnikov D.A. Avtomatizirovannyye sistemy upravleniya // Molodoy uchenyy. - 2016. - №11(115). - S. 166-168.
8. Vladimirov S.N., Sivkova M.M. Tret'e izdanie «Atlasa avtomobil'nykh Respubliki Sakha (Yakutiya)». - SPb: OOO «Pervyy izdatel'sko-poligraficheskiy kholding». - 64 s.
9. Primernyy grafik otkrytiya i zakrytiya sezonnykh avtomobil'nykh dorog, raspolozhennykh na ter-ritorii Respubliki Sakha (Yakutiya), v zimniy period vremeni 2022/2023 goda: Prikaz ot 11 oktyabrya 2022 goda № OD 355.
10. Ishkov A.M., Ivanova A.E., Vlasov V.M., Filippova N.A. Perspektivy uluchsheniya transportnoy dostupnosti Arkticheskikh ulusov Respubliki Sakha (Yakutiya) pri vvode v stroy mostovogo perekhoda cherez reku Lena // Arkticheskiy vektor: «Severnyy zavoz» - puti razvitiya: materialy IV mezhhregional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Yakutsk: Akademiya nauk RS (YA). - 2021. - S. 53-58.
11. Filippova N.A. Metodologiya organizatsii i funktsionirovaniya sistem dostavki gruzov v Severnye regiony: monografiya / pod red. V.M. Belyaeva. - Moskva: Tekhpolygraftsentr, 2015. - S. 208.
12. Filippova N.A., Vlasov V.M., Bogumil V.N. Obespechenie operativnoy i nadezhnoy dostavki gruzov v rayony Kraynego Severa i Arkticheskoy zony Rossii: Monografiya. - M.: Tekhpolygraftsentr, 2019. - 224 s.
13. Ishkov A.M., Reshetnikov A.P., Boyarshinov A.L. Eksploatatsionnaya nadezhnost` transporta, vliyanie ee na DTP v usloviyakh Severa // Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. - 2017. - T. 21. - №7(126). - S. 164-170.
14. Prinyatie upravlencheskikh resheniy v tsifrovoy srede obespecheniya bezopasnogo protsessa perevozki passazhirov i gruzov v severnykh regionakh Rossii: Monografiya / N.A. Filippova, S.S. Evtuykov, E.A. Karelina i dr. - Sankt-Peterburg: Petropolis, 2019. - 88 s.
15. Kulikov A.V., Firsova S.Yu., Dorokhina V.S. Povyshenie effektivnosti avtomobil'nykh perevozok v usloviyakh Kraynego Severa Rossiyskoy Federatsii // Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo avtomobil'no-dorozhnogo universiteta. - 2021. - T. 18. - №3(79). - S. 286-305.
16. Transportnaya strategiya Respubliki Sakha (Yakutiya): Postanovlenie Pravitel'stva Respubliki Sakha (Yakutiya) ot 31.05.2004 №258.
17. Transport v RS (YA): statisticheskiy sbornik / Territorial'nyy organ Federal'noy sluzhby gosudarstvennoy statistiki po Respublike Sakha (Yakutiya). - Yakutsk. - 2008. - S. 104.
18. Ofitsial'nyy informatsionnyy portal Respubliki Sakha (Yakutiya) [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://www.sakha.gov.ru/>.
19. Filippova N.A., Ivanova A.E. Perspektivy razvitiya transportnoy infrastruktury v Arkticheskoy zone Respubliki Sakha (Yakutiya) // Infokommunikatsionnye i intellektual'nye tekhnologii na transporte: Sbornik statey mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - 2022. - S. 195-198.
20. Ivanova A.E., Filippova N.A. Predposylki k razrabotke avtomatizirovannoy sistemy upravleniya transportnoy mobil'nost'yu v usloviyakh arkticheskogo Severa // Avtotraktorostroenie i avtomobil'nyy transport: Sbornik nauchnykh trudov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - V 2-kh tomakh. - Minsk: Belorusskiy natsional'nyy tekhnicheskiiy universitet. - 2022. - S. 126-133.

**Ivanova Anna Egorovna**

North-Eastern Federal University  
Address: 677000, Russia, Yakutsk, Belinsky str., 58  
Senior Lecturer  
E-mail: anyaproh@mail.ru

**Ishkov Alexander Mikhailovich**

North-Eastern Federal University  
Address: 677000, Russia, Yakutsk, Belinsky str., 58  
Doctor of technical sciences  
E-mail: ishkovalexander81@gmail.com

**Vlasov Vladimir Mikhailovich**

Moscow Automobile and Road Construction State Technical University  
Address: 125319, Russia, Moscow  
Doctor of Technical Sciences  
E-mail: vmv@transnavi.ru

**Filippova Nadezhda Anatolievna**

Moscow Automobile and Road Construction State Technical University  
Address: 125319, Russia, Moscow  
Doctor of technical sciences  
E-mail: umen@bk.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 11.09.2023 г.  
Дата выхода в свет 28.09.2023 г.  
Формат 70x108/16. Усл. печ. л. 9,1  
Цена свободная. Тираж 500 экз.  
Заказ № 208

Отпечатано с готового оригинал-макета  
на полиграфической базе ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»  
302026, г. Орёл, ул. Комсомольская, 95