

ISSN 2073-7432

**МИР ТРАНСПОРТА  
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН**

НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

**№ 3-5 (82) 2023**

Главный редактор:  
Новиков А.Н. д-р техн. наук, проф.

Заместители главного редактора:  
Васильева В.В. канд. техн. наук, доц.  
Родимцев С.А. д-р техн. наук, доц.

Редколлегия:

Агеев Е.В. д-р техн. наук, проф. (Россия)  
Агуреев И.Е. д-р техн. наук, проф. (Россия)  
Бажинов 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. к.т.н., 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)

Ответственный за выпуск: Акимочкина И.В.

Адрес редколлегии:

302030, Россия, Орловская обл., г. Орёл,  
ул. Московская, 77  
Тел. +7 905 856 6556  
<https://oreluniver.ru/science/journal/mtitmt>  
E-mail: [srmostu@mail.ru](mailto:srmostu@mail.ru)

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 [www.ppressa-ru.ru](http://www.ppressa-ru.ru) и [www.akc.ru](http://www.akc.ru)

© Составление. ОГУ имени И.С. Тургенева,  
2023

## Содержание

Материалы IX международной научно-практической конференции  
«Информационные технологии и инновации на транспорте»

### Эксплуатация, ремонт, восстановление

- Н.Ю. Дударева, В.М. Ситников, А.В. Коломейченко, В.Н. Логачев Влияние режимов процесса микродугового окислирования на структуру формируемых покрытий..... 3  
А.С. Гурский Метод реализации общего оперативного диагностирования механических и электрических автотранспортных средств по КПД..... 9  
К.Я. Лелиовский Моделирование динамики трансмиссии транспортных средств, эксплуатирующихся в ухудшенных дорожных условиях..... 18

### Технологические машины

- А.С. Семькина, Н.А. Загородний, А.А. Конев Повышение эффективности технической эксплуатации карьерного автомобильного транспорта..... 26  
Н.Г. Сысенко, А.И. Пономарев, В.В. Бульчев, В.Н. Сидоров Разработка модели сельскохозяйственного технологического модульного агрегата на основе полноприводного колёсного трактора..... 34

### Безопасность движения и автомобильные перевозки

- Н.М. Моисеева, И.В. Жилин Автотранспортное обслуживание сети пунктов сбора..... 43  
В.Н. Басков, Е.И. Исаева Влияние параметров УДС на формирование мест концентрации ДТП..... 49  
Е.В. Печатнова, А.Т. Балтобаева, С.Н. Павлов, К.С. Нечаев Комплексный анализ ДТП с участием несовершеннолетних..... 58  
Э.А. Оганян, Г.П. Рыбаков, Р.Н. Хмелев Методика проектирования экскурсионных электробусов, адаптированных для перевозки пассажиров с ОВЗ..... 67  
И.С. Брылев, С.А. Евтюков Моделирование траекторий сброса водителя и пассажира двухколесного механического транспортного средства для задач реконструкции механизма ДТП..... 74  
Т.А. Ветрова Развитие теоретических основ применения понятий «подмаршрут» и «подгруппа»..... 80  
Зар Ни Лин, В.Н. Сидоров Разработка расчетно-экспериментальной методики получения городского ездового цикла..... 86  
С.А. Евтюков, С.С. Евтюков, И.В. Ворожейкин Совершенствование метода определения скорости движения ТС по видеоматериалам при проведении дорожно-транспортных экспертиз..... 92

### Вопросы экологии

- Т.В. Коновалова, Л.Б. Миротин, Е.А. Лебедев, С.Л. Надириан, В.В. Соскова Экологические проблемы юга России и пути их решения..... 99

### Образование и кадры

- С.А. Жбанова Государственная политика в сфере организации дорожного движения и транспортного планирования..... 108  
С.Е. Бебинов, Л.С. Трофимова, А.П. Жигadlo Концепция для разработки требований к персоналу пассажирского автомобильного транспорта, совершенствования подготовки и переподготовки..... 118  
В.В. Епифанов, М.Ю. Обишвалкин Процессная модель обеспечения качества в системе функционирования беспилотного автотранспортного средства..... 130

### Экономика и управление

- Ю.Н. Ризаева, С.Н. Сухатерина, М.В. Пупышев, Ю.В. Саввин Совершенствование организации технологических перевозок..... 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

№ 3-5(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>N.Y. Dudareva, V.M. Sitdikov, A.V. Kolomeichenko, V.N. Logachev</i> <b>Influence of microarc oxidation process modes on the structure of formed coatings</b>..... 3</p> <p><i>A.S. Gursky</i> <b>Method of realization of general operative diagnostics of mechanical and electric vehicles by effectiveness</b>..... 9</p> <p><i>K.Y. Leliovsky</i> <b>Simulation of transmission dynamics of vehicles operating in degraded road conditions</b>..... 18</p> <p style="text-align: center;"><i>Technological machines</i></p> <p><i>A.S. Semykina, N.A. Zagorodny, A.A. Konev</i> <b>Improving the efficiency of technical operation of quarry motor transport</b>..... 26</p> <p><i>N.G. Sysenko, A.I. Ponomarev, V.V. Bulychev, S.V. Sidorov</i> <b>Development of agricultural technological modular unit based on a all-wheel wheeled tractor</b>..... 34</p> <p style="text-align: center;"><i>Road safety and road transport</i></p> <p><i>N.M. Moiseeva, I.V. Zhilin</i> <b>Information security of car service industry enterprises</b>... 43</p> <p><i>V.N. Baskov, E.I. Isaeva</i> <b>Influence of uds parameters on the formation of accident concentration sites</b>..... 49</p> <p><i>E.V. Pechatnova, A.T. Baltobaeva, S.N. Pavlov, K.S. Nechayev</i> <b>Comprehensive analysis of accidents involving minors</b>..... 58</p> <p><i>E.A. Oganyan, G.P. Rybakov, R.N. Khmelev</i> <b>The methodology of designing excursion electric buses adapted for the transportation of passengers with disabilities</b>..... 67</p> <p><i>I.S. Brylev, S.A. Evtyukov</i> <b>Modeling of the trajectories of riders and passengers of two-wheeled motor vehicles for the problems of reconstruction of the accident mechanism</b>..... 74</p> <p><i>T.A. Vetrova</i> <b>Development of the theoretical foundations for the application of the concepts «sub-roout» and «sub-group»</b>..... 80</p> <p><i>Zar Ni Lin, V.N. Sidorov</i> <b>Development of the urban driving cycle methodology</b>..... 86</p> <p><i>S.A. Evtyukov, S.S. Evtyukov, I.V. Vorozheikin</i> <b>Improvement of the method of determining the vehicle speed from video materials during road transport examinations</b>..... 92</p> <p style="text-align: center;"><i>Ecological Problems</i></p> <p><i>T.V. Konovalova, L.B. Mirotin, E.A. Lebedev, S.L. Nadiryan, V.V. Soskova</i> <b>Problems of the impact of motor transport on the ecology of the krasnodar territory and ways to solve them</b>..... 99</p> <p style="text-align: center;"><i>Education and Personnel</i></p> <p><i>S.A. Zhananova</i> <b>State policy in the field of traffic management and transport planning</b>..... 108</p> <p><i>S.E. Bebinov, L.S. Trofimova, A.P. Zhigadlo</i> <b>Concept for developing requirements for passenger road transport personnel, improving training and retraining</b>..... 118</p> <p><i>V.V. Epifanov, M.Yu. Obshivalkin</i> <b>Process model of quality assurance in the system of functioning of an unmanned vehicle</b>..... 130</p> <p style="text-align: center;"><i>Economics and Management</i></p> <p><i>Yu.N. Rizaeva, S.N. Sukhaterina, M.V. Pupyshchev, Yu.V. Savvin</i> <b>Improving organization technological transport</b>..... 137</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. Martychenko</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. Yungmeyster</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><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:srmmostu@mail.ru">srmmostu@mail.ru</a></p>	
<p>The journal is registered in Federal Agency of supervision in sphere of communication, information technology and mass communications. Registration Certificate ПИ № ФС77-67027 of August 30 2016</p>	
<p>Subscription index: <b>16376</b> in a union catalog «The Press of Russia» on sites <a href="http://www.pressa-rf.ru">www.pressa-rf.ru</a> и <a href="http://www.akc.ru">www.akc.ru</a></p>	
<p>© <b>Registration. Orel State University, 2023</b></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 621.793

doi:10.33979/2073-7432-2023-3-5(82)-3-8

Н.Ю. ДУДАРЕВА, В.М. СИТДИКОВ, А.В. КОЛОМЕЙЧЕНКО, В.Н. ЛОГАЧЕВ

## **ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ПРОЦЕССА МИКРОДУГОВОГО ОКСИДИРОВАНИЯ НА СТРУКТУРУ ФОРМИРУЕМЫХ ПОКРЫТИЙ**

***Аннотация.** Исследовали влияние режимов процесса микродугового оксидирования на пористость и толщину покрытий, формируемых на заэвтектическом алюминиевом сплаве. Факторами процесса выступали: концентрация в электролите жидкого стекла и едкого калия, а также величина емкости установки. Был спланирован дробный факторный эксперимент типа 23-1. Исследование структуры покрытий проводили путем обработки изображений, полученных при помощи растрового электронного микроскопа, в программе ImageJ. Установили влияние различных факторов процесса на толщину и пористость покрытий.*

***Ключевые слова:** микродуговое оксидирование, алюминиевые сплавы, покрытие, пористость, микроструктура, многофакторный эксперимент*

### *Введение*

На настоящий момент покрытия, формируемые методом микродугового оксидирования (МДО) находят широкое применение для повышения износостойкости деталей узлов трения [1, 2], для увеличения коррозионной стойкости [3, 4], а также для тепловой защиты деталей [5, 6]. Эти покрытия образуются в результате окисления подложки из алюминиевых, титановых и других сплавов микродуговыми разрядами, которые мигрируют на поверхности обрабатываемой детали [7, 8]. В результате формируется поверхностный слой, состоящий из высокотемпературных оксидов материала подложки. Образующееся покрытие имеет толщину до 400 мкм и микротвердость – до 2200 HV [9, 10].

Несмотря на комплекс достоинств, широкое применение в современном машиностроении этой технологии сдерживается недостаточной изученностью свойств покрытий, их состава, структуры. Это не позволяет быстро и эффективно встраивать данную технологию в производственный технологический процесс.

Исследование структуры и свойств МДО-покрытий осложняется еще и тем, что на эти параметры оказывает влияние множество факторов различной природы. В общем случае на процесс МДО и качество покрытия влияет: состав электролита (химическая природа и концентрация компонентов), электрические параметры процесса (плотность тока и напряжение), химический состав и структура материала подложки.

Настоящая статья посвящена исследованию пористости и толщины МДО-покрытий, формируемых на высококремнистом алюминиевом сплаве. Анализ литературы показывает, что на настоящий момент проведено очень мало исследований в этой области. Обычно в литературе указывается, что уровень пористости у МДО-покрытий довольно низкий и составляет не более 2-3 % [8]. Однако появляется все больше исследований, в которых показано, что реальная пористость этих покрытий намного больше [11-13].

Из научной литературы известны немногочисленные попытки количественного измерения пористости МДО-покрытий [11, 12]. Обычно измеряют сквозную пористость покрытий, не принимая во внимание общую пористость, которая оказывает достаточно большое влияние на коэффициент теплопроводности этих покрытий [14].

Анализ литературы показал, что обычно исследуется только сквозная пористость и проводятся однофакторные эксперименты. Кроме этого, исследований пористости МДО-покрытий, сформированных на высококремнистых алюминиевых сплавах, в современной научной литературе практически не представлены. Это связано с тем, что процесс МДО на таких сплавах организовать довольно сложно [15]. Поэтому цель данной работы: исследова-

ние влияния факторов процесса МДО на пористость покрытий, формируемых на заэвтектических Al-Si сплавах.

#### Материал и методы

Все исследований проводились на образцах, выполненных из высококремнистого алюминиевого сплава AlSi<sub>26</sub>CuNiMg иностранного производства. Этот сплав содержит значительное количество кремния (~26 %). Сплав имеет следующий химический состав (% по мас.): Si – 23-26, Cu – 0.8-1.5, Zn – 0.2, Fe – 0.7, Mn – 0.2, Mg – 0.8-1.3, Ti – 0.2, Ni – 0.8-1.3, Al – остальное [16].

Образцы для исследований имели вид дисков, диаметром 76 мм и толщиной 4 мм. Обработке подвергалась лишь одна плоская поверхность образца, площадь которой составляла  $S = 4500 \text{ м}^2$ . Остальные поверхности образца предварительно изолировались от попадания электролита и процесс МДО на них не осуществлялся. Для эксперимента было подготовлено 4 образца, так как для проведения исследований был спланирован дробный факторный эксперимент с тремя факторами типа 23-1 [17, 18].

В качестве факторов, влияющих на свойства МДО-покрытия, были выбраны: концентрация КОН (СКОН), концентрация Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> (СЖС) и электрические параметры установки МДО, которые регулируются емкостью ее конденсаторов – С. Режимы были выбраны на основе данных, полученных в более ранних исследованиях [19], с учетом возможностей установки МДО и особенностей материала образцов. Факторы процесса представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения факторов эксперимента

Уровень фактора	Факторы		
	СКОН, г/л x1	СЖС, г/л x2	С, мкФ x3
Основной (0)	2,5	2,5	250
Интервал варьирования ( $\Delta x_i$ )	1,5	1,5	150
Верхний (+1)	4,0	4,0	400
Нижний (-1)	1,0	1,0	100

В качестве параметров выхода выступала пористость и толщина МДО-покрытия. Матрица планирования эксперимента была составлена на основе классической теории планирования многофакторного эксперимента [17, 18].

Микродуговое оксидирование образцов осуществлялось на емкостной установке. Перед началом процесса образец погружался в электролит соответствующего состава. Инструментом служил плоский электрод из нержавеющей стали марки, который располагался на расстоянии примерно 100 мм от образца. Соотношение анодного (I<sub>a</sub>) и катодного токов (I<sub>к</sub>) при МДО сохранялось постоянным и составляло 1. Процесс МДО-обработки продолжался до тех пор, пока искры на поверхности образцов самопроизвольно исчезали, то есть до естественного окончания процесса. Температура электролита в процессе обработки не превышала 35 °С. Полученные таким образом образцы с покрытием после окончания процесса остужали, промывали проточной водой и просушивали естественным образом. Затем проводили все измерения и исследования.

Для исследования пористости из образцов изготавливались поперечные шлифы, которые фотографировались на растровом электронном микроскопе в режиме обратно рассеянных электронов. На каждом образце было выполнено не менее 5 фотографий микроструктуры.

Пористость измерялась при помощи программы ImageJ [20]. Для этого на РЭМ-изображении шлифа выделялся участок покрытия, на котором необходимо было подсчитать долю пор. Программа автоматически выделяла поры контрастным цветом и также в автоматическом режиме посчитывала процент площади закрашенных пор от общей площади выделенного участка.

На РЭМ-изображениях покрытия также были проведены замеры его толщины. На каждом изображении было сделано не менее 5 замеров. Все полученные данные использовались для получения уравнений регрессии и корреляционного анализа.

**Результаты** измерения пористости и толщины представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры процесса МДО и свойства покрытия

Номер режима	Параметры режима			Свойства МДО-покрытий	
	СКОН, г/л	Сжс, г/л	С, мкФ	Пористость, Р, %	Толщина, h, мкм
1	1	1	400	14 ± 3	57 ± 11
2	4	4	400	29 ± 11	231 ± 52
3	1	4	100	23 ± 5	26 ± 10
4	4	1	100	19 ± 5	40 ± 11

Наиболее показательные изображения поперечных шлифов покрытий представлены на рисунке 1.

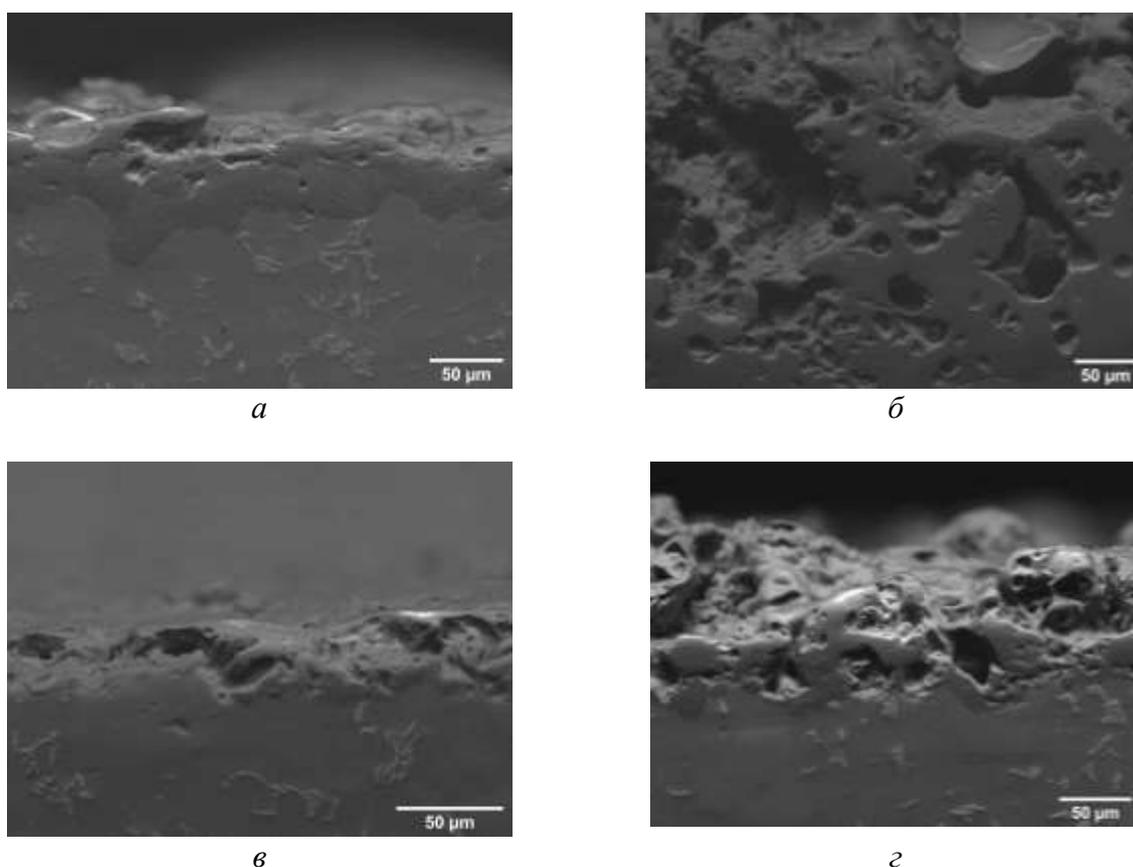


Рисунок 1 – Поперечные шлифы образцов: а – режим 1; б – режим 2; в – режим 3; г – режим 4

Анализ полученных данных был проведен на основе теории планирования многофакторного эксперимента [17, 18]. Оценка дисперсии полученных значений показала ее однородность. Поэтому математическая модель была представлена в виде полинома первой степени. На основании выполненных расчетов было получено уравнение пористости:

$$P = 8,4 + 1,8C_{\text{КОН}} + 3,2C_{\text{жс}}, \quad (1)$$

где P – пористость МДО-покрытия, %;

СКОН – концентрация едкого калия (КОН) в электролите, г/л;

СЖС – концентрация жидкого стекла ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ), г/л.

Также было получено уравнение толщины покрытия:

$$h = -149 + 31,3C_{\text{КОН}} + 26,7C_{\text{жс}} + 0,37C, \quad (2)$$

где h – толщина МДО-покрытия, мкм;

C – емкость установки МДО, мкФ.

#### Обсуждение

Полученные результаты показали, что наибольшее влияние на пористость МДО-покрытия, формируемого на сплаве  $\text{AlSi}_{26}\text{CuNiMg}$ , имеет количество жидкого стекла в элек-

тролите. Корреляционный анализ подтвердил, данный вывод. На толщину покрытия все факторы процесса МДО влияют практически одинаково. Увеличение количества KOH, Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> и емкости установки МДО почти в равной мере увеличивают толщину покрытия.

В научной литературе существует достаточно большое количество попыток объяснить механизм формирования пористости у МДО-покрытия. Так авторы работы [8] считают, что причина образования сквозной пористости заключается в том, что большие разрядные токи прожигают тонкое покрытие. Этот факт подтверждают оплавленные каналы, которые наблюдаются на поверхности покрытия. Авторы работы [12] полагают, что пористость может возникнуть в результате выделения кислорода во время процесса МДО. Высокие давления и температуры при микродуговых разрядах приводят к увеличению количества растворенного кислорода в расплавленных оксидах и увеличению пористости. Также существует мнение, что образование пор вызвано внутренними напряжениями, которые возникают при кристаллизации за счет разницы термических коэффициентов линейного расширения подложки и МДО-покрытия [8].

В данной работе сделано предположение, что возникновение пористости связано с неравномерностью нагрева МДО-покрытия микродуговыми или искровыми разрядами. Так в самом начале процесса МДО микродуговые разряды на поверхности формируют тонкий слой покрытия. Такое покрытие обычно имеет малую пористость [8]. По мере увеличения толщины МДО-покрытия разряды расплавляют ранее сформированные слои, образуя открытые поры на поверхности покрытия и увеличивая шероховатость. Такую поверхность отчетливо видно на рисунке 1 б. Открытые поры можно наблюдать на изображении, полученном авторами данной работы при помощи сканирующего зондового микроскопа Solver Next (фирма NT-MDT) в режиме атомно-силовой микроскопии с разрешением 10 нм (рис. 2).

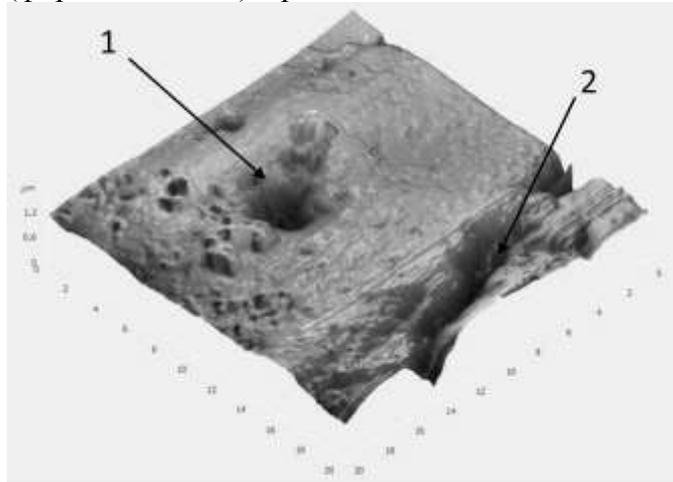


Рисунок 2 – Поры на поверхности МДО-покрытия поперечного шлифа образца на плоскости 20 x 20 мкм:  
1 – единичная пора; 2 – скопление пор

Обычно, происхождение таких единичных пор связывается исключительно с микродуговыми/искровыми разрядами, наблюдаемым при МДО. Визуально очевидно, что поверхностная пора представляет собой оплавленную область покрытия. Но такой подход объясняет только происхождение открытых пор, расположенных непосредственно на поверхности (рис. 3). Происхождение внутренних закрытых пор можно объяснить также воздействием микродуговых или искровых разрядов. Перемещающиеся по поверхности разряды не только расплавляют ранее сформированное покрытие, образуя поверхностную сквозную пору, но и нагревают близлежащие участки. При совместном воздействии двух и более разря-

дов происходит наложение тепловых полей внутри покрытия и расплавление локальных внутренних объемов. После застывания расплава в этих областях формируются закрытые поры, какие и наблюдаются на рисунке 1.

#### **Выводы**

На РЭМ-изображениях поперечных шлифов проведено исследование пористости МДО-покрытий, сформированных на алюминиевом заэвтектическом сплаве AlSi<sub>26</sub>CuNiMg. Установлено, что покрытия, сформированные на таком сплаве, обладают значительной пористостью – до 29 % и толщиной – до 231 мкм.

Изменяя режим процесса МДО можно управлять пористостью и толщиной покрытия в довольно широком диапазоне. Наибольшее влияние на пористость оказывает состав электролита – увеличение концентрации метасиликата натрия в электролите повышает пористость покрытия. На толщину покрытия все факторы процесса влияют одинаково.

Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках Государственного задания № FEUE-2023-0007 (УУНиТ).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коломейченко А.В., Логачев В.Н. Износостойкость МДО-покрытий, сформированных на алюминиевых сплавах АОЗ-7 и АК7ч // Ремонт, восстановление, модернизация. - 2006. - №8. - С. 44-46.
2. Мальшев В.Н., Гантимиров Б.М., Вольхин А.М., Ким С.Л. Повышение антифрикционных свойств износостойких МДО-покрытий // Химическая физика и мезоскопия. - 2013. - Т. 15. - №2. - С. 285-291.
3. Kolomeichenko A.V., Chernyshov N.S., Titov N.V., Logachev V.N. Investigation of corrosion resistance of aluminum alloy products with protective coatings formed by plasma electrolytic oxidation // Surface Engineering and Applied Electrochemistry. - 2017. - V. 53. - №4. - P. 322-326.
4. Трушкина Т.В., Михеев А.Е., Гири А.В. Коррозионная стойкость МДО-покрытий в агрессивных средах // Вестник СибГАУ. - 2014. - №1/53. - С. 179-184.
5. Dudareva N.Yu., Enikeev R.D., Ivanov V.Yu. Thermal protection of internal combustion engines pistons // Procedia engineering. - 2017. - V. 206. - P. 1382-1387.
6. Kumar D., Pandey K.N., Das D.K. Thermal barrier coatings on aluminium-based alloy 2024 for high temperature protection subjected to thermal cyclic loading // Procedia Materials Science. - 2014. - №5. - P. 1075-1080.
7. Lugovskoy A., Zinigrad M. Plasma Electrolytic Oxidation of Valve Metals // Materials Science - Advanced Topics. In Tech. - 2012. - P. 85-102.
8. Микродуговое оксидирование: теория, технология, оборудование / И.В. Суминов, А.В. Эпельфельд, В.Б. Людин и др. - М.: ЭКОМЕТ, 2005. - 368 с.
9. Dudareva N.Yu., Abramova M.M. The structure of plasma-electrolytic coating formed on alsi alloys by the micro-arc oxidation method // Protection of metals and physical chemistry of surfaces. - 2016. - Vol. 52. - №1. - P. 128-132.
10. Шандаров Б.В., Морозов Е.М., Жуковский А.В. Основы технологии микродугового оксидирования: учебное пособие. - М.: ИД «Альянс». - 2008. - 80 с.
11. Curran J.A., Clyne T.W. Thermo-physical properties of plasma electrolytic oxide coatings on aluminium // Surface and coatings technology. - 2005. - №199. - P. 168-76.
12. Curran J.A., Clyne T.W. Porosity in plasma electrolytic oxide coatings // Acta Materialia. - 2006. - №54. - P. 1985-1993.
13. Ивашин П.В., Криштал М.М., Твердохлебов А.Я., Полунин А.В., Дударева Н.Ю., Круглов А.Б. Разноразмерная пористость и теплопроводность оксидных слоев, сформированных плазменно-электролитическим оксидированием на силумине АК12Д // Frontier Materials & Technologies. - 2022. - №4. - С. 49-69.
14. Dudareva N.Yu., Kруглов А.В., Gallyamova R.F. Structure and thermophysical properties of coatings formed by the method of microarc oxidation on an aluminum alloy АК4-1 // Solid State Phenomena. - 2018. - V. 284. - P. 1235-1241.
15. Krishtal M.M. Effect of structure of aluminum-silicon alloys on the process of formation and characteristics of oxide layer in microarc oxidizing // J. Metal science and heat treatment. - 2004. - V. 46. - P. 377-384.
16. Pistons and engine testing. - Wiesbaden: ATZ/MTZ-Fachbuch, Vieweg+Teubner Verlag, 2012. - P. 59-82.
17. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. - М.: Наука, 1976. - 279 с.
18. Любченко Е.А., Чуднова О.А. Планирование и организация эксперимента: Учебное пособие. - Ч. 1. - Владивосток: ТГЭУ, 2010. - 156 с.
19. Dudareva N.Yu., Ustimova E.I., Gallyamova R.F. Corrosion Resistance of MAO Coatings on Al-Si Alloys // Solid State Phenomena. - 2020. - V. 299. - P. 749-754.
20. Image J. Research services branch of the national institute of mental health [Электронный ресурс] / 1997. - Режим доступа: <https://imagej.nih.gov/ij/>.

**Дударева Наталья Юрьевна**

Уфимский университет науки и технологий

Адрес: 450076, Россия, г. Уфа, ул. 3. Валиди, 32

Д.т.н., доцент, профессор кафедры двигателей внутреннего сгорания

E-mail: dudareva.nyu@ugatu.su

**Ситдиков Венер Мунирович**

Уфимский университет науки и технологий

Адрес: 450076, Россия, г. Уфа, ул. 3. Валиди, 32

Начальник цикла – старший преподаватель военного учебного центра

E-mail: sitdikov.vm@ugatu.su

**Коломейченко Александр Викторович**

Центральный научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт «НАМИ»

Адрес: 125438, Россия, г. Москва, ул. Автомоторная, д. 2

Д.т.н., профессор, зав. отделом перспективных технологий

E-mail: a.kolomiychenko@nami.ru

**Логачев Владимир Николаевич**

Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина

Адрес: 302019, Россия, г. Орел, ул. Генерала Родина, д. 69

К.т.н., доцент, доцент кафедры «Надежность и ремонт машин»

E-mail: logvovan@mail.ru

## INFLUENCE OF MICROARC OXIDATION PROCESS MODES ON THE STRUCTURE OF FORMED COATINGS

**Abstract.** The effect of microarc oxidation process modes on porosity and thickness of coatings formed on an hypereutectic aluminum alloy was studied. The process factors were the concentration of liquid glass and caustic potassium in the electrolyte, as well as the installation capacity. A fractional factorial experiment of type 23-1 was planned. The study of the coating structure was carried out by processing images obtained using a scanning electron microscope in the ImageJ program. The influence of various process factors on the thickness and porosity of coatings was established.

**Keywords:** microarc oxidation, aluminum alloys, coating, porosity, microstructure, multifactorial experiment

### BIBLIOGRAPHY

1. Kolomeychenko A.V., Logachev V.N. Iznosostoykost` MDO-pokrytiy, sformirovannykh na alyuminievykh splavakh AO3-7 i AK7ch // Remont, vosstanovlenie, modernizatsiya. - 2006. - №8. - S. 44-46.
2. Malyshev V.N., Gantimirov B.M., Vol'khin A.M., Kim S.L. Povyshenie antifriktsionnykh svoystv iznosostoykikh MDO-pokrytiy // Himicheskaya fizika i mezoskopiya. - 2013. - T. 15. - №2. - S. 285-291.
3. Kolomeichenko A.V., Chernyshov N.S., Titov N.V., Logachev V.N. Investigation of corrosion resistance of aluminum alloy products with protective coatings formed by plasma electrolytic oxidation // Surface Engineering and Applied Electrochemistry. - 2017. - V. 53. - №4. - P. 322-326.
4. Trushkina T.V., Mikheev A.E., Girn A.V. Korroziionnaya stoykost` MDO-pokrytiy v agressivnykh sredakh // Vestnik SibGAU. - 2014. - №1/53. - S. 179-184.
5. Dudareva N.Yu., Enikeev R.D., Ivanov V.Yu. Thermal protection of internal combustion engines pistons // Procedia engineering. - 2017. - V. 206. - P. 1382-1387.
6. Kumar D., Pandey K.N., Das D.K. Thermal barrier coatings on aluminium-based alloy 2024 for high temperature protection subjected to thermal cyclic loading // Procedia Materials Science. - 2014. - №5. - P. 1075-1080.
7. Lugovskoy A., Zinigrad M. Plasma Electrolytic Oxidation of Valve Metals // Materials Science - Advanced Topics. In Tech. - 2012. - P. 85-102.
8. Mikrodugovoe oksidirovanie: teoriya, tekhnologiya, oborudovanie / I.V. Suminov, A.V. Epel'fel'd, V.B. Lyudin i dr. - M.: EKOMET, 2005. - 368 s.
9. Dudareva N.Y., Abramova M.M. The structure of plasma-electrolytic coating formed on alsi alloys by the micro-arc oxidation method // Protection of metals and physical chemistry of surfaces. - 2016. - Vol. 52. - №1. - P. 128-132.
10. Shandarov B.V., Morozov E.M., Zhukovskiy A.V. Osnovy tekhnologii mikrodugovogo oksidirovaniya: uchebnoe posobie. - M.: ID «Al'yans». - 2008. - 80 s.
11. Curran J.A., Clyne T.W. Thermo-physical properties of plasma electrolytic oxide coatings on aluminium // Surface and coatings technology. - 2005. - №199. - P. 168-176.
12. Curran J.A., Clyne T.W. Porosity in plasma electrolytic oxide coatings // Acta Materialia. - 2006. - №54. - P. 1985-1993.
13. Ivashin P.V., Krishtal M.M., Tverdokhlebov A.YA., Polunin A.V., Dudareva N.Yu., Kruglov A.B. Raznorazmernaya poristost` i teploprovodnost` oksidnykh sloev, sformirovannykh plazmenno-elektroliticheskim oksidirovaniem na silumine AK12D // Frontier Materials & Technologies. - 2022. - №4. - S. 49-69.
14. Dudareva N.Yu., Kruglov A.B., Gallyamova R.F. Structure and thermophysical properties of coatings formed by the method of microarc oxidation on an aluminum alloy AK4-1 // Solid State Phenomena. - 2018. - V. 284. - P. 1235-1241.
15. Krishtal M.M. Effect of structure of aluminum-silicon alloys on the process of formation and characteristics of oxide layer in microarc oxidizing // J. Metal science and heat treatment. - 2004. - V. 46. - P. 377-384.
16. Pistons and engine testing. - Wiesbaden: ATZ/MTZ-Fachbuch, Vieweg+Teubner Verlag, 2012. - P. 59-82.
17. Adler Yu.P., Markova E.V., Granovskiy Yu.V. Planirovanie eksperimenta pri poiske optimal'nykh usloviy. - M.: Nauka, 1976. - 279 s.
18. Lyubchenko E.A., Chudnova O.A. Planirovanie i organizatsiya eksperimenta: Uchebnoe posobie. - CH. 1. - Vladivostok: TGEU, 2010. - 156 s.
19. Dudareva N.Yu., Ustimova E.I., Gallyamova R.F. Corrosion Resistance of MAO Coatings on Al-Si Alloys // Solid State Phenomena. - 2020. - V. 299. - P. 749-754.
20. Image J. Research services branch of the national institute of mental health [Elektronnyy resurs] / 1997. - Rezhim dostupa: <https://imagej.nih.gov/ij/>.

#### Dudareva Natalia Yuryevna

Ufa University of Science and Technology  
Address: 450076, Russia, Ufa, Z. Validi str. 32  
Doctor of technical sciences  
E-mail: dudareva.nyu@ugatu.su

#### Sitdikov Vener Munirovich

Ufa University of Science and Technology  
Address: 450076, Russia, Ufa, Z. Validi str. 32  
Department Director – senior lecturer at the Military Training Center  
E-mail: sitdikov.vm@ugatu.su

#### Kolomeichenko Aleksandr Viktorovich

Central Research Automotive and Automotive Institute «NAMI»  
Address: 125438, Russia, Moscow, Avtomotornaya str  
Doctor of technical sciences  
E-mail: a.kolomiychenko@nami.ru

#### Logachev Vladimir Nikolaevich

Oryol State Agrarian University  
Address: 302019, Russia, Orel, Generala Rodina str.  
Candidate of technical sciences  
E-mail logvovan@mail.ru

А.С. ГУРСКИЙ

## МЕТОД РЕАЛИЗАЦИИ ОБЩЕГО ОПЕРАТИВНОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПО КПД

*Аннотация.* В работе рассматривается метод считывания крутящего момента с карданного и приводного вала, а также подходы к определению затрачиваемой мощности.

*Ключевые слова:* коэффициент полезного действия, механические, электрические, автотранспортные, момент, диагностика

### **Введение**

Основной задачей при выполнении общего диагностирования является оперативное выявление нарушений в работе, приводящих к уменьшению эффективности выполняемой работы автотранспортным средством (АТС). Данная функция предполагает как проведение первичной диагностики в виде считывания имеющихся ошибок при включении зажигания и в процессе работы, так и в постоянном определении, затрачиваемой энергии, фактически-выполняемой работы и коэффициента полезного действия (КПД).

Целью данной работы является обоснование возможности использования КПД АТС для выполнения общего оперативного диагностирования.

### **Материал и методы**

Анализируя данные литературных источников видно, что из 100% энергии, выделяемой при сжигании топлива (бензина) около 33 % теряется с отработавшими газам и 35 % утилизируется системой охлаждения. Полезная энергия составляет – 32 %. Из оставшихся полезных процентов около 10% затрачивается на насосные и механические потери в двигателе. В конечном итоге эффективную мощность расходует около 22 % энергии сжигания топлива, а на транспортную, полезную работу (преодоление уклонов, сопротивления воздуха и разгон-торможение) затрачивается около 8,5 %, Общий КПД автомобиля в средних условиях работы находится в диапазоне от 6,2 % до 6,5 % [1]. Это очень низкий показатель и в тоже время он может быть снижен еще больше за счет потерь, связанных с неисправностями АТС. Зачастую симптомы неисправностей носят субъективный характер, что не всегда может быть основанием для диагностирования, а неисправность может отсутствовать вообще. Самыми распространенными заблуждениями при определении неисправности является потеря приемистости транспортного средства и повышенный расход топлива, а у электромобиля - снижение запаса хода. Причины снижения запаса хода электрических АТС при этом могут быть совершенно разные: как неисправности в тормозной системе, утечки электроэнергии за счет изменения свойств аккумуляторной батареи, коммутационной аппаратуры, так и от включения большого числа электропотребителей. В случае явного нарушения на панели приборов может появиться соответствующее сообщение и это может быть основанием для дальнейшего диагностирования. В большинстве случаев наблюдаются незначительные изменения, практически незаметные для водителя, но приводящие к большим затратам энергии.

Самым распространенным методом общего диагностирования АТС является испытание на стенде тягово-экономических показателей. Определяются основные технические характеристики АТС, одним из которых является КПД. Данный способ позволяет выявить нарушения в работе с высокой достоверностью. Недостатком данного метода является относительная сложность и дороговизна. Кроме этого, следует отметить, что на данном стенде невозможно предусмотреть ряд влияющих внешних факторов (например влияние напора воздуха), а также сами барабаны вносят искажения в определении КПД, т.к. поверхность барабанов не может реализовать требуемую деформацию шин. С учетом поправок, современные стенды позволяют определять КПД АТС с высокой точностью. Снижение КПД указыва-

ет на наличие неисправностей в АТС. Это свойство следует применять для общего оперативного диагностирования АТС. До недавнего времени реализовать такую функцию не предоставлялось возможным по техническим причинам. В современных АТС широко применяются системы мониторинга транспорта, что в комплексе с дополнительными датчиками и алгоритмами позволяет выполнять расчет фактически-выполняемой работы и КПД. В современных условиях с появлением телематических систем необходимо провести исследования для определения возможности оперативно выявлять КПД АТС в течение элементарных участков времени или пробега. Общее оперативное диагностирование АТС можно выполнить по нескольким направлениям в соответствии с блок - схемой на рисунке 1 с переходом в углубленное диагностирование.



Рисунок 1 – Направления общего оперативного диагностирования

Предиктивная диагностика подразумевает выявление критических событий путем считывания соответствующих им идентификаторов в сети CAN или К-линии, вызывающие включение аварийно-предупреждающей сигнализации АТС [2, 7]. Фоновая диагностика реализуется в режиме функционирования путем мониторинга работы всех узлов электронными блоками управления в фоновом режиме. Оба направления могут быть задействованы в качестве исходных данных при разработке ПО и систем дистанционного диагностирования современных АТС. Однако наиболее полную картину функционирования может представить расчет КПД АТС. Данный коэффициент является энергетическим показателем эффективности работы как механических, так и электрических транспортных средств. В работе приведена методика оценки технического состояния автомобиля по изменению КПД автомобиля в целом и его составляющих агрегатов (двигателя, трансмиссии, подвески и колес). Следует четко разделять результаты расчета КПД, полученные при дорожных и стендовых испытаниях на беговых барабанах, т. к. ряд факторов значительно отличается, что требует дополнительного изучения [3].

### Теория

Коэффициент полезного действия автомобиля – это комплексный показатель, учитывающий расход энергии во всех узлах и агрегатах автомобиля, поэтому общий КПД автомобиля определяется как произведение эффективного КПД двигателя, трансмиссии, подвески и колес. А учитывая то, что эффективный КПД двигателя включает индикаторный и механический КПД, формула КПД автомобиля имеет вид [4].

$$\eta_a = \eta_i \cdot \eta_m \cdot \eta_{mp} \cdot \eta_n \cdot \eta_k, \quad (1)$$

где  $\eta_i$  – индикаторный КПД;  
 $\eta_m$  – механический КПД;  
 $\eta_{mp}$  – КПД трансмиссии;  
 $\eta_n$  – КПД подвески;  
 $\eta_k$  – КПД колес.

Как видно на рисунке 2 индикаторный КПД находится в диапазоне от 0,3 до 0,4, а механический изменяется в диапазоне от 0,4 до 0,8 [5].

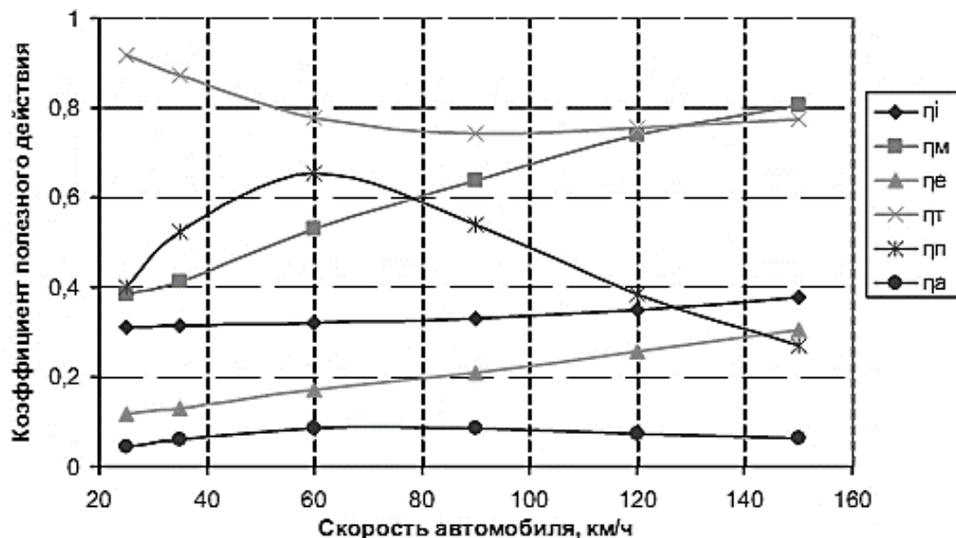


Рисунок 2 – Распределение КПД на примере ВАЗ 21104

Результирующий эффективный КПД двигателя в таком случае составит диапазон от 0,12 до 0,32. На КПД двигателя влияет ряд факторов [6]: способ смесеобразования, состав смеси (коэффициент избытка воздуха), угол опережения зажигания, частота вращения коленчатого вала, нагрузка, тип камеры сгорания, степень сжатия, наполнение цилиндров. Если рассматривать опытный автомобиль, то отклонение по абсолютной величине индикаторного КПД составляет 0,08, что в относительном виде составляет около 17 %. Анализируя параметры, составляющие КПД двигателя, выявлено, что ряд параметров имеет сложную зависимость от различных условий и определить однозначно их невозможно [14].

КПД подвески и колес имеет сложную зависимость от характеристик упругих и гасящих элементов подвески, скорости движения, неровности дорожного покрытия и давления воздуха в шинах. Диапазон изменения КПД подвески и колес от 0,3 до 0,65.

Самые высокие значения принимает КПД трансмиссии от 0,75 до 0,92. Зависит от скорости движения, передаточного числа главной передачи, скольжения сцепления (гидротрансформатора), передаточного числа коробки переключения передач, раздаточной коробки, шарниров карданного и приводного валов.

Крутящий момент является самым сложным параметром с точки зрения практической реализации устройства контроля на АТС. Результаты определения крутящего момента непосредственно на колесах обладают наибольшей точностью и информативностью. Широкое использование данного типа датчиков на сегодняшний день имеет ряд ограничений, что связано с большой стоимостью и сложностью в установке, что зачастую требует конструктивных изменений [9-12]. Оптимальным решением считывания крутящего момента с точки зрения наименьшего вмешательства в конструкцию автомобиля является тензодатчик, установленный на карданный вал или вал (валы) привода. Для обеспечения высокой точности и достоверности сигнал тензодатчика требует преобразования и передачи с вращающегося и движущегося во всех плоскостях вала (карданный или полуось) на стационарный приемник.

Устанавливая датчик крутящего момента на карданный вал, формула (1) записывается в виде:

$$\eta_a = \eta_i \cdot \eta_m \cdot \eta_{mp1} \cdot \eta_{mp2} \cdot \eta_n \cdot \eta_k, \quad (2)$$

где  $\eta_{mp1}$ - КПД трансмиссии до места установки датчика крутящего момента;  
 $\eta_{mp2}$ - КПД трансмиссии после места установки датчика крутящего момента.

КПД трансмиссии разделяется на КПД трансмиссии до места установки датчика крутящего момента, состоящей из сцепления, коробки переключения передач, раздаточной коробки передач, шарнира неравных угловых скоростей, и КПД трансмиссии после места установки датчика крутящего момента, состоящей из КПД шарнира неравных угловых скоростей, редуктора главной передачи, дифференциала, подшипников и полуосей.

Если в данной формуле первую часть, состоящую из трех множителей заменить на КПД силового агрегата, а вторую часть, состоящую из трех множителей, заменить на КПД ходовой части, то формула приобретет вид:

$$\eta_a = \eta_{сч} \cdot \eta_{хч}, \quad (3)$$

где  $\eta_{сч}$  - КПД силовой части;  
 $\eta_{хч}$  - КПД ходовой части.

КПД силовой части механических АТС  $\eta_{счм}$  не позволяет провести расчет, т.к. отсутствует точная математическая модель для аналитического определения КПД. Как было отмечено ранее объясняется сложностью происходящих процессов, разнообразием схем передачи мощности и большим количеством факторов, влияющих на колебания КПД силовой части при различных условиях эксплуатации. Определяя фактический крутящий момент на карданном валу и фактический расход топлива КПД для каждого АТС можно определить по упрощенной эмпирической зависимости.

$$\eta_{счм} = \frac{M}{K_t Q_a}, \quad (4)$$

где  $K_t$  – коэффициент пропорциональности для перевода расхода топлива в затрачиваемый крутящий момент, Нч/м<sup>2</sup>;

$Q_a$  – фактический расход топлива автомобиля, м<sup>3</sup>/ч;

$M$  - фактический крутящий момент на карданном валу, Нм.

Расчет коэффициента пропорциональности для перевода расхода топлива в затрачиваемый крутящий момент проводится опытным путем, с использованием тягового стенда [7]. Считывание и расчет данных о расходе топлива возможно несколькими методами в соответствии с рисунком 3.



Рисунок 3 - Методы измерения расхода топлива на АТС

Самым точным методом является метод измерения с помощью аналоговых и цифровых датчиков расхода топлива (ДРТ) [8]. Недостатком такого метода является установка дополнительного, относительно дорогого датчика, который требует изменения конструкции

топливопроводов. С меньшей точностью измерения позволяют производить расчет штатные датчики уровня топлива (ДУТ), информацию с которых можно получить с шин передачи данных [13]. Дополнительные ДУТ имеют лучшие параметры, по сравнению со штатными. ДУТ часто используются в системах мониторинга транспорта на сегодняшний день. Обладают более высокими показателями точности и информативности, однако требуют дополнительных расходов и зачастую устанавливаются с изменением штатной конструкции топливных систем. Метод считывания сигналов длительности открытого состояния форсунок практически не нарушают конструкцию и позволяют рассчитывать фактический расход топлива путем расчета электрических и гидравлических параметров [9].

Считывание можно проводить как непосредственно с разъемов форсунок, так и с помощью накладных бесконтактных (емкостных) датчиков. Используя длительность открытого состояния форсунок рассчитать расход несложно, однако учитывая многообразие причин изменения пропускной способности форсунок, достоверность полученных результатов постоянно изменяется. На искажение параметров впрыска сильное влияние имеет начальная точка (подачи) впрыска топлива (НТП в англ. ВР - beginning injection point). Данный параметр значительное влияние имеет в дизельных системах топливоподачи, однако при построении алгоритма с подсчетом большого количества циклов может повлиять и на результат расхода топлива бензиновых систем впрыска [15]. Для исключения погрешностей этих факторов предлагается использовать комбинацию из двух параметров: постоянный контроль длительности впрыска, и периодического контроля в статическом режиме уровня топлива со штатного или дополнительного датчика уровня топлива. В случае использования дополнительного ДУТ, в его функционал входит и датчик угла наклона АТС, что повышает точность показаний ДУТ. В случае наличия сигнала с данного датчика о допустимом отклонении от горизонтали производится считывание с датчика уровня топлива. Таким образом после каждого замера уровня топлива, производится сверка полученного суммарного расхода с изменением уровня топлива. После вычисления формируется заключение о достоверности данных, полученных с этих датчиков. Следует отметить, что для дизельного топлива важным фактором является температура топлива, т.к. изменение плотности топлива может сильно повлиять на уровень топлива в баке. Поэтому в процесс определения расхода топлива по уровню обязательно следует вводить параметр «температура топлива». Как правило, в дизельных системах топливоподачи датчик температуры топлива установлен штатно, а информация о температуре топлива присутствует в шине данных.

Использование алгоритма расчета фактической подачи топлива позволяет постоянно контролировать отклонения в системе топливоподачи путем накопления статистических данных [16]. В случае значительного отклонения от нормы в алгоритме прописывается «нарушение в работе», требуется углубленная диагностика. В данном случае следует рассматривать утечку топлива из системы по причине разгерметизации или его слив, либо нарушение в системе контроля уровня топлива.

При незначительном отклонении проводится расчет корректирующего коэффициента и система произведет адаптацию в соответствии с изменениями. При этом на сервере может быть сохраненное сообщение о том, что корректировка была произведена. При выполнении сопутствующей диагностики в процессе технических воздействий данная информация может быть проанализирована для принятия решения об исправности системы. Кроме этого, полученная информация будет использована для прогнозирования работы топливной аппаратуры с расчетом наработки до отказа. Данный алгоритм позволяет выполнять общее оперативное диагностирование топливной аппаратуры и силовой части механических АТС в целом.

КПД силовой части электрических АТС  $\eta_{счэ}$  определяется проще, по сравнению с механическими, т.к. в составе электромобиля сложный двигатель внутреннего сгорания заменен на более простой – электрический двигатель, а сложная коробка переключения передач заменена на простой редуктор или вообще отсутствует. В таком случае в качестве КПД следует применить КПД электродвигателя. Эмпирическая формула для определения КПД:

$$\eta_{\text{счз}} = \frac{M \cdot n}{K_э \cdot P_э}, \quad (5)$$

где  $K_э$  – коэффициент пропорциональности для согласования затрачиваемой электрической мощности с полезным крутящим моментом и частотой вращения, Вт\*мин/Н\*м;

$P_э$  – затрачиваемая электрическая мощность, Вт;

$M$  – фактический крутящий момент на валу, Нм;

$n$  – частота вращения вала, мин<sup>-1</sup>.

Контроль КПД силовой части значительно проще. Подшипники электродвигателя подвержены большим механическим и тепловым нагрузкам, требуют специфической смазки. Зачастую используется датчик температуры для контроля температурного режима. На основании полученных данных с датчика крутящего момента и частоты вращения вала выполняется ряд аналитических действий: если величина КПД в норме, то данные затраченной электрической энергии в полной мере отражают работу силовой части и могут быть использованы для учета условий эксплуатации; если КПД снижается, а температура подшипников растет, то необходимо экстренно снижать мощность силовой части и переходить в углубленную диагностику силовой части электрических АТС. Снижение КПД без повышения температуры указывает на наличие неисправности, которая будет подтверждаться диагностированием инвертора [17]. Все изменения КПД необходимо хранить на сервере для прогнозирования работоспособности электрических АТС.

КПД ходовой части в таком случае будет идентичным как для механических, так и для электрических транспортных средств. При считывании крутящего момента с вала привода есть риск не учесть потери энергии на участке передачи крутящего момента от вала до точки контакта колес с дорогой (подшипники, тормозные механизмы, углы установки колес, шины). В таком случае необходимо предусмотреть способы учета и компенсации указанных потерь. Например, деформацию шины по различным причинам, в том числе и по несоответствию давления воздуха можно определять по разнице частот вращения колес. Влияние тормозной системы сложнее отследить, т.к. увеличение затрачиваемой энергии по причине самопроизвольного подтормаживания может быть определен как ухудшение дорожных условий. В данном случае требуется дополнительная информация о дорожных условиях: уклон дороги, встречный ветер, температура окружающей среды. Наилучшим результатом в таком случае является установка дополнительного датчика температуры тормозных механизмов. Исправность тормозной системы можно определить с использованием несложных алгоритмов искусственного интеллекта. Немаловажным в данном анализе является обработка статистики, заранее сохраненной в памяти АТС или сервера. В случае исправности всех компонентов КПД ходовой части после приводного вала будет величиной практически постоянной, с учетом нагрузки на ходовую часть и температуру смазки подшипников, температуры и давления в шинах. Измерение КПД ходовой части позволяет выполнять оперативное общее диагностирование тормозной системы и ходовой части в целом электрических и механических АТС.

Общее КПД редуктора главной передачи, карданных и полуосевых шарниров всех подшипников приблизительно равно 0,9 и незначительно изменяется в зависимости от внешних факторов. Основная сложность заключается в измерении КПД колес и подвески. КПД колес зависит от скорости движения и неровности дорожного покрытия и давления воздуха в шинах, а КПД подвески зависит от скорости движения и неровности дороги и нагрузки на автомобиль.

В общем виде формулу можно записать:

$$\eta_{\text{сч}} = \eta_{\text{мп2}} \cdot f(G_a, V_a, p_{ш}, h_{\delta}) \Delta t, \quad (6)$$

где  $G_a$  – масса АТС, кг;

$V_a$  – скорость АТС, км/ч;

$p_{ш}$  – давление воздуха в шинах, МПа;

$h_{\delta}$  – неровность дорожного полотна, м.

Как видно в формуле некоторые параметры сложно измерить с высокой точностью. Неровность дорожного покрытия с невысокой точностью можно определить по датчику нагрузки на ось. Для повышения точности требуется замена датчика нагрузки на широкополосный датчик нагрузки, который значительно дороже используемого. Давление в шинах на АТС определяется по датчикам давления или по соотношению скорости движения и частоты вращения колес. Для правильности считывания и интерпретации полученных значений следует определить порядок считывания и провести начальную настройку (обучение).

Считывание крутящего момента с приводного вала (валов). Самым приемлемым на данном этапе является датчик, считывающий радиальную деформацию приводного вала. Данный способ очень хорошо применяется на автомобилях с использованием открытых приводных валов, как правило, это легковые автомобили и электромобили, одновременно с этим у них, чаще всего, отсутствуют карданные валы. В таком случае в соответствии с формулой (1) с учетом мизерности потерь в подшипниках колес, неучтенными остаются КПД подвески и колес, а КПД трансмиссии учитывается в первой части формул (4) и (5). Из формулы (6) соответственно указанное КПД исключается. При этом точность получаемых результатов повышается, а в случае установки датчиков на все полуоси можно проверить распределение крутящего момента на всех ведущих колесах, что позволяет выявлять нарушения работы дифференциалов.

### ***Результаты и обсуждение***

Свойство снижения КПД по причине наличия неисправностей в АТС, следует применять для общего оперативного диагностирования АТС. Современные телематические системы позволяют провести исследования по определению возможности выявления неисправностей на основании КПД АТС в течение элементарных участков времени или пробега.

Оптимальным решением считывания крутящего момента с точки зрения наименьшего вмешательства в конструкцию автомобиля является тензодатчик, установленный на карданный вал или вал (валы) привода.

Комбинация из двух параметров: постоянный контроль длительности впрыска, и периодического контроля в статическом режиме уровня топлива со штатного или дополнительного датчика уровня топлива позволяет постоянно контролировать отклонения в системе топливоподачи. В случае значительного отклонения от нормы в алгоритме прописывается «нарушение в работе», требуется углубленная диагностика. В данном случае следует рассматривать утечку топлива из системы по причине разгерметизации или его слив, либо нарушение в системе контроля уровня топлива.

Влияние тормозной системы вносит погрешность в КПД ходовой части, т.к. увеличение затрачиваемой энергии по причине самопроизвольного подтормаживания может быть определено как ухудшение дорожных условий. В данном случае требуется дополнительная информация о дорожных условиях: уклон дороги, встречный ветер, температура окружающей среды. Наилучшим выходом в такой ситуации является установка дополнительного датчика температуры тормозных механизмов. Исправность тормозной системы можно определить с использованием несложных алгоритмов искусственного интеллекта.

При определении КПД ходовой части следует учесть: для повышения точности при определении неровностей дорожного покрытия требуется использование широкополосного датчика нагрузки на ось; давление в шинах на АТС определяется по датчикам давления или по соотношению скорости движения и частоты вращения колес.

Самым приемлемым вариантом при определении крутящего момента является датчик, считывающий радиальную деформацию приводного вала. Данный способ очень хорошо применяется на автомобилях с использованием открытых приводных валов, как правило, это легковые автомобили и электромобили, одновременно с этим у них, чаще всего, отсутствуют карданные валы. При установке датчика на приводной вал погрешность будет меньше чем при установке на карданный вал. В случае установки датчиков на все приводные валы точность получаемых результатов значительно повышается, кроме этого можно проверить рас-

пределение крутящего момента на всех ведущих колесах, что позволяет выявлять нарушения работы дифференциалов.

### **Выводы**

1. Мониторинг КПД позволяет выполнять общее оперативное диагностирование механических и электрических АТС.

2. Определение КПД силовой части механических АТС позволяет выполнить оперативное диагностирование силовой части механических АТС в целом и выявить неисправности топливной аппаратуры в частности.

3. Определение КПД силовой части электрических АТС позволяет выполнить оперативное диагностирование силовой части электрических АТС в целом и выявить неисправность подшипников электродвигателя в частности.

4. Оперативное диагностирование ходовой части электрических и механических АТС по изменению КПД возможна, и позволяет определить исправность тормозной системы.

5. Анализ статистических данных изменения КПД АТС может быть использован для планирования работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту, а также прогнозирования долговечности АТС.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Горбик Ю.В. Оценка технического состояния по расходу топлива и КПД автомобиля ВАЗ-21104 // Вестник ХНАДУ. - Вып.70. - 2015. - С. 33-37.
2. Кириленко В.Г., Мальцев А.Н., Гурский А.С. К вопросу предиктивной диагностики автотранспортных двигателей с электронной системой топливоподачи // Современная наука и образование: Актуальные вопросы и перспективы развития: Сборник материалов научно-практической конференции с международным участием. - Минск: БНТУ, МПГК. - 2021.
3. Кривошапов С.И. Разработка методики и алгоритма общего диагностирования автомобилей по изменению коэффициента полезного действия: автореф. дис. ... канд. техн. наук. - Х.: ХГАДТ, 1999. - 20 с.
4. Говорущенко Н.Я., Горбик Ю.В. Методы диагностирования автомобилей по изменению общего и индикаторного расхода топлива и частных КПД в отдельных агрегатах // Транспорт, экология – устойчивое развитие: XVI научно-техническая конференция с международным участием. - Варна: ТУ. - 2010 – С. 442-450.
5. Горбик Ю.В. Оценка технического состояния по расходу топлива и КПД автомобиля ВАЗ-21114 // Вестник ХНАДУ: Сборник научных трудов. - Вып. 70. - Харьков: ХНАДУ, 2015. - С. 33-37.
6. Гурский А.С. Анализ способов учета условий эксплуатации автотранспортных средств при определении корректирующих коэффициентов периодичности технического обслуживания и трудоемкости текущего ремонта // Изобретатель. - 2021. - №1-2(242-243). - С. 7-13
7. Гурский А.С. Определение коэффициента суммарного дорожного сопротивления по расходу топлива // Изобретатель. - 2020. - №2(238). - С. 7-13.
8. Анализ возможности использования цифрового датчика расхода топлива в системе корректирования периодичности технического обслуживания и трудоемкости текущего ремонта // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В, Промышленность. Прикладные науки. Транспорт. - №11. – 2021. - С. 51-58.
9. Гурский А.С. Диагностирование электронной системы впрыска топлива бензинового двигателя по длительности открытого состояния форсунок // Вестн. Белорус. нац. техн. ун-та. - 2003. - №4. - С. 49-52.
10. Алешко А.А. и др. Повышение качества технического обслуживания и ремонта автотранспортных средств путем мониторинга технического состояния / под ред. Д. Н. Коваля. – Минск: Бел НИИТ «Транстехника», 2018. – 324 с.
11. ТКП 248-2010(02190). Техническое обслуживание и ремонт автомобильных транспортных средств. Нормы и правила проведения. – Минск: РУП «Белорусский науч-но-исследовательский институт транспорта «Транстехника», 2010. – 42 с.
12. Клименко В.И. Анализ методов определения коэффициента сопротивления качению колёс автомобиля // Автомобильный транспорт. – 2020. – Вып. 46. – С. 33-39.
13. Инструкция о порядке применения норм расхода топлива для механических транспортных средств, машин, механизмов и оборудования. – Утв. постановлением Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь от 31.12.2008 №141.
14. Мальцев Н.Г., Карпиевич Ю.Д. Современные методы контроля расхода топлива и применение для мониторинга режимов работы автотракторной техники // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: Материалы научно-практической конференции. - Минск: БГАТУ. - 2013. - С. 35-39.
15. Интеграция технической эксплуатации автомобилей в структуры и процессы ITS / В.П.Волков, В.П.Матейчик, О.Я. Никонов и др. – Донецк: Ноулидж, 2013. – 398 с.
16. Ивашко В.С., Гурский А.С., Мальцев А.Н. Показатели эффективности использования транспортных средств // Изобретатель. – Минск. - 2017. - №10(214). - С. 26-30.
17. Гурский А.С., Ивашко В.С. Использование транспортной телематики и дистанционной диагностики для совершенствования технического обслуживания и ремонта транспортных средств // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия физико-технических наук. – 2020. – Т. 65. - №3. - С. 375-383.

Гурский Александр Станиславович

Белорусский национальный технический университет

Адрес: 220013, Беларусь, г. Минск, пр-т Независимости, 65

К.т.н., зав. кафедрой технической эксплуатации автомобилей

E-mail: ASGURSKI@bntu.by

A.S. GURSKY

## METHOD OF REALIZATION OF GENERAL OPERATIVE DIAGNOSTICS OF MECHANICAL AND ELECTRIC VEHICLES BY EFFECTIVENESS

*Abstract.* The paper considers a method for reading torque from the cardan and drive shafts, as well as approaches to determining the power expended.

*Keywords:* efficiency, mechanical, electrical, automotive, moment, diagnostics

### BIBLIOGRAPHY

1. Gorbik Yu.V. Otsenka tekhnicheskogo sostoyaniya po raskhodu topliva i KPD avtomobilya VAZ-21104 // Vestnik HNADU. - Vyp.70. - 2015. - S. 33-37.
2. Kirilenko V.G., Mal'tsev A.N., Gurskiy A.S. K voprosu prediktivnoy diagnostiki avtotransportnykh dvigateley s elektronnoy sistemoy toplivopodachi // Sovremennaya nauka i obrazovanie: Aktual'nye voprosy i perspektivy razvitiya: Sbornik materialov nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. - Minsk: BNTU, MPGK. - 2021.
3. Krivoshepov S.I. Razrabotka metodiki i algoritma obshchego diagnostirovaniya avtomobiley po izmeneniyu koeffitsienta poleznogo deystviya: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. - H.: HGADT, 1999. - 20 s.
4. Govorushchenko N.YA., Gorbik YU.V. Metody diagnostirovaniya avtomobiley po izmeneniyu obshchego i indikatornogo raskhoda topliva i chastnykh KPD v odel'nykh agregatakh // Transport, ekologiya - ustoychivoe razvitie: HVI nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem. - Varna: TU. - 2010 - S. 442-450.
5. Gorbik Yu.V. Otsenka tekhnicheskogo sostoyaniya po raskhodu topliva i KPD avtomobilya VAZ-21114 // Vestnik HNADU: Sbornik nauchnykh trudov. - Vyp. 70. - Har'kov: HNADU, 2015. - S. 33-37.
6. Gurskiy A.S. Analiz sposobov ucheta usloviy ekspluatatsii avtotransportnykh sredstv pri opredelenii korektyrnykh koeffitsientov periodichnosti tekhnicheskogo obsluzhivaniya i trudoemkosti tekushchego remonta // Izobretatel'. - 2021. - №1-2(242-243). - S. 7-13
7. Gurskiy A.S. Opredelenie koeffitsienta summarnogo dorozhnogo soprotivleniya po raskhodu topliva // Izobretatel'. - 2020. - №2(238). - S. 7-13.
8. Analiz vozmozhnosti ispol'zovaniya tsifrovogo datchika raskhoda topliva v sisteme korektirovaniya periodichnosti tekhnicheskogo obsluzhivaniya i trudoemkosti tekushchego remonta // Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya B, Promyshlennost'. Prikladnye nauki. Transport. - №11. - 2021. - S. 51-58.
9. Gurskiy A.S. Diagnostirovanie elektronnoy sistemy vpryska topliva benzinovogo dvigatelya po dlitel'nosti otkrytogo sostoyaniya forsunok // Vestn. Belarus. nats. tekhn. un-ta. - 2003. - №4. - S. 49-52.
10. Aleshko A.A. i dr. Povyshenie kachestva tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta avtotransportnykh sredstv putem monitoringa tekhnicheskogo sostoyaniya / pod red. D. N. Kovalya. - Minsk: Bel NIIT «Transtekhnika», 2018. - 324 s.
11. ТКР 248-2010(02190). Tekhnicheskoe obsluzhivanie i remont avtomobil'nykh transportnykh sredstv. Normy i pravila provedeniya. - Minsk: RUP «Belorusskiy nauchno-issledovatel'skiy institut transporta «Transtekhnika», 2010. - 42 s.
12. Klimenko V.I. Analiz metodov opredeleniya koeffitsienta soprotivleniya kacheniyu kolios avtomobilya // Avtomobil'nyy transport. - 2020. - Vyp. 46. - S. 33-39.
13. Instruksiya o poryadke primeneniya norm raskhoda topliva dlya mekhanicheskikh transportnykh sredstv, mashin, mekhanizmov i oborudovaniya. - Utv. postanovleniem Ministerstva transporta i kommunikatsiy Respubliki Belarus' ot 31.12.2008 №141.
14. Mal'tsev N.G., Karpievich Yu.D. Sovremennye metody kontrolya raskhoda topliva i primeneniye dlya monitoringa rezhimov raboty avtotraktornoy tekhniki // Nauchno-tekhnicheskiiy progress v sel'skokhozyaystvennom proizvodstve: Materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Minsk: BGATU. - 2013. - S. 35-39.
15. Integratsiya tekhnicheskoy ekspluatatsii avtomobiley v struktury i protsessy ITS / V.P.Volkov, V.P.Mateychik, O.Ya. Nikonov i dr. - Donetsk: Noulidzh, 2013. - 398 s.
16. Ivashko V.S., Gurskiy A.S., Mal'tsev A.N. Pokazateli effektivnosti ispol'zovaniya transportnykh sredstv // Izobretatel'. - Minsk. - 2017. - №10(214). - S. 26-30.
17. Gurskiy A.S., Ivashko V.S. Ispol'zovanie transportnoy telematiki i distantsionnoy diagnostiki dlya sovershenstvovaniya tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta transportnykh sredstv // Izvestiya Natsional'noy akademii nauk Belarusi. Seriya fiziko-tekhnicheskikh nauk. - 2020. - T. 65. - №3. - S. 375-383.

Gurskiy Alexander Stanislavovich

Belarusian National Technical University

Address: 220013, Belarus, Minsk, Prospekt Nezavisimosti, 65

Candidate of technical sciences,

E-mail: ASGURSKI@bntu.by

Научная статья

УДК 629.113

doi:10.33979/2073-7432-2023-3-5(82)-18-25

К.Я. ЛЕЛИОВСКИЙ

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ТРАНСМИССИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХСЯ В УХУДШЕННЫХ ДОРОЖНЫХ УСЛОВИЯХ

**Аннотация.** Предложена эквивалентная динамическая модель трансмиссии транспортных средств повышенной проходимости, эксплуатирующихся в ухудшенных дорожных условиях и по бездорожью. Рассмотрено составление уравнения аналитической механики для данной модели. Рассчитаны графики характеристик спектральной плотности возмущающих динамических воздействий, действующих в трансмиссии изучаемых транспортных средств, вследствие их движения по неровному опорному основанию. В качестве его примера выбраны те, которые характерны для районов Сибири, Алтая и Дальнего Востока. Кроме того, при моделировании были учтены силовые возмущающие воздействия, действующие в трансмиссии со стороны двигателя.

**Ключевые слова:** вибрационная нагруженность, крутильные колебания трансмиссии, спектральные характеристики колебаний, модель динамики трансмиссии, уравнение Лагранжа второго рода

### **Введение**

Трансмиссии транспортных средств имеют в своей конструкции значительное число инерционных масс, соединенных между собой валами, шарнирами и другими элементами с разной жёсткостью. Они конструктивно объединены в сложные колебательные системы, характеризующиеся распределением параметров. Взаимодействие с опорным основанием движителя транспортного средства, перемещающегося в установившемся режиме, обуславливает включение его остова и установленных на нём узлов и агрегатов в динамическую колебательную систему трансмиссии. Внешние возмущающие воздействия, переменные по своим значениям, нагружающие такие системы, изменяют соотношения баланса энергий. Кроме того, они являются одними из источников сложных взаимных перемещений данных элементов, их скручивание и колебания. В связи с этим изучение вибрационной нагруженности агрегатов трансмиссии производится, как правило, при помощи создания её динамической модели, перемещения составляющих которой эквивалентны реальной. В ходе исследований и расчётов перемещения теоретически схематизируются, после чего модели упрощаются, для целей определения наиболее важных, с данной точки зрения, конструктивных характеристик транспортного средства, а так же значимых условий эксплуатации.

### **Материал и методы**

В ходе создания модели динамики трансмиссии объектов исследования вводим следующие базовые допущения:

- 1) распределенные массы конструктивных элементов полагаем сосредоточенными в их центрах инерции;
- 2) валы, обладающие упругими свойствами, представляются в виде упругих в угловом направлении стержневых звеньев, условно не обладающих собственной массой;
- 3) элементы конструкции, характеризующиеся неупругими сопротивлениями, представляются сопротивлениями условных сосредоточенных фрикционных муфт;
- 4) крутящие моменты в динамических звеньях с упругими связями ограничиваются максимальным моментом трения муфты сцепления и пределом по условию сцепления колес с опорным основанием.

Динамическая модель трансмиссии как колебательной системы в подобном представлении является неудобной для проведения дальнейших расчётов [4, 7, 8-15]. Они значительно упростятся, если при моделировании нами будут учтены особенности устройства трансмиссии изучаемых транспортно-технологических машин, а также эксплуатации объектов ис-

следования, связанные с конкретизацией условий их работы. Таким образом, наряду с базовыми, примем следующие дополнительные допущения:

1) сравнительно малые величины моментов инерции элементов трансмиссии и соответствующие им массы исключаются из рассмотрения, оставляются лишь те массы, которые определяют основные формы колебаний;

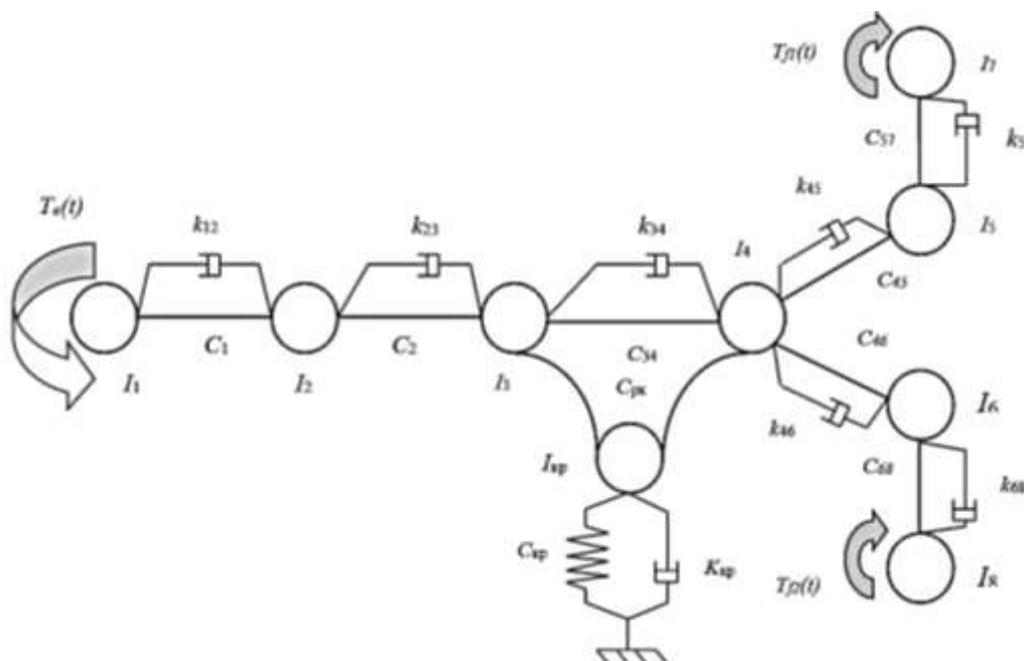
2) объединяются массы правых и левых колёс ведущих мостов, а также жёсткости их полуосей ввиду практически полного их подобия при установившемся движении по однородному опорному основанию;

3) условные сосредоточенные фрикционные муфты, характеризующие пределы по условию сцепления правого и левого задних колёс с опорным основанием исключаются ввиду того, что при движении по дороге без отрыва их пробуксовка незначительна даже при разгрузке моста;

4) механическую фрикционную муфту, отображающую механическое сцепление, считаем заблокированной и поэтому не учитываем её ввиду того, что его пробуксовка является нештатным режимом работы трансмиссии;

5) введём в модель условные демпфирующие элементы, учитывающие рассеивание энергии в трансмиссии (неконсервативной динамической системе), связанное с относительным перемещением её масс.

В результате введения в действие указанных допущений получена модель динамически трансмиссии, эквивалентная таковой на исследуемых транспортных средствах (рис. 1).



**Рисунок 1-Модель динамики трансмиссии автотранспортного средства (с колесной формулой 4X4):**

$I_1, I_2, I_3, I_4, I_5, I_6, I_7, I_8$  – моменты инерции элементов силовой передачи транспортного средства;

$C_{12}, C_{23}, C_{34}, C_{45}, C_{46}, C_{57}, C_{68}$  – коэффициенты угловой жесткости элементов трансмиссии, эквивалентно приведенные к коленчатому валу;  $C_{рк}$  – коэффициент угловой жесткости валов раздаточной коробки, эквивалентно приведенный к коленчатому валу;  $C_{сп}$  – коэффициент жесткости корпусных частей транспортного средства движущихся поступательно, эквивалентно приведенный к коленчатому валу;

$k_{12}, k_{23}, k_{34}, k_{45}, k_{46}, k_{57}, k_{68}$  – коэффициенты вязкого сопротивления (демпфирования) элементов трансмиссии, эквивалентно приведенные к коленчатому валу;  $k_{рк}$  – коэффициент вязкого сопротивления корпуса раздаточной коробки, эквивалентно приведенный к коленчатому валу;  $k_{кр}$  – коэффициент неупругого сопротивления корпусных элементов транспортного средства;  $T_e(t)$  – эффективный крутящий момент;

$T_{j1,2}(t)$  – моменты сопротивления дороги на правом и левом колёсах, соответственно

Уравнения динамики колебательной системы, приведенной на (рис. 1), получим из общего уравнения аналитической механики, составляя его в дифференциальной форме Даламбера – Эйлера. На основании принятых допущений полагаем исследуемую систему кон-

сервативной. Выражения для кинетической и потенциальной энергий, а также функции Рэля для рассматриваемой динамической модели запишутся следующим образом:

Кинетическая энергия системы:

$$T = \frac{1}{2} \left( m_1 \dot{\varphi}_1^2 + m_2 \dot{\varphi}_2^2 + m_3 \dot{\varphi}_3^2 + m_{kp} \dot{q}_{kp}^2 + m_4 \dot{\varphi}_4^2 + m_5 \dot{\varphi}_5^2 + m_6 \dot{\varphi}_6^2 + m_7 \dot{\varphi}_7^2 + m_8 \dot{\varphi}_8^2 \right), \quad (1)$$

Потенциальная энергия системы:

$$\begin{aligned} \Pi = & \frac{1}{2} \left( (c_{12} \varphi_1^2 - c_{12} \varphi_2^2) + (c_{23} \varphi_2^2 - c_{23} \varphi_3^2) + (c_{34} \varphi_3^2 - c_{34} \varphi_4^2 - c_{kp} \varphi_{kp}^2) + (c_{kp} q_{kp}^2 - c_{kp} \varphi_4^2) \oplus \right. \\ & \oplus \left( (c_{45} + c_{46}) \varphi_4^2 - c_{45} \varphi_5^2 - c_{46} \varphi_6^2 \right) + (c_{57} \varphi_5^2 - c_{57} \varphi_7^2) + (c_{68} \varphi_6^2 - c_{68} \varphi_8^2) + (c_{57} \varphi_5^2 + c_{57} \varphi_7^2) \oplus \\ & \left. \oplus (c_{68} \varphi_6^2 + c_{68} \varphi_8^2) \right), \quad (2) \end{aligned}$$

Диссипативная функция Рэля:

$$\begin{aligned} R = & \frac{1}{2} \left( (k_{12} \dot{\varphi}_1^2 - k_{12} \dot{\varphi}_2^2) + (k_{23} \dot{\varphi}_2^2 - k_{23} \dot{\varphi}_3^2) + (k_{34} \dot{\varphi}_3^2 - k_{34} \dot{\varphi}_4^2) + (k_{kp} \dot{q}_{kp}^2) \oplus \right. \\ & \oplus \left( k_{45} \dot{\varphi}_4^2 - k_{46} \dot{\varphi}_4^2 - k_{45} \dot{\varphi}_5^2 - k_{46} \dot{\varphi}_6^2 \right) + (k_{57} \dot{\varphi}_5^2 - k_{57} \dot{\varphi}_7^2) + (k_{68} \dot{\varphi}_6^2 - k_{68} \dot{\varphi}_8^2) \oplus \\ & \left. \oplus (k_{57} \dot{\varphi}_5^2 + k_{57} \dot{\varphi}_7^2) + (k_{68} \dot{\varphi}_6^2 + k_{68} \dot{\varphi}_8^2) \right). \quad (3) \end{aligned}$$

Качественно описать движение функционального элемента коробки передач можно посредством уравнений аналитической механики. Составим их в форме Лагранжа Прода. В качестве обобщённых координат выбираем элементарные угловые перемещения  $\varphi_i$  динамических звеньев системы относительно собственных осей.

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{q}} \right) - \frac{\partial \Pi}{\partial q} - \frac{\partial R}{\partial \dot{q}} = -Q(t), \quad (4)$$

Для данной модели в развёрнутом виде представим его в виде системы уравнений:

$$\begin{cases} m_1 \ddot{\varphi}_1 + c_{12} (\varphi_1 - \varphi_2) + k_{12} (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) = T_c(t) \\ m_2 \ddot{\varphi}_2 - c_{23} (\varphi_2 - \varphi_3) - k_{23} (\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_3) = -(T_{f1}(t) + T_{f2}(t)) \\ m_3 \ddot{\varphi}_3 - c_{34} (\varphi_3 - \varphi_4) - c_{pk} \varphi_{pk} - k_{34} (\dot{\varphi}_3 - \dot{\varphi}_4) = -(T_{f1}(t) + T_{f2}(t)) \\ m_4 \ddot{q}_{kp} - c_{kp} q_{kp} - c_{kp} \varphi_4 - k_{kp} \dot{q}_{kp} = T_c(t) - (T_{f1}(t) + T_{f2}(t)) \\ m_5 \ddot{\varphi}_4 - [(c_{45} + c_{46}) \varphi_4^2 + c_{45} \varphi_5^2 + c_{46} \varphi_6^2] - [(k_{45} + k_{46}) \dot{\varphi}_4^2 + k_{45} \dot{\varphi}_5^2 + k_{46} \dot{\varphi}_6^2] = -(T_{f1}(t) + T_{f2}(t)) \\ m_5 \ddot{\varphi}_5 - c_{57} (\varphi_5 - \varphi_7) - k_{57} (\dot{\varphi}_5 - \dot{\varphi}_7) = -T_{f1}(t) \\ m_6 \ddot{\varphi}_6 - c_{68} (\varphi_6 - \varphi_8) - k_{68} (\dot{\varphi}_6 - \dot{\varphi}_8) = -T_{f2}(t) \\ m_7 \ddot{\varphi}_7 + c_{57} (\varphi_5 - \varphi_7) + k_{57} (\dot{\varphi}_5 - \dot{\varphi}_7) = -T_{f1}(t) \\ m_8 \ddot{\varphi}_8 + c_{68} (\varphi_6 - \varphi_8) + k_{68} (\dot{\varphi}_6 - \dot{\varphi}_8) = -T_{f2}(t) \end{cases} \quad (5)$$

Уравнения реакций связей запишутся следующим образом:

$$\begin{cases} c_{12} (\varphi_1 - \varphi_2) - k_{12} (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) = 0 \\ c_{23} (\varphi_2 - \varphi_3) + k_{23} (\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_3) = 0 \\ c_{34} (\varphi_3 - \varphi_4) - c_{pk} \varphi_{pk} + k_{34} (\dot{\varphi}_3 - \dot{\varphi}_4) = 0 \\ c_{kp} q_{kp} + c_{kp} \varphi_4 - k_{kp} \dot{q}_{kp} = 0 \\ [(c_{45} + c_{46}) \varphi_4^2 + c_{45} \varphi_5^2 + c_{46} \varphi_6^2] - [(k_{45} + k_{46}) \dot{\varphi}_4^2 + k_{45} \dot{\varphi}_5^2 + k_{46} \dot{\varphi}_6^2] = 0 \\ c_{57} (\varphi_5 - \varphi_7) - k_{57} (\dot{\varphi}_5 - \dot{\varphi}_7) = 0 \\ c_{68} (\varphi_6 - \varphi_8) - k_{68} (\dot{\varphi}_6 - \dot{\varphi}_8) = 0 \end{cases} \quad (6)$$

### Теория и расчёт

Обобщенное решение системы нелинейных дифференциальных уравнений (5) запишутся в виде системы гармонических функций:

$$\begin{cases} \varphi_1(t_i) = q_1 (\sin 2\pi k \omega_0 t_i + \cos 2\pi k \omega_0 t_i) \\ \varphi_2(t_i) = q_2 (\sin 2\pi k \omega_0 t_i + \cos 2\pi k \omega_0 t_i) \\ \varphi_3(t_i) = q_3 (\sin 2\pi k \omega_0 t_i + \cos 2\pi k \omega_0 t_i) \\ q_{kp}(t_i) = q_{kp} (\sin 2\pi k \omega_0 t_i + \cos 2\pi k \omega_0 t_i) \\ \varphi_4(t_i) = q_4 (\sin 2\pi k \omega_0 t_i + \cos 2\pi k \omega_0 t_i) \\ \varphi_5(t_i) = q_5 (\sin 2\pi k \omega_0 t_i + \cos 2\pi k \omega_0 t_i) \\ \varphi_6(t_i) = q_6 (\sin 2\pi k \omega_0 t_i + \cos 2\pi k \omega_0 t_i) \\ \varphi_7(t_i) = q_7 (\sin 2\pi k \omega_0 t_i + \cos 2\pi k \omega_0 t_i) \\ \varphi_8(t_i) = q_8 (\sin 2\pi k \omega_0 t_i + \cos 2\pi k \omega_0 t_i) \end{cases} \quad (7)$$

где  $k \omega_0$  - средняя частота узкополосного процесса;

$q_i$  - медленно изменяющиеся амплитуды колебательного процессов в вертикальной, поперечной и продольной плоскостях.

Уравнения системы (7) представляют собой уравнения вынужденных параметрических колебаний с учетом неупругого сопротивления. Они адекватно отражают распространяющиеся в трансмиссии вибрации, возникающие в ходе стационарных режимов работы её функциональных элементов [5, 16-20]. Соотношение внутренней энергии и энергии рассеивания является информативным параметром, используемым для формирования логической связи между динамикой взаимодействия элементов трансмиссии, их движением и техническим состоянием.

Проведём расчет приведенной динамической модели трансмиссии транспортного средства с колесной формулой 4x4, представленной на рисунке 1. Для этого необходимо определить величины составляющих её параметров: моментов инерции, коэффициентов угловой жёсткости и демпфирования. В качестве объектов исследования выбираем ТС 3007 «Кержак», ТС 3910 «Ункор». Для этого определим приведённую податливость трансмиссии исследуемой транспортно-технологической машины от маховика двигателя до задних колёс. Она вычисляется по формуле:

$$\frac{1}{C_{Tnp}} = \frac{1}{C_{no}} i_0^2 i_{pk}^2 i_{kb}^2 + \frac{1}{C_{kb2}} i_{pk}^2 i_{kn}^2 + \frac{1}{C_{kb1}} i_{kn}^2 + \frac{1}{C_{nb}}, \quad (8)$$

где  $C_{Tnp}$  - жесткость эквивалентного приведенного вала трансмиссии;

$i_0$  - передаточное число главной передачи.

Приведённую суммарную угловую податливость шин ведущих колёс определим по формуле:

$$\frac{1}{C_{шnp}} = \frac{1}{C_{ш}} i_0^2 i_{pk}^2 i_{kn}^2, \quad (9)$$

где  $C_{шnp}$  - жесткость эквивалентного приведенного вала, эквивалентного шинам, при деформации в угловом направлении;

$C_{ш}$  – угловая жёсткость шин ведущих колёс.

Приведение моментов инерции масс системы определим по формуле:

$$I_{кnp} = I_{к} \frac{1}{i_{kn}^2 i_{pk}^2 i_0^2}. \quad (10)$$

Приведенный момент инерции вращающейся массы, эквивалентной поступательно движущейся машины вычислим по выражению:

$$I_{анp} = m_a \frac{(r_{к}^0)^2}{i_{kn}^2 i_{pk}^2 i_0^2}, \quad (11)$$

где  $m_a$  – полная масса транспортного средства;

$r_{к}^0$  - радиус качения колёс.

Таблица 1 - Основные технические параметры объектов исследования:

Наименование параметра	ТС «Кержак» (3007)	ТС «Ункор» (3910)
Снаряженный автомобиль (масса), $m_a$ , кг	2300,00	2370,00
Грузоподъёмность, кг	1000,00	850,00
Передние колёса (масса), $m_1$ , кг	57,00	57,00
Задние колёса (масса), $m_2$ , кг	57,00	57,00
Силовой агрегат (масса), $m_{ca}$ , кг	206,00	210,00
Раздаточная коробка (масса), $m_{pk}$ , кг	27,80	25,00
Размерность шин	1300x700x600	1300x700x600
Величина базы, $L$ , м	3450,00	2550,00
Величины передаточных чисел (коробки передач), $i_{кпп}$ :		
- 1-я ступень	4,050	3,500
- 2-я ступень	2,340	2,260
- 3-я ступень	1,395	1,450
- 4-я ступень	1,000	1,000
- 5-я ступень	0,850	-
- ступень заднего хода	3,510	3,540
Передаточные числа раздаточной коробки, $i_{рк}$		
- высшая ступень	1,070	1,070
- низшая ступень	1,870	1,870
Величина передаточного числа главной передачи, $i_{гп}$	5,125	4,550
Значение радиус качения колес (в ведомом режиме), $r_k$ , м	0,650	0,650
Величина среднего коэффициента сопротивления качению, $f_0$	0,250	0,250

Данные, приведенные в таблице 1, используем для вычисления параметров системы уравнений (5). Ранее были рассмотрены формулы (8, 9), посредством которых осуществляется эквивалентное вычисление жёсткостей вращающихся элементов трансмиссии относительно оси коленчатого вала.

Таблица 2 - Коэффициенты угловой жёсткости валов коробки передач (в модели)

Параметр, Н м/рад	Номер передачи				
	1	2	3	4	5
$C_{кпп}$	10000,0	10700,0	7150,0	8900,0	5250,0

Таблица 3 - Коэффициенты угловой жёсткости элементов трансмиссии (в модели)

Параметр, Н м/рад	Номер передачи				
	1	2	3	4	5
$C_{12} = C_{23}$	410,0	553,0	605,0	636,0	612,0
$C_{34}$	78,0	235,0	661,0	1287,0	1781,0
$C_{35}$	78,0	235,0	661,0	1287,0	1781,0
$C_{46}$	9,0	27,0	78,0	148,0	205,0
$C_{57}$	9,0	27,0	78,0	148,0	205,0
$C_{68}$	37,0	112,0	314,0	612,0	847,0
$C_{78}$	37,0	112,0	314,0	612,0	847,0

Таблица 4 - Величины коэффициентов демпфирования шин (в модели)

Параметр, Н м с/рад	Номер передачи				
	1	2	3	4	5
$k_{ш}$	2,430	7,290	20,500	39,900	55,230

Величины коэффициентов демпфирования других элементов примем равными:  $k_{34} = k_{35} = k_{46} = k_{57} = 0$  (Н м с/рад).

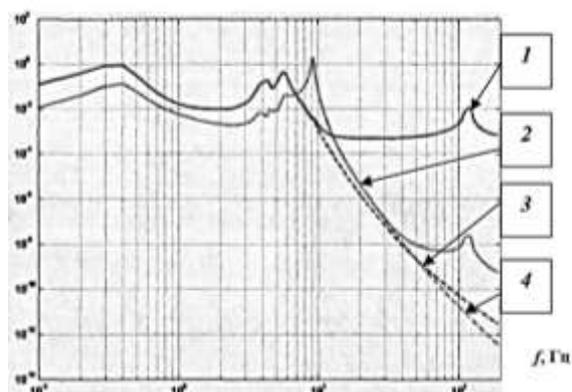
Для вычисления динамической модели (рис. 1) требуются в качестве исходных данных значения моментов инерции ее элементов. Они тоже вычисляются относительно центральной оси коленвала.

Таблица 5 - Значения моментов инерции

Параметр, кг м <sup>2</sup>	Ступени в коробке передач				
	1	2	3	4	5
$I_1$	0,12000	0,12000	0,12000	0,12000	0,12000
$I_2 = I_3$	0,00110	0,00140	0,00200	0,00300	0,00380
$I_4$	0,19150	0,06390	0,02270	0,01170	0,00840
$I_5$	0,60230	0,20110	0,07150	0,03670	0,02650
$I_6$	0,00400	0,01210	0,03410	0,06640	0,09190
$I_7$	0,01200	0,03580	0,10080	0,19620	0,27160
$I_8$	1,97010	5,90160	16,60550	32,31460	44,72610

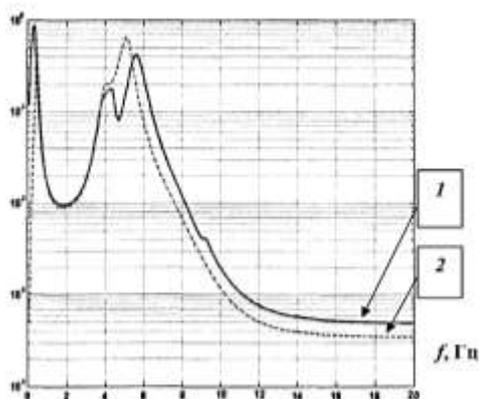
Величины, вычисленные с использованием формул (8)-(11), приведённые в таблицах 2-5, являются исходными данными для системы уравнений (5). Возмущающие силы и моменты моделируем с помощью функций, полученных в результате расчётов с использованием формул, приведённых в [7, 16, 18, 20]. Решение проводим численными методами в программе MathLab. Результаты расчётов приведем в виде спектральных характеристик. Это – пример графиков зависимости спектральной плотности виброускорений, рассчитанный для изучения колебаний в трансмиссии возникающих в результате переменного частотного воздействия (скорости движения). Проводилось их расчётное моделирование при движении транспортных средств по грунту, находящемуся в разбитом состоянии, а так же для дорог с крупным каменистым опорным основанием. При движении по таким опорным основаниям, как правило, возникают наиболее высокие нагрузки. При моделировании режим работы двигателя выбирался в диапазоне частот вращения коленчатого вала, при которых реализуется его наибольший крутящий момент.

$S(\bar{q}), (m^2/c^2)$



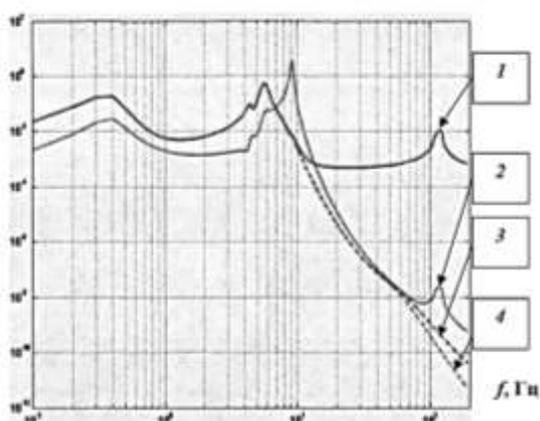
**Рисунок 2 - График огибающей кривой, отражающей спектральную плотность виброускорений колебаний в трансмиссии от частот при движении по грунту, находящемуся в разбитом состоянии (2-я ступень,  $\omega_e = 2505$  об/мин): 1 - ТС «Кержак», (возмущающий момент от двигателя учитывается); 2 - ТС «Ункор», (возмущающий момент от двигателя не учитывается); 3 - ТС «Кержак», (возмущающий момент от двигателя учитывается); 4 - ТС «Ункор», (возмущающий момент от двигателя не учитывается)**

$S(\bar{q}), (m^2/c^2)$



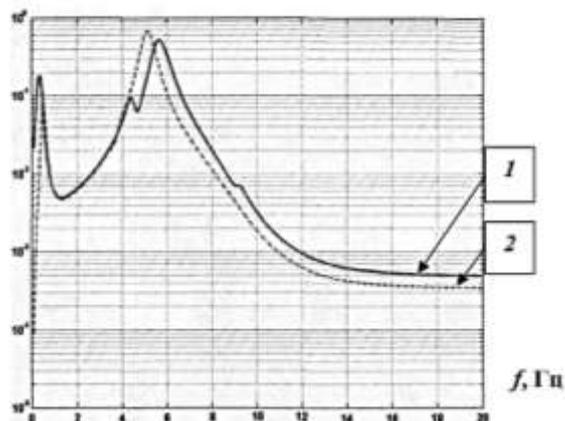
**Рисунок 3 - График огибающей кривой, отражающей спектральную плотность виброускорений колебаний в трансмиссии от частот при движении по дорог с крупным каменистым опорным основанием (2-я ступень,  $\omega_e = 2505$  об/мин): 1 – ТС «Кержак», (возмущающий момента от двигателя учитывается); 2 – ТС «Ункор», (возмущающий момент от двигателя учитывается)**

$S(\bar{q}), (m^2/c^2)$



**Рисунок 4 - График огибающей кривой, отражающей спектральную плотность виброускорений колебаний в трансмиссии от частот при движении по грунту, находящемуся в разбитом состоянии (3-я ступень,  $\omega_e = 2505$  об/мин): 1 – ТС «Кержак», (возмущающий момент от двигателя учитывается); 2 – ТС «Ункор», (возмущающий момент от двигателя не учитывается); 3 - ТС «Кержак», (возмущающий момент от двигателя учитывается); 4 - ТС «Ункор», (возмущающий момент от двигателя не учитывается)**

$S(\bar{q}), (m^2/c^2)$



**Рисунок 5 - График огибающей кривой, отражающей спектральную плотность виброускорений колебаний в трансмиссии от частот при движении по дорог с крупным каменистым опорным основанием (3-я ступень,  $\omega_e = 2505$  об/мин): 1 – ТС «Кержак», (возмущающий момента от двигателя учитывается); 2 – ТС «Ункор», (возмущающий момент от двигателя учитывается)**

### **Результаты и обсуждение**

Определив в ходе расчетно-теоретических экспериментальных исследований значения собственных и парциальных частот инерционных масс эквивалентной динамической модели транспортного средства (рис. 2-5), при приложении в ней возмущающих воздействий со стороны двигателя и опорного основания, можем выделить диапазоны, относящиеся к динамическим звеньям, отображающим элементы трансмиссии [2, 6]. Это обусловлено тем, что объектом исследования в настоящей работе является трансмиссия транспортно-технологических машин ТТС 30071, ТТС 3910 и др., изменение технического состояния которой рассматривается как один из лимитирующих их скорость движения при эксплуатации в условиях Крайнего Севера, Дальнего Востока, районов, приближенных к полярному кругу.

### **Вывод**

Найденные расчетом диапазоны собственных и парциальных частот колебаний динамических звеньев трансмиссии эквивалентной модели будут рассматриваться для дальнейшего анализа с позиций вибродиагностики их технического состояния как наиболее информативные. Остальные диапазоны частот колебаний и вибраций следует рассматривать как менее информативные.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Альгин В.Б., Цитович И.С., Поддубко С.Н. Динамика агрегатов трансмиссии автомобиля. - Минск: Высшая школа, 1989. - 195 с.
2. Асриян Г.М. Возможности диагностирования вибрации сложных динамических систем // Колебания редукторных систем. - М.: Наука, 1980. - С. 70-74.
3. Банах Л.Я. и др. Упрощение расчетных схем динамических систем // Колебания и динамическая прочность машин. - М.: Машиностроение, 1977. - С. 77-81.
4. Барский И.Б., Анилович В.Я., Кутьков Г.М. Динамика трактор. - М.: Машиностроение, 1973. - 520 с.
5. Беккер М.Г. Введение в теорию систем местность – машина. - М.: Машиностроение, 1973. - 273 с.
6. Биргер И.А. Техническая диагностика. - М.: Машиностроение, 1978. - 240 с.
7. Бухарин Н.А., Лукинский В.С., Котиков Ю.Г. Определение коэффициентов демпфирования в трансмиссии автомобиля // Автомобильная промышленность. - 1974. - №11. - С. 30-31.
8. Вейц В.Л., Кочура А.Е. Динамика машинных агрегатов, работающих с двигателями внутреннего сгорания. - Л.: Машиностроение, 1976. - 384 с.
9. Вейц В.Л., Кочура А.Е., Федотов А.И. Колебательные системы машинных агрегатов. - Л.: ЛГУ, 1979. - 256 с.
10. Вейц В.Л., Кочура А.Е. О математическом описании голономных механических систем // Прикладная механика. - 1975. - Т.9. - Вып. 11. - С. 23-28.
11. Вейц В.Л., Кочура А.Е. Эквивалентные динамические схемы многоступенчатых редукторов // Механика машин. - 1975. - Вып. 31-32. - С. 123-136.
12. Вибрации в технике: справочник / В.С. Авдуевский, И.И. Артоболевский [и др.]; под ред. М.Д. Генкина. - М.: Машиностроение, 1981. - Т5. - 496 с.
13. Вибрации в технике: справочник / В.С. Авдуевский, И.И. Артоболевский [и др.]; под ред. К.В. Фролова. - М.: Машиностроение, 1981. - Т6. - 456 с.
14. Вибрации в технике: справочник / В.С. Авдуевский, И.И. Артоболевский [и др.]; под ред. Ф.М. Диментберга, К.С. Колесникова. - М.: Машиностроение, 1981. - Т3. - 544 с.
15. Галевский Е.А., Спицын А.В. Комплексный подход к выбору элементов динамической модели трансмиссии // Проектирование колесных машин: Сб. тезисов докл. междунар. симпоз., посвящ. 175-летию МГТУ им. Н.Э. Баумана. - М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. - 2005. - С.150-161.
16. Малашков И.И., Зельцер Е.А. Исследование зависимости динамических нагрузок трансмиссии автомобиля от схем приведения ее масс и податливостей // Конструкции автомобилей. Экспресс - информация. - 1977. - №8. - С. 29-37.
17. Махоткин О.А., Тимофеев Ю.В. и др. Принципы построения систем акустической диагностики механизмов / под ред. Б.В. Павлова // Матер. к конф. – семинару. – Новосибирск: СибВИМ, 1967. - 106 с.
18. Соколов О.В. Методика определения нагрузочных характеристик шестерен // Автомобильная промышленность. - 1978. - №2. - С. 30-31.
19. Соколов О.В., Стефанович Ю.Г. О методике исследования режимов работы шестерен и подшипников трансмиссии в условиях эксплуатации // Труды НАМИ. - 1972. - №8. - С. 55-66.
20. Тимошенко С.П. Колебания в инженерном деле. - Пер. с англ. - М.: Наука, 1967. - 444 с.

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

K.Y. LELIOVSKY

## SIMULATION OF TRANSMISSION DYNAMICS OF VEHICLES OPERATING IN DEGRADED ROAD CONDITIONS

**Abstract.** An equivalent dynamic transmission model of all-terrain vehicles operating in degraded road conditions and off-road is proposed. The composition of the analytical mechanics equation for this model is considered. Graphs of the spectral density characteristics of disturbing dynamic influences acting in the transmission of the studied vehicles due to their movement along an uneven support base are calculated. As an example, those that are characteristic of the regions of Siberia, Altai and the Far East are selected. In addition, the modeling took into account the power disturbing effects acting in the transmission from the engine side.

**Keywords:** vibration loading, torsional vibrations of the transmission, spectral characteristics of vibrations, transmission dynamics model, Lagrange equation of the second kind

## BIBLIOGRAPHY

1. Al'gin V.B., Tsitovich I.S., Poddubko S.N. Dinamika agregatov transmissii avtomobilya. - Minsk: Vysshaya shkola, 1989. - 195 s.
2. Asriyan G.M. Vozmozhnosti diagnostirovaniya vibratsii slozhnykh dinamicheskikh sistem // Kolebaniya reduktornykh sistem. - M.: Nauka, 1980. - S.70-74.
3. Banakh L.Ya. i dr. Uproshchenie raschetnykh skhem dinamicheskikh sistem // Kolebaniya i dinamicheskaya prochnost' mashin. - M.: Mashinostroenie, 1977. - S. 77-81.
4. Barskiy I.B., Anilovich V.YA., Kut'kov G.M. Dinamika traktor. - M.: Mashinostroenie, 1973. - 520 s.
5. Bekker M.G. Vvedenie v teoriyu sistem mestnost' - mashina. - M.: Mashinostroenie, 1973. - 273 s.
6. Birger I.A. Tekhnicheskaya diagnostika. - M.: Mashinostroenie, 1978. - 240 s.
7. Bukharin N.A., Lukinskiy V.S., Kotikov Yu.G. Opredelenie koeffitsientov dempfirovaniya v transmissii avtomobilya // Avtomobil'naya promyshlennost'. - 1974. - №11. - S. 30-31.
8. Veyts V.L., Kochura A.E. Dinamika mashinnykh agregatov, rabotayushchikh s dvigatelyami vnutrennego sgoraniya. - L.: Mashinostroenie, 1976. - 384 s.
9. Veyts V.L., Kochura A.E., Fedotov A.I. Kolebatel'nye sistemy mashinnykh agregatov. - L.: LGU, 1979. - 256 s.
10. Veyts V.L., Kochura A.E. O matematicheskom opisaniy golonomnykh mekhanicheskikh sistem // Prikladnaya mekhanika. - 1975. - T.9. - Vyp. 11. - S. 23-28.
11. Veyts V.L., Kochura A.E. Ekvivalentnye dinamicheskie skhemy mnogostupenchatykh reduktorov // Mekhanika mashin. - 1975. - Vyp. 31-32. - S. 123-136.
12. Vibratsii v tekhnike: spravochnik / V.S. Avduevskiy, I.I. Artobolevskiy [i dr.]; pod red. M.D. Genkina. - M.: Mashinostroenie, 1981. - T5. - 496 s.
13. Vibratsii v tekhnike: spravochnik / V.S. Avduevskiy, I.I. Artobolevskiy [i dr.]; pod red. K.V. Frolova. - M.: Mashinostroenie, 1981. - T6. - 456 s.
14. Vibratsii v tekhnike: spravochnik / V.S. Avduevskiy, I.I. Artobolevskiy [i dr.]; pod red. F.M. Dimentberga, K.S. Kolesnikova. - M.: Mashinostroenie, 1981. - T3. - 544 s.
15. Galevskiy E.A., Spitsyn A.V. Kompleksnyy podkhod k vyboru elementov dinamicheskoy modeli transmissii // Proektirovanie kolesnykh mashin: Sb. tezisov dokl. mezhdunar. simpoz., posvyashch. 175-letiyu MGTU im. N.E. Baumana. - M.: MGTU im. N.E. Baumana. - 2005. - S.150-161.
16. Malashkov I.I., Zel'tser E.A. Issledovanie zavisimosti dinamicheskikh nagruzok transmissii avtomobilya ot skhem privedeniya ee mass i podatlivostey // Konstruktsii avtomobiley. Ekspres - informatsiya. - 1977. - №8. - S. 29-37.
17. Makhotkin O.A., Timofeev Yu.V. i dr. Printsipy postroeniya sistem akusticheskoy diagnostiki mekhanizmov / pod red. B.V. Pavlova // Mater. k konf. - seminaru. - Novosibirsk: SibVIM, 1967. - 106 s.
18. Sokolov O.V. Metodika opredeleniya nagruzochnykh kharakteristik shesteren // Avtomobil'naya promyshlennost'. - 1978. - №2. - S. 30-31.
19. Sokolov O.V., Stefanovich Yu.G. O metodike issledovaniya rezhimov raboty shesteren i podshipnikov transmissii v usloviyakh ekspluatatsii // Trudy NAMI. - 1972. - №8. - S. 55-66.
20. Timoshenko S.P. Kolebaniya v inzhenernom dele. - Per. s angl. - M.: Nauka, 1967. - 444 s.

Leliovsky Konstantin Yaroslavich

Nizhny Novgorod State Technical University

Address: 603950, Russia, Nizhny Novgorod, Minin str., 24

Candidate of technical sciences

E-mail: kleliovskiy@mail.ru

Научная статья

УДК 622.684+656.07+658.286

doi:10.33979/2073-7432-2023-3-5(82)-26-33

А.С. СЕМЬКИНА, Н.А. ЗАГОРОДНИЙ, А.А. КОНЕВ

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ КАРЬЕРНОГО АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА**

***Аннотация.** В работе рассматриваются основные мероприятия, направленные на повышение эффективности технической эксплуатации карьерного автомобильного транспорта. Установлено: для увеличения ресурса двигателя и снижения временных и материальных затрат горно-обогатительных комбинатов необходимо применять для ремонта ДВС восстановленные детали, иметь в оборотном фонде предприятия один резервный двигатель для ремонта, использовать разработанную структуру проведения ремонта с эффективной периодичностью, объемом и содержанием работ, а также применять бестормозную обкатку двигателя после ремонта.*

***Ключевые слова:** карьерный автомобильный транспорт, карьерный самосвал, эксплуатация карьерных автомобилей, ремонт карьерных автомобилей, простои карьерного транспорта в ремонте, отказы и неисправности двигателей карьерных автомобилей*

### **Введение**

Основным направлением развития области автомобильной промышленности является повышение эффективности технической эксплуатации автомобильного транспорта. Современные экономические условия требуют внесения изменений в существующую планово-предупредительную систему технического обслуживания и ремонта (ТО и Р) автомобилей. Причины таких требований различны. Например, развитие техники и технологий на автомобильном транспорте, внедрение инновационных разработок и конструкторских решений в производство автомобильной техники, отсутствие запасных частей для ремонта или сложность с поставками в автосервисные предприятия, частое возникновение отказов и неисправностей агрегатов, узлов автомобилей, эксплуатирующихся в высоком нагрузочном режиме и т.д. [1].

Карьерный автомобильный транспорт осуществляет добычу и перевозку железорудного сырья с места добычи, т.е. со дна карьера, до перегрузочной площадки, временного пункта хранения или склада, обогатительной фабрики [2]. Карьерные самосвалы, предназначенные для перевозки горной массы, эксплуатируются в сложных горнотехнических условиях глубоких карьеров [3]. Работа большегрузной техники осуществляется при различных климатических условиях и действиях высоких нагрузок. На техническое состояние самосвалов оказывают влияние различные факторы, а именно: снижение экологии, состояние дорожного полотна по карьеру, уклон и кривизна дорог, размеры рабочих площадок, опыт и физическое состояние водителей, увеличение длины и времени перевозок, углубление карьера и др. [4].

Снижение экологической обстановки происходит из-за наличия примесей и газов в воздухе, которые образуются от взрывных работ и работы оборудования в карьере. Примеси газов скапливаются на стенках цилиндров и вызывают их преждевременный износ. По этой причине увеличивается число неисправностей деталей гильзо-поршневой группы, а следовательно, и простои транспорта в ремонте. Увеличение глубины карьера приводит к тому, что основная масса перевозок производится автомобильным транспортом, т.к. применение железнодорожных составов или конвейеров экономически нецелесообразно, поэтому увеличивается нагрузка на эксплуатирующиеся самосвалы. Увеличение крутизны и уклона дорог приводит к тому, что автомобилю приходится длительное время передвигаться с грузом, что вызывает рост нагрузки на основные агрегаты и узлы автомобилей, а это приводит к увеличению степени интенсивности их износа. Уменьшение рабочих площадок в карьере увеличивает маневренность автомобиля, снижает мобильность и производительность транспорта.

Работа автомобиля на пониженных передачах при частом маневрировании осуществляется на значительных частотах вращения коленчатого вала, а это, в свою очередь, увеличивает тепловой режим двигателя и снижает его охлаждение, что также негативно сказывается на деталях, узлах и агрегатах самосвала. Ухудшение дорожного полотна происходит из-за увеличения глубины карьера, частых ездов самосвала с грузом, увеличения крутизны и уклона дорог и т.д.

Рассмотренные выше факторы оказывают значительное влияние на работоспособность и долговечность двигателей карьерных самосвалов, вызывая частое возникновение их неисправностей [5]. Возникающие отказы требуют незамедлительного устранения, т.к. простои транспорта в ремонте могут достигать до 30 рабочих смен, а иногда и более, в зависимости от наличия или поставок запасных частей. В настоящее время складывается неблагоприятная ситуация в стране с поставками запасных частей из-за введенных санкций, то простои транспорта приводят к увеличению затрат и снижению производительности горно-обогатительных комбинатов. Простои транспорта в ремонте приводят к колоссальным потерям, поэтому возникает острая необходимость в разработке мероприятий, направленных на повышение эффективности технической эксплуатации карьерного автомобильного транспорта, позволяющих снизить простои автомобилей в ремонте, снизить временные и материальные затраты на ремонт агрегатов, узлов, увеличить срок службы двигателей и снизить число возникающих отказов и неисправностей [6].

#### ***Материал и методы***

Для повышения эффективности эксплуатации карьерного автомобильного транспорта при тяжелых условиях работы необходимо совершенствование существующих режимов ремонта двигателей карьерных автомобилей, что позволит обеспечить контроль за техническим состоянием транспорта [7].

Перспективными направлениями совершенствования существующих режимов ремонта ДВС карьерного автомобильного транспорта в настоящее время, когда в Российской Федерации наблюдаются ограничения с поставками запасных частей, является резервирование запасных частей, применение восстановленных деталей для ремонта двигателей, замена изношенных деталей двигателя восстановленными деталями, установление эффективной периодичности замены детали, а также применение эффективных способов обкатки двигателей. Резервирование запасных частей позволит сократить время простоев автомобилей в ожидании запасных частей; применение восстановленных деталей и сборочных единиц позволит сократить расходы предприятия на приобретение запасных частей и простои транспорта; замена изношенных деталей двигателя восстановленными позволит снизить временные и материальные затраты на его проведение; установление эффективной периодичности замены детали позволит увеличить ресурс двигателя в целом, а обкатка двигателя после ремонта позволит выявить дефекты и неточности после сборки и обеспечить работоспособность и долговечность двигателя при различных условиях эксплуатации [8].

Для повышения эффективности технической эксплуатации карьерных самосвалов также необходимо учитывать тип ремонтного предприятия. Техническое обслуживание и ремонт карьерных самосвалов производится на автотранспортных предприятиях, предприятиях ТО и Р и авторемонтном заводе. Качество выполняемых работ и затраты на их проведение в зависимости от вида неисправности и типа ремонтного предприятия будут различны. На каждом типе ремонтного предприятия существует свой регламент и технология выполнения ремонта, например, на авторемонтном заводе ремонт характеризуется высоким объемом работ, т.к. учитываются уборочно-сборочные работы, диагностические работы, проверка контроля качества и др., соответственно, выполнение ремонта по времени будет дольше и качество выполнения тоже высоким. Затраты на проведение ремонта еще связаны с транспортировкой двигателя на выбранное ремонтное предприятие. Например, проведение ремонта двигателя самосвала марки БЕЛАЗ на предприятии ТО и Р в условиях горно-обогатительного комбината по затратам будет значительно ниже, чем на автотранспортном предприятии, т.к. перевозка габаритного двигателя требует дополнительных средств [9, 10].

**Теория / Расчет**

В настоящее время при возникновении неисправностей ДВС карьерных самосвалов производятся текущие, планово-предупредительные и капитальные ремонты [11]. При рассмотрении, в качестве примера, двигателя MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309, его ресурс, заложенный заводом-изготовителем, будет выработан при наработке 30,0 тыс. моточасов и наступит отказ. Ремонт двигателя данного самосвала вызывает значительные временные и материальные затраты горно-обогатительного комбината [12]. Поэтому является актуальным совершенствование существующих режимов ремонта двигателей для снижения материальных затрат предприятия и увеличения ресурса двигателя.

К существующим режимам ремонта двигателей относятся при наступлении выработанного им ресурса, заложенного заводом-изготовителем, проведение капитального ремонта двигателя или замена его новым. Совершенствованием существующих режимов ремонта является разработка методики повышения эффективности эксплуатации карьерных самосвалов, заключающейся в увеличении ресурса двигателя с минимальными потерями. Увеличение ресурса двигателя возможно при установлении рационального режима ремонта ДВС, характеризующего эффективной периодичностью, объемом и содержанием выполняемых работ [13, 14].

Для повышения эффективности технической эксплуатации карьерных самосвалов необходимо использовать резервирование запасных частей на складе [15]. При выполнении ремонта двигателя является целесообразным применять восстановленные детали для ремонта, т.к. это, во-первых, значительно дешевле в сравнении с покупкой новой детали на исследуемый двигатель, а во-вторых, применение восстановленной детали позволяет снизить простой транспорта в ремонте [16]. Для поддержания необходимого уровня надёжности работы карьерных самосвалов и снижения расходов на запасные части, резервный фонд целесообразно создавать из деталей двигателя для ремонтного предприятия, а резерв из одного оборотного двигателя в сборе для ГОКа в целом. В таком случае резервный двигатель устанавливается взамен изношенного и автомобиль выпускается на линию, а ремонт изношенного двигателя происходит уже восстановленными деталями.

В состав рационального режима ремонта ДВС с помощью замены изношенных деталей двигателей карьерных самосвалов восстановленными входят: стоимость запасных частей и комплектующих, расходных материалов; затраты на транспортировку; величина потерь от простоев; оплата труда рабочих [17].

С целью повышения эффективности технической эксплуатации карьерных автомобилей необходимо применение целевой функции рационального режима ремонта ДВС, которая определяется с помощью выражения:

$$S_N = f(d_{1i}, Z_{1i}, g_{1i}, G_{1i}, C_{вр}, \eta_1, \eta_2), \quad (1)$$

где  $l_1$  – наработка совмещенной замены деталей, моточасов;  $i$  - число совместно заменяемых деталей, шт.;

$d_{1i}$  - потерянный доход от простоя, тыс. руб.;

$Z_{1i}$  - затраты на заработную плату труда рабочих, тыс. руб.;

$g_{1i}$  – потери от недоиспользования ресурса деталей двигателя, тыс. руб.;

$G_{1i}$  - потери от числа разборочно-сборочных работ, тыс. руб.;

$C_{вр}$  - потери на ремонт, тыс. руб.;

$\eta_1$  - коэффициент, учитывающий тип ремонтного предприятия;

$\eta_2$  - коэффициент, учитывающий наработку [18].

При выполнении ремонта необходимо учитывать такие параметры, как наработку двигателя после замены детали до очередной замены, т.е. межремонтную наработку, а также норму затрат на ремонт на 1000 моточасов работы и коэффициенты, учитывающие тип ремонтного предприятия и наработку.

Коэффициент  $\eta_1$  определяется отношением времени фактически выполненного ремонта к нормативному времени.

Еще одним фактором, влияющим на эффективность рационального режима ремонта двигателей карьерных самосвалов, является величина наработки после начала эксплуатации двигателя либо межремонтная наработка. Вероятность возникновения отказа при увеличении затрат на ремонт будет меньше, а также увеличится ресурс до капитального ремонта двигателя. Коэффициент,  $\eta_2$ , учитывающий наработку, определяется отношением ресурса детали до ее замены к наименьшему ресурсу детали либо совмещенной группы деталей.

Эффективность ремонта двигателя выражается следующим образом:

$$S_{ik} = \frac{U_{MP}}{1000h\eta_1\eta_2}, \quad (2)$$

где  $k$  – тип ремонтного предприятия;

$U_{MP}$  – наработка двигателя после замены детали до очередной замены, т.е. межремонтная наработка, тыс. моточасов;

$h$  – норма затрат на ремонт на 1000 моточасов работы, тыс. руб/ч.;

$\eta_1$  – коэффициент, учитывающий тип ремонтного предприятия;

$\eta_2$  – коэффициент, учитывающий наработку двигателя [19].

Критерий рациональности эффективного режима ремонта ДВС достигается с помощью следующего выражения:

$$S_{NK} = \min_k \sum_{i=1}^N (\sum_{j=1}^5 C_{jik} + \frac{U_{MP}}{1000} \cdot h \cdot \eta_1 \cdot \eta_2), \quad (3)$$

где  $C_{jik}$  - общие затраты на проведение ТО с заменой изношенных деталей двигателя восстановленными, тыс. руб. [19].

Для определения рационального режима ремонта ДВС карьерных самосвалов необходимо учитывать целесообразность замен разных групп деталей двигателя.

С учетом значений ресурсов основных деталей двигателя для предотвращения отказов, снижения простоев предлагается выполнять ремонты согласно предложенной периодичности проведения ремонтов, представленной на рисунке 1.

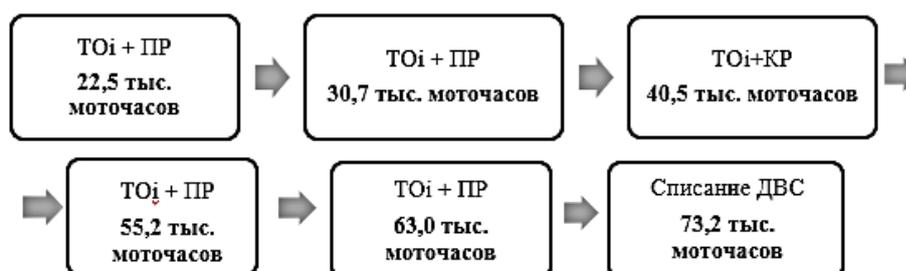


Рисунок 1 - Предложенная периодичность проведения ремонтов двигателей MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309

Согласно представленной периодичности, плановый ремонт предлагается проводить совместно с ТО по регламенту с установленным объемом и содержанием работ. Начиная с 22,5 тыс. моточасов ТО предлагается проводить совместно с плановым ремонтом с заменой деталей, восстановленными.

На рисунке 2 представлена разработанная рациональная периодичность ремонта исследуемого двигателя карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309. В зависимости от изношенной детали двигателя, подвергаемой замене выбирается тип ремонтного предприятия для проведения ремонта с целью уменьшения затрат на ремонт и повышения ресурса деталей.

В связи с тем, что стоимость приобретения запасных частей велика и в настоящее время складывается неблагоприятная и нестабильная ситуация в стране и в мире с поставками запасных частей из-за рубежа, то особенно актуальным является вопрос замены изношенных деталей двигателя, восстановленными для увеличения ресурса.

Согласно представленной структуры замены деталей двигателя MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 (рис. 2) выявлено, что наиболее подвержены износу гильзо-поршневая группа на пробеге 22,5 тыс. моточасов, коленчатый вал на пробеге 30,7 тыс.

моточасов и т.д. Для увеличения ресурса двигателя необходимо с учетом указанной периодичности заменять шатунные и коренные вкладыши, клапаны, шатуны – новыми, а остальные по возможности – восстановленными.



**Рисунок 2 - Структура групповой замены деталей двигателя MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309**

Для определения рационального режима ремонта ДВС необходимо учитывать составляющую целевой функции как недоиспользование ресурса, которая зависит от таких параметров как нормативный ресурс детали, ресурс группы деталей до замены, число заменяемых деталей, число совмещенных групп деталей. Например, замена шатунных вкладышей происходит при определенной наработке согласно рисунку 2. В некоторых случаях наработка не доходит до 50 % от нормативной, а шатунный вкладыш уже подлежит замене. При этом экономически целесообразнее выполнять их замену именно с такой наработкой, чтобы снизить потери предприятия от простоев техники в дальнейшем [20].

После проведения ремонта двигателя необходимо выполнять его обкатку. Обкатка позволяет выявить неточности после сборки двигателя, обеспечить притирку сопрягаемых поверхностей деталей, занять наиболее лучшее местоположение деталей, придать обтекаемость формы деталей и др. Благодаря обкатке двигателей снижается число отказов и неисправностей двигателя, повышается работоспособность и долговечность двигателя, улучшаются технические характеристики двигателя, уменьшается расход масла, улучшаются динамические свойства двигателя, увеличивается ресурс двигателя и др.

Существует несколько способов обкатки: обкаточно-тормозная обкатка, при помощи буксировки, бестормозная обкатка. Для карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 наиболее эффективной является бестормозная обкатка. Для ее проведения применяется устройство бестормозной обкатки, которое представляет собой топливную рампу с топливопроводами и кранами, позволяющее ограничить подачу топлива в цилиндры. Бестормозная обкатка происходит поэтапно. Первоначально обкатывается одна половина цилиндров, а другая часть цилиндров выключена. Далее обкатываются оставшиеся 8 цилиндров. Результаты анализа режимов обкатки двигателя MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 с использованием бестормозной обкатки представлены на рисунке 3. Общая продолжительность обкатки двигателя MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 составляет 305 мин.

Выявлено, что ресурс двигателей с заменой изношенных деталей восстановленными после проведения обкатки бестормозным способом выше в сравнении с ресурсом двигателей, не прошедших процесс обкатки или ресурсом двигателей после обкатки только на холостом ходу. Бестормозная обкатка с выключением части цилиндров повышает ресурс двигателей и снижает количество отказов и неисправностей.

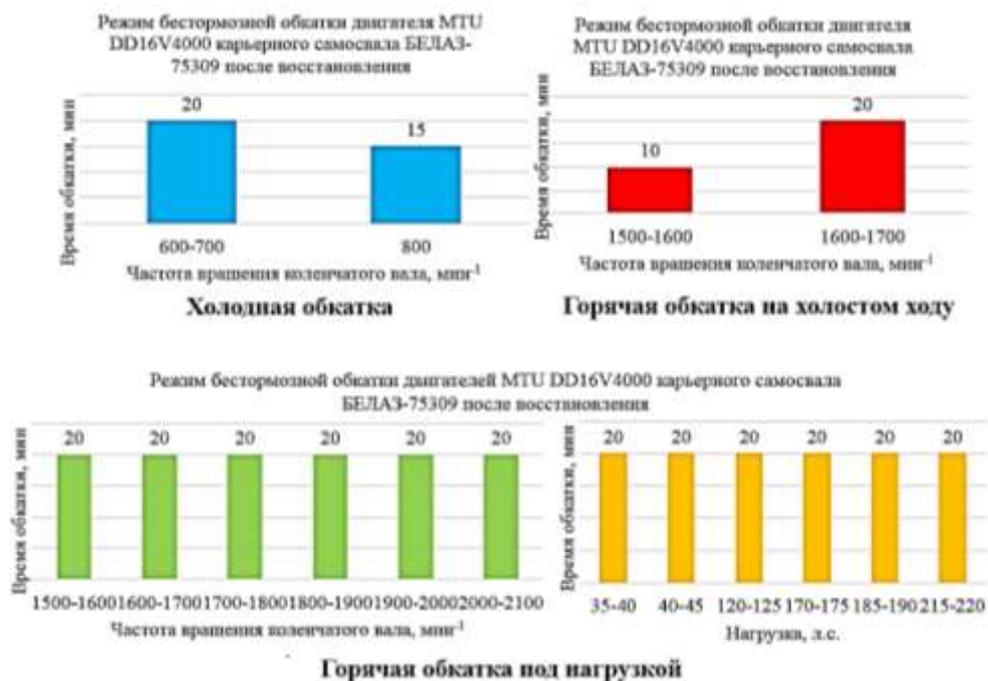


Рисунок 3 – Режимы бестормозной обкатки двигателя MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309

### Выводы

Применение разработанных предлагаемых мероприятий позволяет достичь поставленной цели, т.е. повысить эффективность технической эксплуатации карьерного автомобильного транспорта, а именно увеличить ресурс двигателя с минимальными временными и материальными затратами для горно-обогатительных комбинатов.

Разработанная периодичность, объем и содержание работ, проводимых при ремонте ДВС двигателя MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309, позволяет уменьшить количество капитальных ремонтов, трудоемкость и затраты, связанные с их выполнением, более чем в 2 раза. Значительно увеличивается ресурс двигателя в сравнении с установленным заводом-изготовителем, т.е. с 30,0 тыс. моточасов до 73, 2 тыс. моточасов.

У двигателя MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 до введения ограничений на поставку ЗЧ и техники стоимость более 25 млн. руб. и она растет, ресурс до капитального ремонта до 30 000 моточасов, а стоимость основных новых запасных частей для капитального ремонта доходит до 50 млн. руб., применение предлагаемого рационального режима с установкой резервного двигателя из оборотного фонда взамен ремонтируемого, позволяет сократить простои в ремонте и является единственным экономически выгодным решением в сравнении с другими существующими режимами ремонта, в настоящее время.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бачинский В.И., Кузминская Е.И. Использование элементов экономико-математического моделирования в управлении производственными затратами горно-обогатительных предприятий // Экономика и управление: анализ тенденций и перспектив развития. - 2013. - №6. - С. 197-201.
2. Гавришев С.Е. Организационно-технологические методы повышения надежности и эффективности работы карьеров: монография. – Магнитогорск: МГТУ, 2002. – 231 с.
3. Лепетюха С.В., Якушев А.С. Состояние и перспективы развития технологического автотранспорта Лебединского ГОКа // Горный журнал. - 2007. - № 7. - С. 25-27.
4. Насковец А.М., Пархомчик П.А., Егоров А.Н., Шишко С.А., Моисеенко В.И. Современное развитие карьерного транспорта производства ОАО «БЕЛАЗ» // Актуальные вопросы машиноведения. - 2018. - Т. 7. - С. 8-11.
5. Нестеренко А.В., Разгулов С.А., Берестнев Е.Ю., Никулин А.А. Ремонтная служба // Горный журнал. – 2017. - №5. – С. 42-45.
6. Новиков А.Н., Новиков И.А., Загородний Н.А., Семькина А.С. Разработка научно-методических подходов для повышения эффективности карьерного транспорта // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. - 2020. - Т. 17. - №6(76). - С. 690-703.

7. Петров В.Л., Гончаренко С.Н., Парсегов А.С. Моделирование рисков возникновения простоев и аварийных ситуаций технологического оборудования горных предприятий // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). - 2012. - №12. - С. 283-292.
8. Рахмангулов А.Н., Гавришев С.Е., Грязнов М.В. и др. Управление развитием горнодобывающего предприятия. Информационные модели и методы: монография. – Магнитогорск: МГТУ, 2002. – 245 с.
9. Семькина А.С., Загородний Н.А., Новиков А.Н. Замена изношенных элементов восстановленными на карьерных АТС // Автомобильная промышленность. - 2022. - №2. - С. 31-34.
10. Семькина А.С., Загородний Н.А. Совершенствование транспортной системы горно-обогатительных комбинатов // Автомобильная промышленность. - 2019. - №6. - С. 31-34.
11. Тариков Д.Ш., Корнилов С.Н. Анализ производственной деятельности горнодобывающего предприятия и разработка методики оптимизации транспортно – грузового комплекса // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования – Магнитогорск: Магнитогорск. гос. техн. ун-т им. Г.И. Носова. - 2012. – Т. 1. – С. 96-99.
12. Шатерников В.С. Проблемы совершенствования организации ремонтного обслуживания двигателей карьерных большегрузных автомобилей самосвалов / под общей редакцией А.Н. Новикова // Актуальные вопросы инновационного развития транспортного комплекса: Материалы 3-ей Международной научно-практической конференции. - 2013. - С. 144-152.
13. Semykina A.S., Zagorodniy N.A., Konev A.A., Duganova E.V. Aspects of transport system management within mining complex using information and telecommunication systems // International Conference Information Technologies in Business and Industry 2018 - Enterprise Information Systems: Journal of Physics: Conference Series Ser. - 2018. - С. 042064.
14. Semykina A.S., Zagorodniy N.A., Novikov I.A., Novikov A.N. Main directions of improving the maintenance and repair of vehicle units in the Far North // Transportation Research Procedia. – Vol. 57. – 2021. – P. 611-616.
15. Абросимов Г.Г. Проектирование транспортных схем карьеров // Горный журнал. – 2006. - №4. - С. 17-20.
16. Аброськин А.С. Применение современных систем автоматизации на открытых горных работах // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2015. – Т. 326. - №12. – С. 112-130.
17. Васильева А.В., Старостин Е.С. Перспективы использования карьерного транспорта в горной промышленности / Отв. редакторы: А.О. Глико, А.А. Барях, К.В. Лобанов, И.Н. Болотов // Глобальные проблемы Арктики и Антарктики: Сборник научных материалов Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 90-летию со дня рождения акад. Николая Павловича Лавёрова. - 2020. - С. 640-644.
18. Дрыгин М.Ю., Курышкин Н.П. Диагностика состояния тяжелой горной техники при планово-предупредительных ремонтах // Динамика систем, механализмов и машин. - 2017. - Т. 5. - №2. - С. 115-122.
19. Корчагин В.А., Шатерников В.С., Шатерников М.В. Определение оптимальной стратегии ремонтного обслуживания двигателя ЯМЗ-240Н // Автотранспортное предприятие. - 2014. - №10. - С. 35-39.
20. Яковлев В.Л., Столяров В.Ф., Глебов А.В. Методы исследований карьерного транспорта: из XX в XXI век // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. - 2006. - №1. - С. 115-123.

**Семькина Алла Сергеевна**

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова  
Адрес: 308012, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова, 46  
Ассистент кафедры «Эксплуатация и организация движения автотранспорта»  
E-mail: fantarock@mail.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

**Конев Алексей Александрович**

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова  
Адрес: 308012, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова, 46  
К.т.н., доцент кафедры «Эксплуатация и организация движения автотранспорта»  
E-mail: konev\_alexcei@mail.ru

---

A.S. SEMYKINA, N.A. ZAGORODNY, A.A. KONEV

## IMPROVING THE EFFICIENCY OF TECHNICAL OPERATION OF QUARRY MOTOR TRANSPORT

*Abstract.* The paper considers the main measures aimed at improving the efficiency of technical operation of quarry road transport. It is established that in order to increase the engine life and reduce the time and material costs of mining and processing plants, it is necessary to use re-

*stored parts for repair, have one backup engine in the working capital of the enterprise for repair, use the developed structure of repair with effective frequency, volume and content of work, as well as apply a non-brake run-in of the engine after repair.*

**Keywords:** *quarry road transport, quarry dump truck, operation of quarry vehicles, repair of quarry vehicles, downtime of quarry vehicles in repair, failures and malfunctions of engines of quarry vehicles*

## BIBLIOGRAPHY

1. Bachinskiy V.I., Kuzminskaya E.I. Ispol'zovanie elementov ekonomiko-matematicheskogo moderirovaniya v upravlenii proizvodstvennymi zatratami gorno-obogatitel'nykh predpriyatiy // *Ekonomika i upravlenie: analiz tendentsiy i perspektiv razvitiya*. - 2013. - №6. - S. 197-201.
2. Gavrishchev S.E. Organizatsionno-tehnologicheskie metody povysheniya nadezhnosti i effektivnosti raboty kar'erov: monografiya. - Magnitogorsk: MGTU, 2002. - 231 s.
3. Lepetyukha S.V., Yakushev A.S. Sostoyanie i perspektivy razvitiya tekhnologicheskogo avtotransporta Lebedinskogo GOKa // *Gornyy zhurnal*. - 2007. - №7. - S. 25-27.
4. Naskovets A.M., Parkhomchik P.A., Egorov A.N., Shishko S.A., Moiseenko V.I. Sovremennoe razvitie kar'ernogo transporta proizvodstva OAO «BELAZ» // *Aktual'nye voprosy mashinovedeniya*. - 2018. - T. 7. - S. 8-11.
5. Nesterenko A.V., Razgulov S.A., Berestnev E.Yu., Nikulin A.A. Remontnaya sluzhba // *Gornyy zhurnal*. - 2017. - №5. - S. 42-45.
6. Novikov A.N., Novikov I.A., Zagorodniy N.A., Semykina A.S. Razrabotka nauchno-metodicheskikh podkhodov dlya povysheniya effektivnosti kar'ernogo transporta // *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo avtomobil'nodorozhnogo universiteta*. - 2020. - T. 17. - №6(76). - S. 690-703.
7. Petrov V.L., Goncharenko S.N., Parsegov A.S. Modelirovanie riskov vozniknoveniya prostoev i aviariynykh situatsiy tekhnologicheskogo oborudovaniya gornyykh predpriyatiy // *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tehnicheskii zhurnal)*. - 2012. - №12. - S. 283-292.
8. Rakhmangulov A.N., Gavrishchev S.E., Gryaznov M.V. i dr. Upravlenie razvitiem gornodobyvayushchego predpriyatiya. Informatsionnye modeli i metody: monografiya. - Magnitogorsk: MGTU, 2002. - 245 s.
9. Semykina A.S., Zagorodniy N.A., Novikov A.N. Zamena iznoshennykh elementov vosstanovlennymi na kar'ernykh ATS // *Avtomobil'naya promyshlennost'*. - 2022. - №2. - S. 31-34.
10. Semykina A.S., Zagorodniy N.A. Sovershenstvovanie transportnoy sistemy gorno-obogatitel'nykh kombinatov // *Avtomobil'naya promyshlennost'*. - 2019. - №6. - S. 31-34.
11. Tarikov D.Sh., Kornilov S.N. Analiz proizvodstvennoy deyatel'nosti gornodobyvayushchego predpriyatiya i razrabotka metodiki optimizatsii transportno-gruzovogo kompleksa // *Aktual'nye problemy sovremennoy nauki, tekhniki i obrazovaniya* - Magnitogorsk: Magnitogorsk. gos. tekhn. un-t im. G.I. Nosova. - 2012. - T. 1. - S. 96-99.
12. Shaternikov V.S. Problemy sovershenstvovaniya organizatsii remontnogo obsluzhivaniya dvigateley kar'ernykh bol'shegruznykh avtomobiley samosvalov / pod obschey redaktsiyey A.N. Novikova // *Aktual'nye voprosy innovatsionnogo razvitiya transportnogo kompleksa: Materialy 3-ey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. - 2013. - S. 144-152.
13. Semykina A.S., Zagorodniy N.A., Konev A.A., Duganova E.V. Aspects of transport system management within mining complex using information and telecommunication systems // *International Conference Information Technologies in Business and Industry 2018 - Enterprise Information Systems: Journal of Physics: Conference Series*. - 2018. - S. 042064.
14. Semykina A.S., Zagorodniy N.A., Novikov I.A., Novikov A.N. Main directions of improving the maintenance and repair of vehicle units in the Far North // *Transportation Research Procedia*. - Vol. 57. - 2021. - P. 611-616.
15. Abrosimov G.G. Proektirovanie transportnykh skhem kar'erov // *Gornyy zhurnal*. - 2006. - №4. - S. 17-20.
16. Abros'kin A.S. Primenenie sovremennykh sistem avtomatizatsii na otkrytykh gornyykh rabotakh // *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov*. - 2015. - T. 326. - №12. - S. 112-130.
17. Vasil'eva A.V., Starostin E.S. Perspektivy ispol'zovaniya kar'ernogo transporta v gornoy promyshlennosti / Otv. redaktory: A.O. Gliko, A.A. Baryakh, K.V. Lobanov, I.N. Bolotov // *Global'nye problemy Arktiki i Antarktiki: Sbornik nauchnykh materialov Vserossiyskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoy 90-letiyu so dnya rozhdeniya akad. Nikolaya Pavlovicha Laviorova*. - 2020. - S. 640-644.
18. Drygin M.Yu., Kuryshkin N.P. Diagnostika sostoyaniya tyazhelyoy gornoy tekhniki pri planovopredupreditel'nykh remontakh // *Dinamika sistem, mekhanizmov i mashin*. - 2017. - T. 5. - №2. - S. 115-122.
19. Korchagin V.A., Shaternikov V.S., Shaternikov M.V. Opredelenie optimal'noy strategii remontnogo obsluzhivaniya dvigatelya YAMZ-240N // *Avtotransportnoe predpriyatie*. - 2014. - №10. - S. 35-39.
20. Yakovlev V.L., Stolyarov V.F., Glebov A.V. Metody issledovaniy kar'ernogo transporta: iz XX v XXI vek // *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Gornyy zhurnal*. - 2006. - №1. - S. 115-123.

### **Semykina Alla Sergeevna**

Belgorod State Technological University  
Address: 308012, Russia, Belgorod, Kostyukova str., 46  
Assistant  
E-mail: fantarock@mail.ru

### **Konev Aleksey Alexandrovich**

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

### **Zagorodny Nikolay Alexandrovich**

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

Научная статья

УДК 629.33

doi:10.33979/2073-7432-2023-3-5(82)-34-42

Н.Г. СЫСЕНКО, А.И. ПОНОМАРЕВ, В.В. БУЛЫЧЕВ, В.Н. СИДОРОВ

## РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МОДУЛЬНОГО АГРЕГАТА НА ОСНОВЕ ПОЛНОПРИВОДНОГО КОЛЁСНОГО ТРАКТОРА

***Аннотация.** Рассмотрено модульное строение сельскохозяйственного технологического агрегата, состоящего из энергонасыщенного колёсного трактора, агрегируемого прицепом с индивидуальным приводом ведущих движителей и технологической машиной (дисковой бороной) при выполнении агротехнологических операций, на примере обработки почвы дисками. Приведена математическая модель трансмиссии полноприводного трактора в совокупности с прицепом, оснащённым индивидуальным приводом движителей. Описан возможный алгоритм системы управления данного агрегата. Предложена общая структурная модель сельскохозяйственного технологического агрегата.*

***Ключевые слова:** модульный агрегат, сельскохозяйственный агрегат, технологическая машина, прицеп, индивидуальный привод, математическая модель, система управления, вспашка, алгоритм, полноприводный трактор, колесный трактор, энергонасыщенность*

### **Введение**

Во всех современных транспортных средствах (ТС) и системах управления всё чаще используется принцип модульного построения [1-4]. Принцип позволяют строить конструктивные единицы для использования индивидуально, либо в сочетании с другими модулями [5, 6]. В агрегате могут быть механические, электрические и гидравлические модули. Связь между ними устанавливается системой управления. Модульный принцип построения транспортных средств пользуется популярностью не только благодаря улучшению характеристик базового агрегата, но и повышению устойчивости движения и управляемости [1, 5, 7, 8].

Принцип модульного построения ТС зарекомендовал себя в автопоездах как промышленного, так и военного назначения [7, 8, 9]. В состав транспортных средств входит модульный прицеп с индивидуальным приводом ведущих колёс. Согласно [9], применение прицепа с индивидуальным приводом позволило повысить устойчивость и проходимость транспортного средства, а согласно [6, 10] – грузоподъёмность агрегата. Для сельскохозяйственной техники агрегатирование прицепным модулем позволяет реализовать заложенную в трактор заводом-изготовителем мощность, необходимую для выполнения энергоёмких агротехнологических операций (рис. 1 з) [1].

Однако, несмотря на все известные преимущества принципа модульного построения транспортного агрегата [1-10], этот метод до сих пор не получил широкое распространение в сельскохозяйственной отрасли. Сельскохозяйственные тракторы обладают высокими показателями мощности с возможностью регулирования эксплуатационных параметров [11-14]. Современное тракторостроение направлено на увеличение мощности и снижению удельного веса машинно-тракторных агрегатов (МТА). Однако, с увеличением мощности и снижением массы увеличивается энергонасыщенность МТА, которая не позволяет реализовать весь технологический потенциал сельскохозяйственной машины [1]. Показателем, регламентирующим соотношение мощности двигателя и веса трактора-тягача, является энергонасыщенность, номинальное значение которой для колёсного трактора равна 1,5 кВт/кН [1]. Загрузка энергонасыщенных тракторных двигателей по мощности редко превышает 50-60 % [5, 15]. Кроме того, недостаточны или полностью отсутствуют сведения, касающиеся проектирования и моделирования таких сельскохозяйственных агрегатов.

Исходя из вышесказанного, вопрос разработки модели сельскохозяйственного технологического модульного агрегата на основе колёсного трактора приобретает современную

актуальность не только с точки зрения развития теории тракторостроения, но и с точки зрения повышения эффективности использования современных агрегатов в целом.

### Материал и методы

Возможное применение модульного принципа построения сельскохозяйственного агрегата, состоящего из энергонасыщенного колёсного трактора, прицепа с ведущими двигателями и технологической машины изображены на рисунке 1 [16]. При достаточно высокой энергонасыщенности тягового агрегата (1) возможна комбинация нескольких технологических машин в одном модульном агрегате (сельскохозяйственный автопоезд).

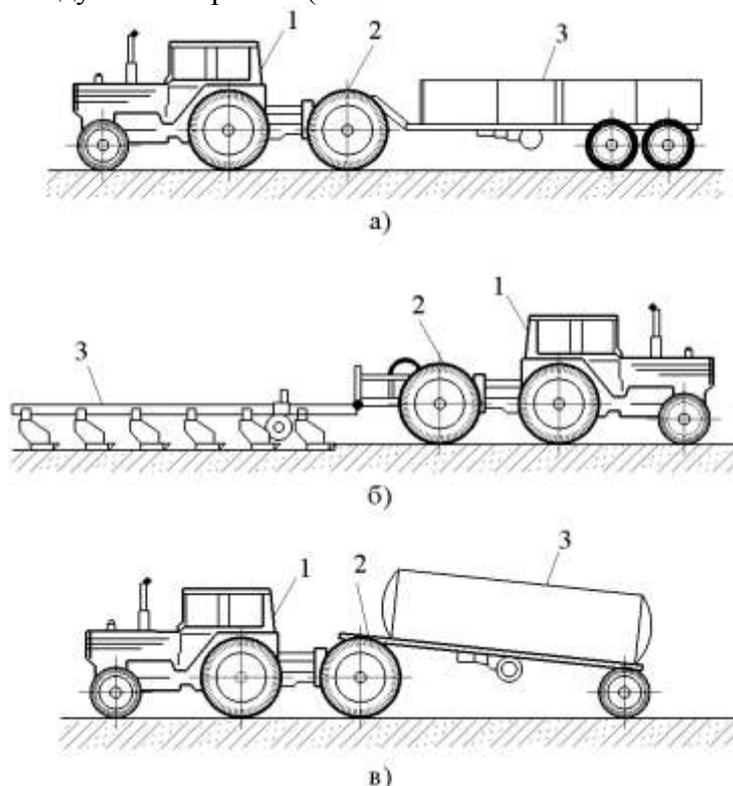


Рисунок 1 – Возможные способы применения сельскохозяйственного автопоезда

*а – перевозка грузов сельскохозяйственного назначения; б – вспашка, культивация, боронование; в – работы, связанные с транспортировкой бункера; 1 – трактор-тягач; 2 – прицепное устройство с индивидуальным приводом; 3 – технологическая машина*

На данный момент о модульном построении сельскохозяйственного агрегата известно немного. В работе [5] имеется практический опыт применения прицепного устройства – технологического модуля, в составе МТА на базе колёсного трактора тягового класса 1,4 (МТЗ-82). Колёса прицепа получали вращение от вала отбора мощности (ВОМ) трактора-тягача. Лабораторно-полевые испытания, проведённые автором, выявили наличие упругодемпфирующих свойств технологического модуля. Сравнительные полевые испытания МТА на базе трактора МТЗ-82 с технологическим модулем и плугом ПЛН-4-35 и МТА на базе трактора МТЗ-82 без технологического модуля с плугом ПЛН-3-35 показали, что применение технологического модуля с трактором МТЗ-82 дает повышение чистой производительности пахотного агрегата на 25,0 % и снижение погектарного расхода топлива на 13,9 % [5].

Из [10] известно, что динамика взаимодействия звеньев модульного ТС зависит от упругих свойств их соединительного устройства. Обнаружено, что, по сравнению с жесткой сцепкой, упругая сцепка может обеспечить трогание автопоезда с места при меньшем коэффициенте сцепления колес с опорной поверхностью [10]. В ходе экспериментальных исследований автора также было получено, что в зависимости от характера связи между тягачом и прицепом автопоезд может иметь различные тягово-динамические качества. [2, 10].

Применение прицепа с индивидуальным приводом ведущих двигателей по сравнению с прицепом с приводом от ВОМ нуждается в дополнительных системах управления. По-

скольку предложенный сельскохозяйственный модульный агрегат является многозвенной транспортной машиной, то система управления средства должна это учитывать. Для каждого звена в системе управления должна быть своя подпрограмма, учитывающая особенности данного звена. Данный вопрос хорошо проработан в области проектирования систем управления полноприводными транспортными агрегатами [10, 17, 18].

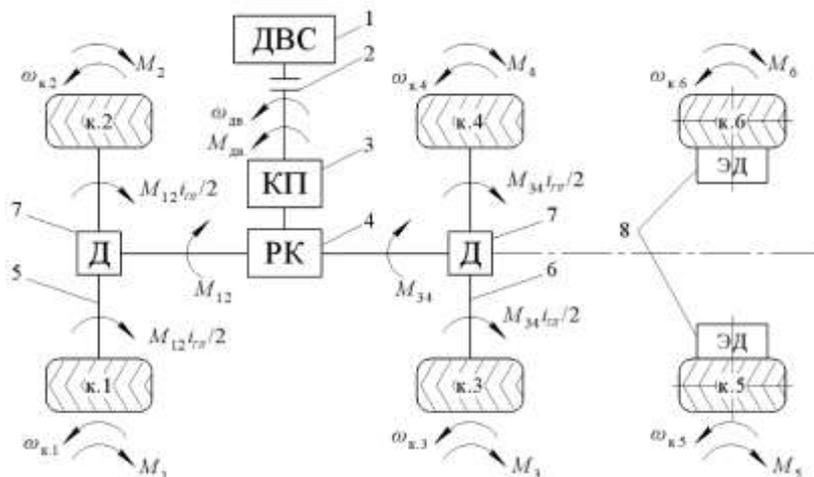
По вопросу управляемости, манёвренности и устойчивости МТА с присоединённым прицепом с активными ведущими колёсами при выполнении агротехнологических операций, информация, подходящая для такого агрегата, практически отсутствует. Решение вопросов управляемости требуют большой проработки и во многом зависят от исходной модели МТА, от степени проработки которой зависит адекватность полученных результатов [19]. В связи с этим, рациональным решением проблемы видится использование современных знаний, касающихся применения индивидуального привода для прицепных звеньев автопоездов, их систем управления, методик моделирования и адаптации имеющихся знаний применительно к исследуемому сельскохозяйственному агрегату.

На основе вышесказанного, целью работы является создание основ построения математической модели сельскохозяйственного технологического модульного агрегата на основе полноприводного колёсного трактора, агрегируемого прицепом с индивидуальным приводом ведущих колес, при выполнении технологической операции на примере вспашки.

**Теория / Расчет**

Из [19] известно, что в математических моделях движения МТА с прицепом скорость тягача лучше всего задавать на основе моделирования работы двигателя внутреннего сгорания (ДВС) и процесса взаимодействия ведущих колес с опорным основанием, а не изменяя координаты центра тяжести кузова транспортного средства. Это позволяет не только лучше представить движение МТА, но и смоделировать процессы старта, ускорения, торможения, заноса и скольжения с учетом свойств шин, демпфирующих характеристик муфты и физических свойств опорного основания, по которому движется агрегат [19].

Трансмиссию сельскохозяйственного МТА с прицепом можно представить, как систему, состоящую из самостоятельных звеньев: трактора-тягача с колёсной формулой 4К4 и прицепа с активным приводом ведущих колёс, связанных между собой сцепкой (рис. 2).



**Рисунок 2 – Схема трансмиссии трактора-тягача колёсной формулой 4К4 и прицепа с индивидуальным приводом ведущих двигателей: 1 – двигатель внутреннего сгорания (ДВС) трактора; 2 – сцепление; 3 – коробка переключения передач; 4 – раздаточная коробка; 5, 6 – передняя и задняя оси соответственно; 7 – межколесный дифференциал; 8 – двигатель прицепа (электродвигатель + редуктор + колесо)**

Прицеп имеет возможность присоединения технологического оборудования. Трансмиссию системы звеньев можно представить, как набор звеньев, образующих общий комплекс каналов. В совокупности, комплексы каналов образуют общий силовой привод колёс. Описанное строение характерно для гибридных трансмиссий, в частности, для электромеханических [10, 17, 20]. При этом каждый канал состоит из источника энергии, следящей системы и актуаторов. Подобный подход может практически полностью исключить внутрен-

ние ошибки при проектировании подсистем МТА [6]. В комплексе силового привода колёс каждая следящая (управляющая) система является почти самостоятельной подсистемой.

Трансмиссия трактора-тягача с колёсной формулой 4К4 (рис. 2) описывается системой уравнений [8, 19]:

$$\left\{ \begin{array}{l} J_{к.1} \dot{\omega}_{к.1} = \frac{M_{12}}{2} i_{ГП} - M_1; \\ J_{к.2} \dot{\omega}_{к.2} = \frac{M_{12}}{2} i_{ГП} - M_2; \\ J_{к.3} \dot{\omega}_{к.3} = \frac{M_{34}}{2} i_{ГП} - M_3; \\ J_{к.4} \dot{\omega}_{к.4} = \frac{M_{34}}{2} i_{ГП} - M_4; \\ \dot{\omega}_{дв} = i_{ГП} i_{КП} \frac{\dot{\omega}_{к.1} + \dot{\omega}_{к.2}}{2}; \\ \dot{\omega}_{дв} = i_{ГП} i_{КП} \frac{\dot{\omega}_{к.3} + \dot{\omega}_{к.4}}{2}; \\ J_{дв} \frac{\dot{\omega}_{дв}}{i_{КП}} = h_{др} M_{дв} i_{КП} - \frac{M_{12} + M_{34}}{i_{ГП}}, \end{array} \right.$$

где  $J_{к.i}$  и  $J_{дв}$  – момент инерции  $i$ -го колеса и ДВС соответственно;

$\dot{\omega}_{к.i}$  – угловое ускорение  $i$ -го колеса;

$M_i$  – момент сопротивления на  $i$ -м колесе;

$M_{34}$  – крутящий момент, подводимый к 4 оси;

$i_{ГП}$  – передаточное отношение главной передачи;

$\dot{\omega}_{дв}$  – угловое ускорение вала ДВС;

$h_{др} = [0,1]$  – воздействие на дроссель;

$M_{дв}$  – крутящий момент, развиваемый ДВС;

$i_{КП}$  – передаточное отношение подключенной передачи.

Для прицепа, колёса которого имеют индивидуальный привод, и отсутствует жесткая кинематическая связь с колесами тягача справедлива следующая система уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} J_{к.5} \dot{\omega}_{к.5} = M_{дв.5} \cdot i_{кр.5} - M_5; \\ J_{к.6} \dot{\omega}_{к.6} = M_{дв.6} \cdot i_{кр.6} - M_6; \\ \dot{\omega}_{дв.к.5} = i_{кр.5} \dot{\omega}_{к.5}; \\ \dot{\omega}_{дв.к.6} = i_{кр.6} \dot{\omega}_{к.6}; \\ J_{дв.к.5} \dot{\omega}_{дв.к.5} = h_{др} M_{дв} - \frac{M_{дв.5}}{i_{кр.5}}; \\ J_{дв.к.6} \dot{\omega}_{дв.к.6} = h_{др} M_{дв} - \frac{M_{дв.6}}{i_{кр.6}}, \end{array} \right.$$

где  $J_{к.i}$  и  $J_{дв.к.i}$  – момент инерции колеса прицепа и его электродвигателя соответственно;

$\dot{\omega}_{к.i}$  – угловое ускорение  $i$ -го колеса прицепа;

$M_{дв.i}$  – крутящий момент, приведенный к  $i$ -му колесу;

$M_i$  – момент сопротивления на  $i$ -м колесе;

$i_{кр.i}$  – передаточное отношение редуктора колеса;

$\dot{\omega}_{дв.к.i}$  – угловое ускорение вала электродвигателя.

Согласно [10, 18] сцепное устройство (СУ) моделируется как упругодемпфирующая связь, описываемая следующими уравнениями (рис. 3):

$$F_s = C_F \cdot \Delta + \mu_F \cdot \dot{\Delta};$$

$$\Delta = \sqrt{(X'_1 - X'_2)^2 + (Y'_1 - Y'_2)^2};$$

$$\dot{\Delta} = (X'_1 - X'_2) \cdot (\dot{X}'_1 - \dot{X}'_2) + (Y'_1 - Y'_2) \cdot (\dot{Y}'_1 - \dot{Y}'_2) / \Delta,$$

где  $F_s$  – результирующая сила в СУ;

$C_F$  – коэффициент жесткости СУ в продольном направлении;

$\Delta$  – относительные перемещения в сцепке;

$\dot{\Delta}$  – относительная скорость;

$\mu_F$  – коэффициент демпфирования СУ в продольном направлении;

$X'_1, X'_2, Y'_1, Y'_2$  – проекции точек СУ звеньев на оси неподвижной системы координат.

Моменты от проекции силы в узле сочленения будут вычисляться по формулам:

$$M_1 = F_{y1} \cdot d_1;$$

$$M_2 = F_{y2} \cdot d_2,$$

где  $F_{y1}, F_{y2}$  – расстояние от центра масс до шарнира СУ трактора и прицепа соответственно;

$d_1, d_2$  – расстояние от центра масс до шарнира СУ трактора и прицепа соответственно [10].

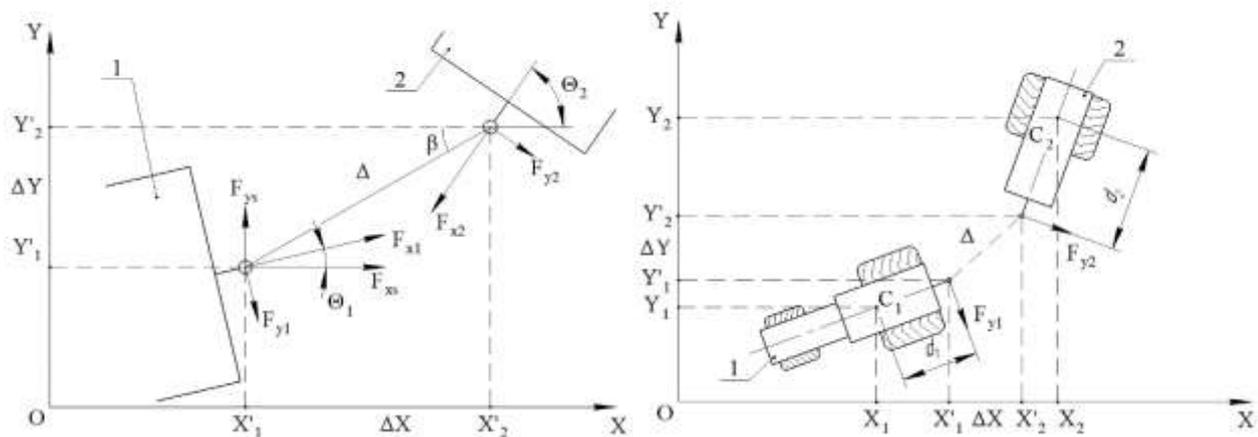


Рисунок 3 – расчётная схема сил, действующих в сцепном устройстве  
1 – тягач; 2 – прицепное устройство (технологический модуль)

Силы, действующие в СУ, необходимо учитывать при определении нормальных реакций колёс с опорной поверхностью [10].

Динамика вала трансмиссии, связанного с двускатным колесом, для каждого ската может быть описана следующими уравнениями [8]:

$$J_{к.i} \dot{\omega}_{к.i} = 0,5 M_{д.i} - M_i;$$

$$M_i = R_{X.i} r_d + 0,5 M_{тi} + M_{fi},$$

где  $M_i$  – крутящий момент на  $i$ -м колесе (момент сопротивления);

$M_{тi}$  – тормозной момент  $i$ -го колеса;

$M_{fi}$  – момент сопротивления качению  $i$ -го колеса;

- $R_{xi}$  – сила взаимодействия  $i$ -го колеса с грунтом;
- $r_d$  – расстояние от оси колеса до опорной поверхности;
- $P_{xi}$  – продольная сила, приложенная к оси  $i$ -го колеса.

Динамика выходного вала электродвигателя, связанного непосредственно с двигателем (рис. 4), описывается уравнениями [20]:

$$J_{к,i} \dot{\omega}_{к,i} = M_{д,i} - M_i;$$

$$M_i = R_{X,i} r_d + M_{\tau i} + M_{fi}.$$

Момент тормозного механизма  $i$ -го колеса определяется из выражения [8]:

$$M_{\tau i} = M \cdot h_T,$$

где  $M$  – заданный тормозной момент системы при полном срабатывании;

$h_T = [0,1]$  – управляющий сигнал тормозов

$i$ -го колеса (устанавливается автоматически).

В [3] предложен алгоритм микропроцессорной системы управления отдельными ведущими колесами прицепа, представляющий собой два последовательных алгоритма, которые одинаково важны для эффективной работы данного типа привода (рис. 8).

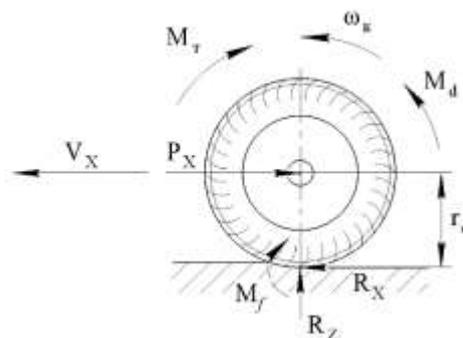


Рисунок 4 – Расчетная схема качения колеса

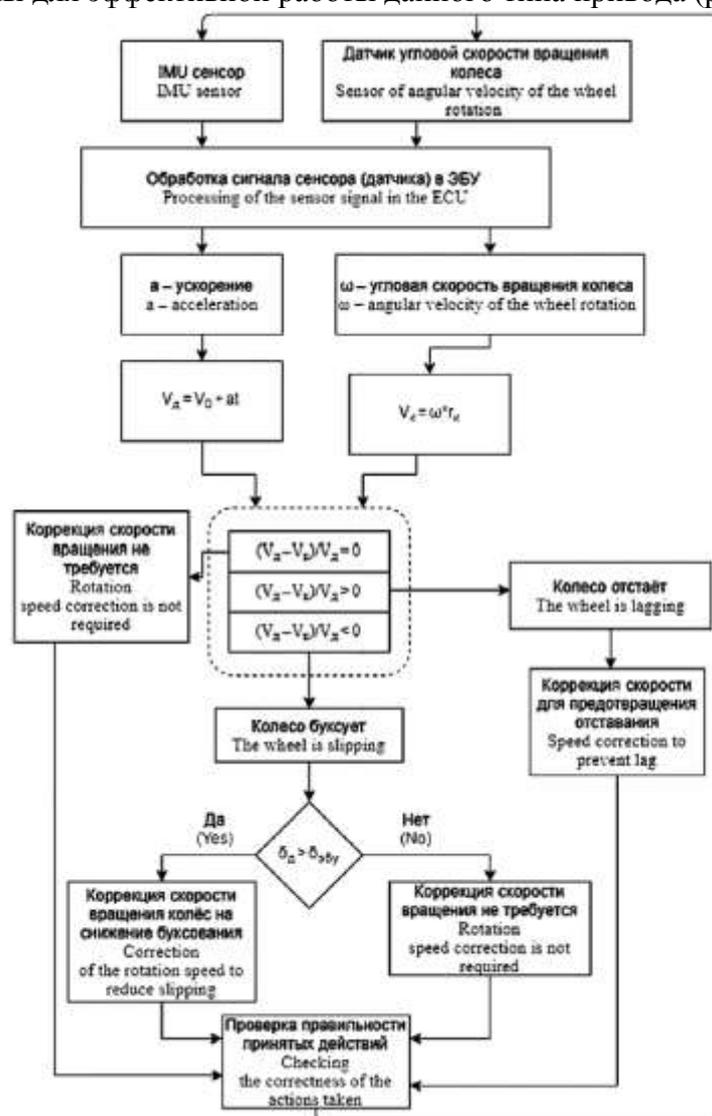


Рисунок 5 – Блок-схема системы управления активным приводом колес

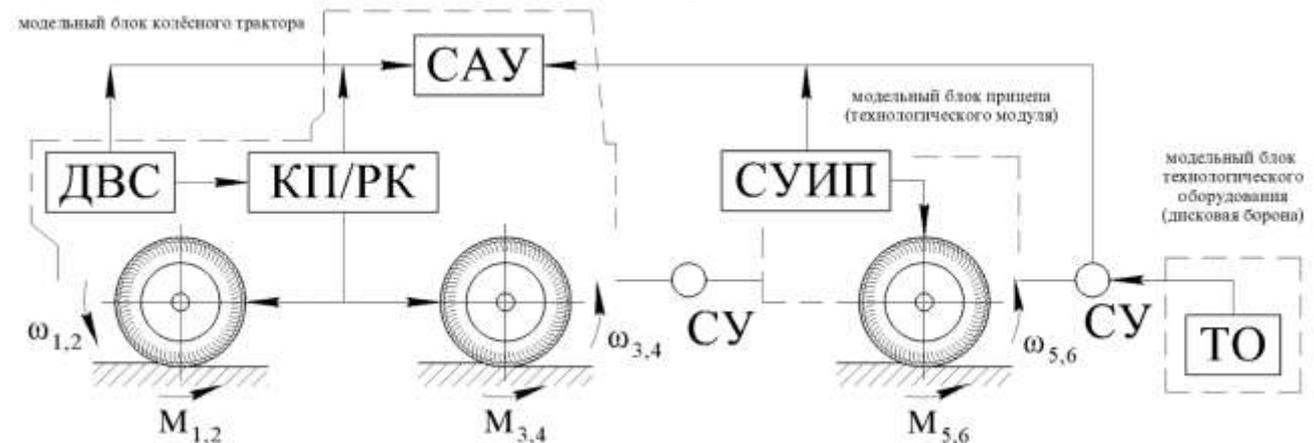
Результаты и обсуждение

Применяемый алгоритм должен выполнять регулировку скорости вращения ведущих колес транспортно-технологического модуля (ТТМ), а именно снижать кинематическое несоответствия в приводе МТА и оптимизировать тяговое усилие, создаваемое ведущими колесами ТТМ. Во избежание заноса средства, необходимо выполнять корректировку и стабилизацию движения ТТМ [3]. Предложенный в [3] алгоритм позволяет производить такую корректировку.

Преимуществом данного в [3] алгоритма является простота и наглядность работы. Недостатком можно считать то, что в данном алгоритме не учитывается в явном виде влияние усилия от технологической машины.

### **Выводы**

Таким образом, общую модель сельскохозяйственного технологического модульного агрегата на основе полноприводного колёсного трактора, агрегатируемого прицепом с индивидуальным приводом ведущих колес, при выполнении технологической операции на примере обработки почвы дисками, представлена на рис. 6.



**Рисунок 6 – Модель сельскохозяйственного автопоезда:**

*ДВС – двигатель внутреннего сгорания; КП/ПК – коробка переключения передач в соединении с раздаточной коробкой; СУ – сцепное устройство; СУИП – система управления двигателями индивидуального привода; ТО – технологическое оборудование (дисковая борона)*

В предложенной на рисунке 6 модели текущие параметры двигателя и трансмиссии отслеживаются САУ и передаются на электродвигатели индивидуального привода колёс прицепного устройства для согласования их работы с тягачом. Влияние технологического оборудования и сцепного устройства оценивается управляющей системой и, при необходимости, производится корректировка параметров движителей технологического модуля.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Кутьков Г.М. К вопросу развития теории трактора // Тракторы и сельхозмашины. – 2021. – №3. – С. 6-19.
2. Закин Я.Х. Прикладная теория движения автопоезда. – Изд-во «Транспорт», 1967. – 253 с.
3. Шутенко В.В., Перевозчикова Н.В. Создание алгоритма управления индивидуальным приводом ведущих колес транспортно-технологического модуля // Агроинженерия. – 2020. – №5(99). – С. 10-15.
4. Бережнов Н.Н. Обоснование рациональной компоновки и режимов работы энергонасыщенных почвообрабатывающих посевных комплексов // Автореф. дисс... канд. техн. наук. – 2007. – Т. 5. – №01.
5. Сидоров М.В. Повышение эффективности использования машинно-тракторного агрегата за счет применения технологического модуля с ведущими движителями для трактора тягового класса 1, 4: дис. ... канд. техн. наук, 2017. – 20 с.
6. Белоусов Б.Н. и др. Основные особенности формирования трансмиссии активного многозвенного автопоезда // Автомобильная промышленность. – 2019. – №11. – С. 10-15.
7. Горелов В.А., Падалкин Б.В., Чудаков О.И. Математическая модель прямолинейного движения по деформируемой опорной поверхности двухзвенного седельного автопоезда с активным полуприцепным звеном // Вестник Московского государственного технического университета им. НЭ Баумана. Серия «Машиностроение». – 2017. – №2(113). – С. 121-138.
8. Анкинович Г.Г. и др. Разработка принципов повышения устойчивости автопоездов от бокового опрокидывания в повороте // Известия вузов. Машиностроение. – 2016. – №2(671). – С. 28-35.

9. Кочнев Е. Секретные автомобили советской армии. – Litres, 2022.
10. Горелов В.А. Математическое моделирование движения многозвенных колесных транспортных комплексов с учетом особенностей конструкций сцепных устройств // Машиностроение и компьютерные технологии. – 2012. – №02. – С. 14.
11. Рынок сельскохозяйственной техники: проблемы и перспективы развития: аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. – 200 с.
12. Кот Е.М. и др. Проблемы рынка сельскохозяйственной техники и перспективы развития // Региональные проблемы устойчивого развития сельской местности. – 2021. – С. 69-73.
13. Макеева Ю.Н. Повышение эффективности использования почвообрабатывающих агрегатов при балластировании энергонасыщенных колесных тракторов: дис. ... канд. техн. наук. - Барнаул, 2017. - 194 с..
14. Парфенов А.П. Тенденции развития конструкций сельскохозяйственных тракторов // Тракторы и сельхозмашины. – 2015. – №5. – С. 42-47.
15. Ворохобин А.В. Повышение эффективности использования тракторно-транспортного агрегата при корректировании вертикальных нагрузок на колеса // Автореф. дисс.... канд. техн. наук. – Воронеж: Воронежский ГАУ им КД Глинки. – 2007.
16. Кутьков Г.М. Энергонасыщенность и классификация тракторов // Тракторы и сельхозмашины. - 2007. - №8. - С. 14-20.
17. Жирный Р.И., Горелов В.А., Котиев Г.О. Математическая модель прямолинейного движения автопоезда с жесткой и гибкой связью между звеньями // Труды НГТУ им. ПЕ Алексева. – 2010. – №4. – С. 138-144.
18. Горелов В.А. Результаты численного моделирования прямолинейного движения двухзвенного колесного транспортного комплекса по деформируемому грунту // Машиностроение и компьютерные технологии. – 2012. – №01. – С. 9.
19. Скотников Г.И. Проверка адекватности математической модели криволинейного движения автопоезда // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2016. – №8(677). – С. 29-37.
20. Котиев Г.О., Горелов В.А., Мирошниченко А.В. Синтез системы управления тяговыми электродвигателями для индивидуального привода ведущих колес автомобиля // Машиностроение и компьютерные технологии. – 2011. – №12. – С. 11.

**Сысенко Никита Григорьевич**

Калужский филиал «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана»  
Адрес: 248000, Россия, г. Калуга, ул. Баженова, 2  
Аспирант  
E-mail: nikita.sisenko@gmail.com

**Пономарев Алексей Иванович**

Калужский филиал «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана»  
Адрес: 248000, Россия, г. Калуга, ул. Баженова, 2  
К.т.н., доцент  
E-mail: apon2005@yandex.ru

**Булычев Всеволод Валерьевич**

Калужский филиал «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана»  
Адрес: 248000, Россия, г. Калуга, ул. Баженова, 2  
Д.т.н., профессор зав. кафедрой «Колесные машины и прикладная механика»  
E-mail: vs.bulychev@yandex.ru

**Сидоров Владимир Николаевич**

Калужский филиал «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана»  
Адрес: 248000, Россия, г. Калуга, ул. Баженова, 2  
Д.т.н., профессор  
E-mail: sidorov-kaluga@yandex.ru

---

N.G. SYSENKO, A.I. PONOMAREV, V.V. BULYCHEV, S.V. SIDOROV

## DEVELOPMENT OF AGRICULTURAL TECHNOLOGICAL MODULAR UNIT BASED ON A ALL-WHEEL WHEELED TRACTOR

**Abstract.** *The modular structure of an agricultural technological unit, consisting of an energy-saturated wheeled tractor, aggregated by a trailer with an individual drive of the leading propellers and a technological machine (disk harrow) when performing agrotechnological operations, is considered, using the example of tillage with disks. A mathematical model of the transmission of a four-wheel drive tractor in combination with a trailer equipped with an individual drive of propellers is presented. A possible algorithm for the control system of this unit is described. A general structural model of an agricultural technological unit is proposed.*

**Keywords:** *modular unit, agricultural unit, technological machine, trailer, individual drive, mathematical model, control system, algorithm, all-wheel drive tractor, wheeled tractor, energy saturation*

### BIBLIOGRAPHY

1. Kut'kov G.M. K voprosu razvitiya teorii traktora // Traktory i sel'khoz mashiny. - 2021. - №3. - S. 6-19.
2. Zakin Ya.H. Prikladnaya teoriya dvizheniya avtopoezda. - Izd-vo «Transport», 1967. - 253 s.

3. Shutenko V.V., Perevozchikova N.V. Sozdanie algoritma upravleniya individual'nym privodom vedushchikh koles transportno-tekhnologicheskogo modulya // *Agroinzheneriya*. - 2020. - №5(99). - S. 10-15.
4. Berezhnov N.N. Obosnovanie ratsional'noy komponovki i rezhimov raboty energonasyshchennykh pochvoobrabatyvayushchikh posevnykh kompleksov // *Avtoref. diss... kand. tekhn. nauk*. - 2007. - T. 5. - №01.
5. Sidorov M.V. Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya mashinno-traktornogo agregata za schet primeneniya tekhnologicheskogo modulya s vedushchimi dvizhiteleyami dlya traktora tyagovogo klassa 1, 4: dis. ... kand. tekhn. nauk, 2017. - 20 s.
6. Belousov B.N. i dr. Osnovnye osobennosti formirovaniya transmissii aktivnogo mnogozvennogo avtopoezda // *Avtomobil'naya promyshlennost'*. - 2019. - №11. - S. 10-15.
7. Gorelov V.A., Padalkin B.V., Chudakov O.I. Matematicheskaya model' pryamolineynogo dvizheniya po deformiruemyu opornoy poverkhnosti dvukhzvennogo sedel'nogo avtopoezda s aktivnym polupritsepnym zvenom // *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. NE Baumana. Seriya «Mashinostroenie»*. - 2017. - №2(113). - S. 121-138.
8. Ankinovich G.G. i dr. Razrabotka printsipov povysheniya ustoychivosti avtopoezdov ot bokovogo oprokidyvaniya v povorote // *Izvestiya vuzov. Mashinostroenie*. - 2016. - №2(671). - S. 28-35.
9. Kochnev E. *Sekretnye avtomobili sovetskoy armii*. - Litres, 2022.
10. Gorelov V.A. Matematicheskoe modelirovanie dvizheniya mnogozvennykh kolesnykh transportnykh kompleksov s uchetom osobennostey konstruksiy stsepnnykh ustroystv // *Mashinostroenie i komp'yuternye tekhnologii*. - 2012. - №02. - S. 14.
11. Rynok sel'skokhozyaystvennoy tekhniki: problemy i perspektivy razvitiya: analit. obzor. - M.: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2021. - 200 s.
12. Kot E.M. i dr. Problemy rynka sel'skokhozyaystvennoy tekhniki i perspektivy razvitiya // *Regional'nye problemy ustoychivogo razvitiya sel'skoy mestnosti*. - 2021. - S. 69-73.
13. Makeeva Yu.N. Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya pochvoobrabatyvayushchikh agregatov pri ballastirovanii energonasyshchennykh kolosnykh traktorov: dis. ... kand. tekhn. nauk. - Barnaul, 2017. - 194 s..
14. Parfenov A.P. Tendentsii razvitiya konstruksiy sel'skokhozyaystvennykh traktorov // *Traktory i sel'khoz mashiny*. - 2015. - №5. - S. 42-47.
15. Vorokhobin A.V. Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya traktorno-transportnogo agregata pri korrektsirovani vertikal'nykh nagruzok na kolesa // *Avtoref. diss.... kand. tekhn. nauk*. - Voronezh: Voronezhskiy GAU im KD Glinki. - 2007.
16. Kut'kov G.M. Energonasyshchennost' i klassifikatsiya traktorov // *Traktory i sel'khoz mashiny*. - 2007. - №8. - S. 14-20.
17. Zhirnyy R.I., Gorelov V.A., Kotiev G.O. Matematicheskaya model' pryamolineynogo dvizheniya avtopoezda s zhestkoy i gibkoy svyaz'yu mezhdu zven'yami // *Trudy NGTU im. RE Alekseeva*. - 2010. - №4. - S. 138-144.
18. Gorelov V.A. Rezul'taty chislennogo modelirovaniya pryamolineynogo dvizheniya dvukhzvennogo kolesnogo transportnogo kompleksa po deformiruemu gruntu // *Mashinostroenie i komp'yuternye tekhnologii*. - 2012. - №01. - S. 9.
19. Skotnikov G.I. Proverka adekvatnosti matematicheskoy modeli krivolineynogo dvizheniya avtopoezda // *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Mashinostroenie*. - 2016. - №8(677). - S. 29-37.
20. Kotiev G.O., Gorelov V.A., Miroshnichenko A.V. Sintez sistemy upravleniya tyagovymi elektrodvigatelyami dlya individual'nogo privoda vedushchikh koles avtomobilya // *Mashinostroenie i komp'yuternye tekhnologii*. - 2011. - №12. - S. 11.

**Sysenko Nikita Grigor'evich**

Kaluga Branch of the Bauman Moscow State Technical University  
Address: 248000, Russia, Kaluga, Bazhenova str., 2  
Graduate student  
E-mail: nikita.sisenko@gmail.com

**Ponomarev Alexei Ivanovich**

Kaluga Branch of the Bauman Moscow State Technical University  
Address: 248000, Russia, Kaluga, Bazhenova str., 2  
Candidate of technical sciences  
E-mail: apon2005@yandex.ru

**Bulychev Vsevolod Valer'evich**

Kaluga Branch of the Bauman Moscow State Technical University  
Address: 248000, Russia, Kaluga, Bazhenova str., 2  
Doctor of technical sciences  
E-mail: vs.bulychev@yandex.ru

**Sidorov Vladimir Nikolaevich**

Kaluga Branch of the Bauman Moscow State Technical University  
Address: 248000, Russia, Kaluga, Bazhenova str., 2  
Doctor of technical sciences  
E-mail: sidorov-kaluga@yandex.ru

Научная статья

УДК 656.025.4

doi:10.33979/2073-7432-2023-3-5(82)-43-48

Н.М. МОИСЕЕВА, И.В. ЖИЛИН

## АВТОТРАНСПОРТНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ СЕТИ ПУНКТОВ СБОРА

***Аннотация.** Рассмотрена методика и средства планирования и организации перевозок твердых коммунальных отходов, образующихся в процессе жизнедеятельности населения города. Обоснованы и использованы основные принципы и специальные подходы исследования рассматриваемой предметной области. Рассмотрены и решены задачи прогнозирования накопления отходов. Разработаны специальные программные средства, использующие разработанные алгоритмы, для формирования маршрутных заданий для отдельных автомобилей.*

***Ключевые слова:** автомобильные грузовые перевозки, твердые коммунальные отходы, прогнозирование, программные средства, оптимизация перевозок*

### **Введение**

Проблема образования отходов от жизнедеятельности человека в настоящее время все более актуальной и требует своего решения. Это особенно важно для крупных городов и мегаполисов. Ежегодно объемы образовавшегося мусора исчисляются тысячами, а в некоторых случаях и миллионами тонн. Сбор, вывоз и переработка отходов города является одной из важных забот городских властей.

В общей проблеме, связанной с городскими отходами, особое место отводится процессу перевозок от мест сбора до пунктов назначения (утилизация, переработка, хранение). В больших городах число пунктов вывоза весьма велико. Объемы перевозок мусора и транспортная работа здесь исчисляются большими числами.

Вот почему крайне важно рационально спланировать и правильно организовать процесс вывоза отходов. Причем сделать не совсем просто [5-7]. Существенных сложностей здесь много. Во-первых, это очень большой объем информации, которую необходимо учесть. Во-вторых, специфические особенности грузовых перевозок, не описанные в общедоступной литературе. В-третьих, трудности прогнозирования объема вывоза отходов.

### **Материал и методы**

Процесс образования отходов в настоящее время изучен недостаточно глубоко и подробно. На объем отходов городского хозяйства влияют множество факторов. Решить эту проблему можно только на основе строгого научного подхода, а также современных методов прогнозирования и математического моделирования [8-10].

Целью работы является разработка организационно-технических мероприятий повышения эффективности работы автотранспортной системы вывоза твердых коммунальных отходов (ТКО).

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Проведен анализ процесса сбора ТКО с выявлением его основных особенностей и характеристик.
2. Разработана система планирования и организации транспортного обслуживания сети пунктов сбора ТКО.
3. Разработана методика рационального формирования маршрутов вывоза ТКО с учетом особенностей данного рода перевозок.
4. Созданы программные средства для реализации системы планирования и организации вывоза ТКО, работающие в автоматическом режиме с помощью средств компьютерной техники.

5. Выявлены изменения технических параметров функционирования автотранспортной системы вывоза ТКО, возникающие при реализации предлагаемых организационно-технических мероприятий.

При решении всего рассмотренного комплекса задач были использованы выработанные основные принципы и методические подходы для повышения эффективности функционирования системы обращения ТКО. В этой работе представлены только некоторые результаты исследований [11].

**Теория / Расчет**

Анализ процесса сбора ТКО связан с исследованием с топографическим размещением пунктов сбора ТКО, определением их количественных характеристик, таких как число контейнеров, степень их заполнения и пр. Причем это необходимо делать регулярно для того, чтобы данные для решения дальнейших были актуальными [13-15].

В процессе анализа был разработан способ, позволяющий прогнозировать объемы образования ТКО как в текущей, так и долгосрочной перспективе. В частности, для последнего использовался метод производственных функций и специально разработанное программное средство [12].

Для прогнозирования находились аппроксимирующие функции вида

$$y = f(x_1, x_2, x_3),$$

где  $y$  – объем ТКО;

$x_1$  – индекс промышленного производства;

$x_2$  – уровень бедности;

$x_3$  – среднедушевой доход.

В результате были получены следующие наиболее подходящие функции:

1) Функция Кобба-Дугласа:

$$Q_{TKO} = a \cdot x_1^{b_1} \cdot x_2^{b_2} \cdot x_3^{b_3},$$

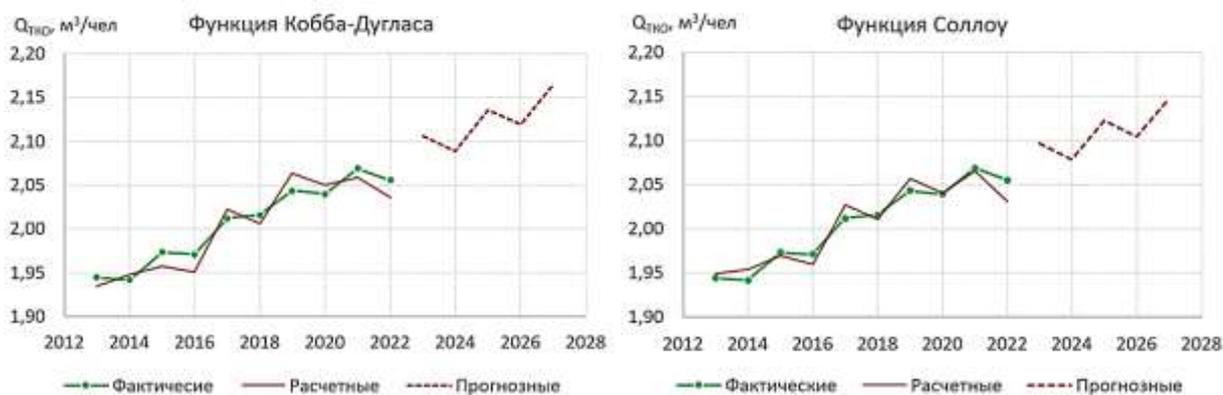
где  $a = 0,213$ ;  $b_1 = 0,185$ ;  $b_2 = 0,215$ ;  $b_3 = 0,117$ .

2) Функция Соллоу:

$$Q_{TKO} = (a_1 \cdot x_1^{b_1} + a_2 \cdot x_2^{b_2} + a_3 \cdot x_3^{b_3})^c,$$

где  $a_1 = 0,235$ ;  $a_2 = 0,479$ ;  $a_3 = 0,111$ ;  $b_1 = 0,534$ ;  $b_2 = 0,539$ ;  $b_3 = 0,601$ ;  $c = 0,259$ .

Данные по фактическим, расчетным и прогнозируемым объемам ТКО проиллюстрированы графиками.



**Рисунок 1 – Прогнозирование объема ТКО**

Самой сложной являлась задача планирования и организации процесса автомобильных перевозок ТКО. Эта задача в виду большого объема исходных данных не имеет простого и очевидного решения. Поэтому требуется разработать методику составления маршрутов вывоза ТКО с пунктов сбора. Ещё одной сложностью является то, что в процессе используется сразу множество единиц специализированной автомобильной техники и также необходимо было закрепить за определенным автотранспортным средством некоторого подмножества пункта сбора ТКО. Кроме того, перечень пунктов на каждый день работы автомобилей

постоянно меняется. Также может меняться и подвижной состав, задействованный на перевозках, ввиду поломок или проведения плановых работ по техническому обслуживанию.

В ходе выполнения исследования был разработан подробный алгоритм расчетов, позволивший разрабатывать маршруты вывоза ТКО для автомобилей. Вручную такую задачу невозможно решить, поэтому разработаны различные программные средства, позволяющие оперативно проводить соответствующие расчеты и помогающие диспетчеру принимать рациональные решения.

Госномер мусоровоза	Номер маршрута	Дата	№ п/с	Место расположения пункта	Кол-во конт., шт.	Объем конт., м3	Время погр., сек	Перемещение между пунктами, сек	Расстояние между пунктами, м	Заполнение контейнеров, %	ОТЕ
084	17	27 июня		АТП					360		
084	17	27 июня		АЗС				650	3000		
084	17	27 июня	1	Космонавтов 37а	4	0,7	260	540	3000	90	
084	17	27 июня	2	Космонавтов 35/1	8	0,7	422	480	1700	80	
084	17	27 июня	5	Циолковского 22	4	0,7	195	240	1000	100	
084	17	27 июня	8	Циолковского 34/5	2	0,7	260	120	800	60	
084	17	27 июня	9	Циолковского 34/1	4	0,7	270	180	200	100	
084	17	27 июня	6	Терешковой 42	3	0,7	260	120	300	110	
084	17	27 июня	7	Циолковского 40	4	0,7	180	120	100	100	
084	17	27 июня	11	Циолковского 24	4	0,7	150	120	400	100	
084	17	27 июня	10	Циолковского 26	4	0,7	350	600	200	110	
084	17	27 июня	12	Космонавтов 43	1	0,7	120	180	200	110	
084	17	27 июня	13	Филиппенко 6	5	0,7	400	180	200	100	
084	17	27 июня	14	Филиппенко 14/2	7	0,7	340	900	500	100	
084	17	27 июня		Полигон "Венера"			270	0	6900		
194	17	27 июня		МПС							

Рисунок 2 – Фрагмент результатов расчета маршрута вывоза ТКО

В нижеследующих таблицах приведены данные по трем дням для трех маршрутов (табл. 1-3).

Время погрузки включает только продолжительность погрузки в пунктах сбора ТБО.

Время перемещения по отчету не учитывает поездки на полигон или МПС. Перемещения между последним пунктом рейса, полигоном (МПС) и первым пунктом следующего рейса по отчету заменялось перемещением между последним пунктом рейса и первым пунктом следующего рейса с соответствующей заменой времени (из матрицы расчетных значений) [14-16]. Т.е. в каждом маршруте вместо нескольких рейсов рассматривается один.

Время перемещения по расчетным данным получено путем замены фактических (отчетных) данных данными из матрицы расчетных значений.

Время перемещения по новым маршрутам получено путем формирования трех новых маршрутов с использованием данных из матрицы расчетных значений.

Таблица 1 - Сводные данные перевозок от 27 июня 2022 г.

Маршрут	17	18	19	Итого	Средн.
Кол-во рейсов	4	4	4	12	4
Кол-во контейнеров	178	209	213	600	200
Объем ТКО, м <sup>3</sup>	125,1	128,2	144,0	397,3	132,4
Время погрузки, с	12555	13929	15540	42024	14008
Время перемещения по отчету, с	9869	5776	8191	23836	7945
Время перемещения по расчетным данным, с	8572	5943	7641	22156	7385
Время перемещения по новым маршрутам, с				17627	5876

Таблица 2 - Сводные данные перевозок от 28 июня 2022 г.

Маршрут	17	18	19	Итого	Средн.
Кол-во рейсов	4	4	4	12	4
Кол-во контейнеров	178	199	215	592	197
Объем ТКО, м <sup>3</sup>	117,6	140,1	150,6	408,3	136,1
Время погрузки, с	11811	15423	20490	47724	15908
Время перемещения по отчету, с	8863	5577	8855	23295	7765
Время перемещения по расчетным данным, с	10788	5401	6985	23174	7725
Время перемещения по новым маршрутам, с				17104	5701

Таблица 3 - Сводные данные перевозок от 29 июня 2022 г.

Маршрут	17	18	19	Итого	Средн.
Кол-во рейсов	4	4	4	12	4
Кол-во контейнеров	182	210	240	632	211
Объем ТКО, м <sup>3</sup>	129,4	145,7	162,2	437,3	145,8
Время погрузки, с	12337	14950	21520	48807	16269
Время перемещения по отчету, с	8385	6597	9231	24213	8071
Время перемещения по расчетным данным, с	9318	6430	8333	24081	8027
Время перемещения по новым маршрутам, с				18558	6186

### **Результаты и обсуждение**

По результатам расчетов можно заключить следующее [17]:

- 1) итоговые данные по маршрутам крайне неравномерные;
- 2) время перемещения по отчетным и расчетным данным вполне сопоставимы, поэтому использование расчетных данных представляется возможным;
- 3) время перемещения по новым маршрутам в среднем меньше на 20-25% (1,2-1,7 часа);
- 4) за рейс в среднем погружается 33,1-36,5 м<sup>3</sup> (минимум 31,3, а максимум 40,6 м<sup>3</sup>);
- 5) за счет использования новых маршрутов на каждом из них можно сэкономить в среднем 0,5 часа на перемещениях между пунктами сбора ТБО;
- 6) вместо четырех рейсов в каждом маршруте можно сделать по три. При этом экономится 0,6-0,7 часа;
- 7) при совершенствовании алгоритма и эффективности работы программы маршрутизации возможно улучшить результаты;
- 8) необходимо увеличить загрузку мусоровоза в каждом из рейсов;
- 9) в результате вместо 9 ездов по 3 маршрутам можно организовать работу по 2 маршрутам с 4 ездами при той же продолжительности работы на линии;
- 10) в целом по парку целесообразно уменьшить количество мусоровозов и водителей, оставить неизменным или немного увеличить продолжительность работы на линии. В результате повысится производительность автомобилей и водителей, снизятся затраты на топливо и заработную плату водителей и пр.

### **Выводы**

Подводя итоги проведенного исследования, можно сказать следующее.

Полученная математическая модель позволяет с большей степенью обоснованности производить прогнозирование объема перевозок ТКО. Это создаст базу для эффективного планирования и организации его грузовых перевозок автомобильным транспортом.

Процесс организации перевозок при удалении ТБО с пунктов их сбора является достаточно сложным. Ежедневно приходится обслуживать порядка 3000 пунктов, используя при этом несколько десятков специализированных автомобилей – мусоровозов. В связи с этим возникает задача оптимизации плана перевозок [18-20]. Решения такого рода задач известны, но они мало пригодны для рассматриваемой ситуации.

Для этого разработана методика, включающая ряд взаимосвязанных этапов. Благодаря ее реализации получают допустимые планы перевозок, которые в последствии улучшаются. В результате получается некоторый набор планов, из которых для имеющегося парка подвижного состава выбирается наилучший.

Представленная работа является законченной частью исследования, выполняемого на кафедре управления автотранспортом ЛГТУ, направленной на решение сложной проблемы, связанной с ТКО.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Лебедева И.М., Федорова А.Ю. Макроэкономическое планирование и прогнозирование / под ред. А.Ю. Федоровой. – СПб: Университет ИТМО, 2016. – 54 с.
2. Терехов Л.Л. Производственные функции. - М.: Статистика, 1974. – 129 с.
3. Белых Т.И. Применение производственных функций в прогнозировании

4. Бурдуковская А.В. // Baikal Research Journal. – 2015. – Т. 6. - №4.
5. Тимкова А.Ю., Шорохова Л.С., Ефимов Р.А. Роль цифровой трансформации в перевозочном процессе // Вестник транспорта Поволжья. – 2022. – №5(95). – С. 91-94.
6. Тимкова А.Ю., Шорохова Л.С., Ефимов Р.А. Потенциал рынка логистических услуг: проблемы и перспективы развития // Славянский форум. – 2021. – №3(33). – С. 156-161.
7. Кузьмин Д.В., Багинова В.В., Краснобаев Д.А., Мусатов Д.В. Разработка имитационной дискретно-событийной модели транспортной инфраструктуры с использованием инструментов оптимизации // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2023. – Т. 17. - №2. – С. 42-48. – DOI 10.36724/2072-8735-2023-17-2-42-48.
8. Копылова Е.В., Туманов М.А. Методические подходы к оценке влияния требований пассажиров к качеству транспортного обслуживания на технологию работы железнодорожного транспорта // Транспортное дело России. – 2018. – №4. – С. 178-181.
9. Панкратова К.М., Каширский Д.Ю., Ульрих С.А. Обеспечение безопасности дорожного движения за счет качества дорожного покрытия // Организация и безопасность дорожного движения: Материалы X международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию со дня рождения д.т.н., профессора Л.Г. Резника. - В 2 томах. - Том 1. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2017. – С. 116-120.
10. Тумашик И.И., Ярмолик С.В. Повышение прочности и снижение стоимости дорожных одежд лесных дорог из местных грунтов // Труды БГТУ. - №2. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. – 2016. – №2(184). – С. 96-98.
11. Ларина Д.А., Лаврова А.Ю. Изменения нормативных требований к конструированию дорожных одежд нежесткого типа для обеспечения безопасного движения транспортных средств // Проблемы безопасности транспорта в современных условиях развития общества. – 2020. – С. 60-62.
12. Вдовин Е.А., Строганов В.Ф., Коновалов Н.В. и др. Анализ возможностей модификации и выбор рациональных методов и технологий укрепления грунтов активированными наполнителями для дорожных одежд // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2018. – №4(46). – С. 274-282.
13. Смирнова Ю.В., Булдаков С.И. Применение укрепления грунтов в основаниях дорожных одежд автомобильных дорог // Материалы XV Всероссийской научно-технической конференции. – УГЛТУ, 2019. – С. 227-230.
14. Братусь А.С., Иванова А.П. Локальные решения уравнения Гамильтона-Якоби-Беллмана и их применение к задаче оптимального управления колебаниями упругих распределенных систем // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. – 2004. – №2. – С. 34-42.
15. Сигал И.Х., Иванова А.П. Введение в прикладное дискретное программирование. Модели и вычислительные алгоритмы. – Москва: Физматлит, 2007. – 304 с.
16. Сондырева А.Ю., Кузьмин Д.В. Перспективы развития интеллектуальных транспортных систем на Московском метрополитене // Интернаука. – 2021. – №10-1(186). – С. 9-12.
17. Хабибуллина И.Н., Бешенов М.Е., Гелеверя Т.И. Использование укрепленных грунтов для устройства противопучинистых слоев на автомобильных дорогах // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2011. – №2(16). – С. 257-261.
18. Буланов П.Е., Асанбаев Р.Б., Хайруллин И.И. и др. К вопросу о применении цементогрунта в дорожном строительстве // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2016. – № 3(37). – С. 244-249.
19. Безродных А.А., Дмитриева Т.В., Беляев А.В., Куцына Н.П. Опыт укрепления грунтов в дорожном строительстве // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. – 2019. – №11. – С. 164-168.
20. Траутвайн А.И., Акимов А.Е. Анализ эффективности использования добавки комплексного действия при укреплении песчаных и крупнообломочных грунтов // Дороги и мосты. – 2022. – №1(47). – С. 307-324.

**Моисеева Наталья Михайловна**

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

**Жилин Игорь Викторович**

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

N.M. MOISEEVA, I.V. ZHILIN

## INFORMATION SECURITY OF CAR SERVICE INDUSTRY ENTERPRISES

*Abstract. The methodology and means of planning and organizing the transportation of solid municipal waste generated in the process of life of the city's population are considered. The basic principles and special approaches of the study of the subject area under consideration are substantiated and used. The problems of forecasting waste accumulation are considered and solved. Special*

*software tools have been developed using the developed algorithms for the formation of route tasks for individual cars.*

**Keywords:** *road freight transportation, solid municipal waste, forecasting, software tools, transportation optimization*

## BIBLIOGRAPHY

1. Lebedeva I.M., Fedorova A.Yu. Makroekonomicheskoe planirovanie i prognozirovanie / pod red. A.Yu. Fedorovoy. - SPb: Universitet ITMO, 2016. - 54 s.
2. Terekhov L.L. Proizvodstvennye funktsii. - M.: Statistika, 1974. - 129 s.
3. Belykh T.I. Primenenie proizvodstvennykh funktsiy v prognozirovanii
4. Burdukovskaya A.V. // Baikal Research Journal. - 2015. - T. 6. - №4.
5. Timkova A.Yu., Shorokhova L.S., Efimov R.A. Rol' tsifrovoy transformatsii v perevozhnom protses-se // Vestnik transporta Povolzh'ya. - 2022. - №5(95). - S. 91-94.
6. Timkova A.Yu., Shorokhova L.S., Efimov R.A. Potentsial rynka logisticheskikh uslug: problemy i perspektivy razvitiya // Slavyanskiy forum. - 2021. - №3(33). - S. 156-161.
7. Kuz'min D.V., Baginova V.V., Krasnobaev D.A., Musatov D.V. Razrabotka imitatsionnoy diskretno-sobytiynoy modeli transportnoy infrastruktury s ispol'zovaniem instrumentov optimizatsii // T-Comm: Telekomunikatsii i transport. - 2023. - T. 17. - №2. - S. 42-48. - DOI 10.36724/2072-8735-2023-17-2-42-48.
8. Kopylova E.V., Tumanov M.A. Metodicheskie podkhody k otsenke vliyaniya trebovaniy passazhirov k kachestvu transportnogo obsluzhivaniya na tekhnologiyu raboty zheleznodorozhnogo transporta // Transportnoe delo Rossii. - 2018. - №4. - S. 178-181.
9. Pankratova K.M., Kashirskiy D.Yu., Ul'rikh S.A. Obespechenie bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya za schet kachestva dorozhnogo pokrytiya // Organizatsiya i bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya: Materialy X mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 85-letiyu so dnya rozhdeniya d.t.n., professora L.G. Reznika. - V 2 tomakh. - Tom 1. - Tyumen': Tyumenskiy industrial'nyy universitet, 2017. - S. 116-120.
10. Tumashik I.I., Yarmolik S.V. Povyshenie prochnosti i snizhenie stoimosti dorozhnykh odezhd lesnykh dorog iz mestnykh gruntov // Trudy BGTU. - №2. Lesnaya i derevoobrabatyvayushchaya promyshlennost'. - 2016. - №2(184). - S. 96-98.
11. Larina D.A., Lavrova A.Yu. Izmeneniya normativnykh trebovaniy k konstruirovaniyu dorozhnykh odezhd nezhestkogo tipa dlya obespecheniya bezopasnogo dvizheniya transportnykh sredstv // Problemy bezopasnosti transporta v sovremennykh usloviyakh razvitiya obshchestva. - 2020. - S. 60-62.
12. Vdovin E.A., Stroganov V.F., Konovalov N.V. i dr. Analiz vozmozhnostey modifikatsii i vybor ratsional'nykh metodov i tekhnologiy ukrepleniya gruntov aktivirovannymi napolnitelyami dlya dorozhnykh odezhd // Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. - 2018. - №4(46). - S. 274-282.
13. Smirnova Yu.V., Buldakov S.I. Primenenie ukrepleniya gruntov v osnovaniyakh dorozhnykh odezhd avtomobil'nykh dorog // Materialy XV Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. - UGLTU, 2019. - S. 227-230.
14. Bratus' A.S., Ivanova A.P. Lokal'nye resheniya uravneniya Gamil'tona-Yakobi-Bellmana i ikh primenenie k zadache optimal'nogo upravleniya kolebaniyami uprugikh raspredelennykh sistem // Izvestiya Rossiyskoy akademii nauk. Teoriya i sistemy upravleniya. - 2004. - №2. - S. 34-42.
15. Sigal I.H., Ivanova A.P. Vvedenie v prikladnoe diskretnoe programmirovaniye. Modeli i vychislitel'nye algoritmy. - Moskva: Fizmatlit, 2007. - 304 s.
16. Sondyreva A.Yu., Kuz'min D.V. Perspektivy razvitiya intellektual'nykh transportnykh sistem na Moskovskom metropolitene // Internauka. - 2021. - №10-1(186). - S. 9-12.
17. Habibullina I.N., Beshenov M.E., Geleverya T.I. Ispol'zovanie ukreplennykh gruntov dlya ustroystva protivopuchinistyykh sloev na avtomobil'nykh dorogakh // Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. - 2011. - №2(16). - S. 257-261.
18. Bulanov P.E., Asanbaev R.B., Hayrullin I.I. i dr. K voprosu o primeneni tsementogrunta v dorozhnom stroitel'stve // Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. - 2016. - № 3(37). - S. 244-249.
19. Bezrodnykh A.A., Dmitrieva T.V., Belyaev A.V., Kutsyna N.P. Opyt ukrepleniya gruntov v dorozhnom stroitel'stve // Resursoenergoeffektivnye tekhnologii v stroitel'nom komplekse regiona. - 2019. - №11. - S. 164-168.
20. Trautvain A.I., Akimov A.E. Analiz effektivnosti ispol'zovaniya dobavki kompleksnogo deystviya pri ukrepleni peschanykh i krupnooblomochnykh gruntov // Dorogi i mosty. - 2022. - №1(47). - S. 307-324.

**Moiseeva Natalia Mikhailovna**

Lipetsk State Technical University

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

Candidate of technical sciences

E-mail: moiseeva\_nm@stu.lipetsk.ru

**Zhilin Igor Victorovich**

Lipetsk State Technical University

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

Candidate of technical sciences

E-mail: zhilin\_iv@stu.lipetsk.ru

Научная статья

УДК 656.11

doi:10.33979/2073-7432-2023-3-5(82)-49-57

В.Н. БАСКОВ, Е.И. ИСАЕВА

## ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ УДС НА ФОРМИРОВАНИЕ МЕСТ КОНЦЕНТРАЦИИ ДТП

***Аннотация.** При рассмотрении мест концентрации дорожно-транспортных происшествий необходимо определить основные факторы, влияющие на их образование. Эти факторы делятся на четыре основные категории, которые образуют систему «Водитель, автомобиль, дорога, среда». Основой для анализа и сокращения количества очагов аварийности на дорогах является выявление причин возникновения ДТП. Проведен анализ факторов, влияющих на возникновения мест концентрации ДТП. Проанализированы основные причины образования мест концентрации ДТП в городе Саратове и Саратовской области. Рассмотрены зависимости между параметрами УДС и количеством возникающих ДТП при этом.*

***Ключевые слова:** дорожно-транспортные происшествия, места концентрации ДТП, транспортная сеть, безопасность дорожного движения, параметры УДС, улично-дорожная сеть, причины ДТП*

### **Введение**

Трудовая и культурная деятельность населения всегда связана с использованием транспорта. Плотность населения и разветвленность УДС взаимосвязаны и оказывают влияние на безопасность жизнедеятельности в целом. Основные транспортные узлы Саратовской области формируются на основе связи между центрами развитых территорий и центрами жилой застройки населенных пунктов (рис. 3).

Для выработки стратегии управления влиянием АТС на безопасность среды обитания человека необходимо иметь информацию о количественном и качественном влиянии различных факторов на возникновение опасных ситуаций.

Наиболее часто опасные ситуации формируются системой В-А-Д-С (водитель-автомобиль-дорога-среда). Поэтому возникает необходимость более подробно проанализировать функционирование этой системы и дифференцировать влияние составляющих этой системы на возникновение критических ситуаций на дорогах.

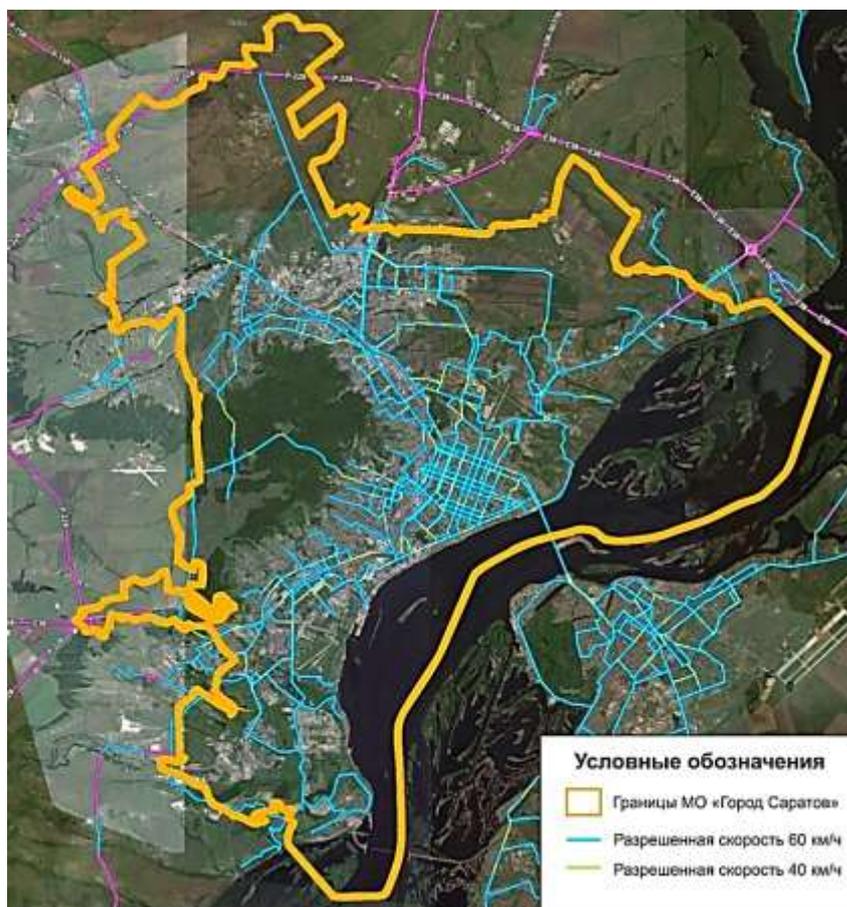
На территории Саратовской области зарегистрировано более 840 000 автотранспортных средств, большее число приходится на легковые автомобили - 81,5 %, на грузовые автомобили - 16 %, на автобусы - 2,5 %.

На балансе МО «Город Саратов» находится 943,6 км автомобильных дорог, которые включают 635,6 км автомобильных дорог с асфальтобетонным покрытием и 308 км грунтовых дорог.

Основными магистралями города являются: ул. Азина, ул. Астраханская, ул. Большая Горная, ул. Рахова, ул. Чапаева, ул. Советская, ул. Рабочая, пр-т 50 лет Октября, ул. А.П. Шехурдина, ул. М. Горького, ул. Радищева, ул. Кутякова, ул. Танкистов, пр-т Энтузиастов, ул. Соколова, ул. Орджоникидзе, Усть-Курдюмское ш., Ново-Астраханское ш. (рис. 1).

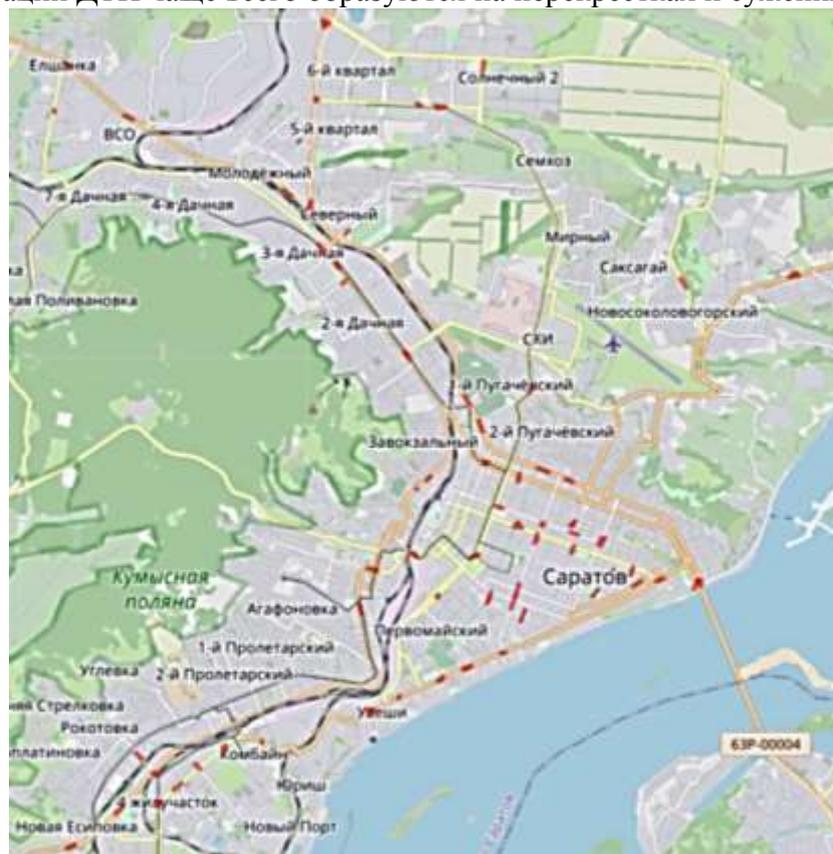
В связи с ростом автомобилизации в Саратовской области (2,5-3 % в год) на улично-дорожной сети (УДС) происходит рост интенсивности и плотности транспортных потоков. Сложившаяся пропускная способность основных магистральных улиц не обеспечивает эффективное и безопасное движения транспортных потоков, что приводит к увеличению количества дорожно-транспортных происшествий (ДТП).

В центральной части города, а также на основных городских магистралях систематически образуются заторовые явления [1-2]. Выявление и устранение мест концентрации ДТП считается важнейшим направлением снижения аварийности и увеличения пропускной способности участков УДС.



*Рисунок 1 – Схема улично-дорожной сети г. Саратова*

Места концентрации ДТП чаще всего образуются на перекрестках и сужениях УДС (рис. 2).



*Рисунок 2 – Основные места концентрации ДТП по Саратовской области*

По рисунку 2 видно, что участки УДС, где располагаются основные места концентрации ДТП совпадают с основными магистралями города и автомобильными дорогами федерального и регионального значения, обеспечивающими транспортные связи.

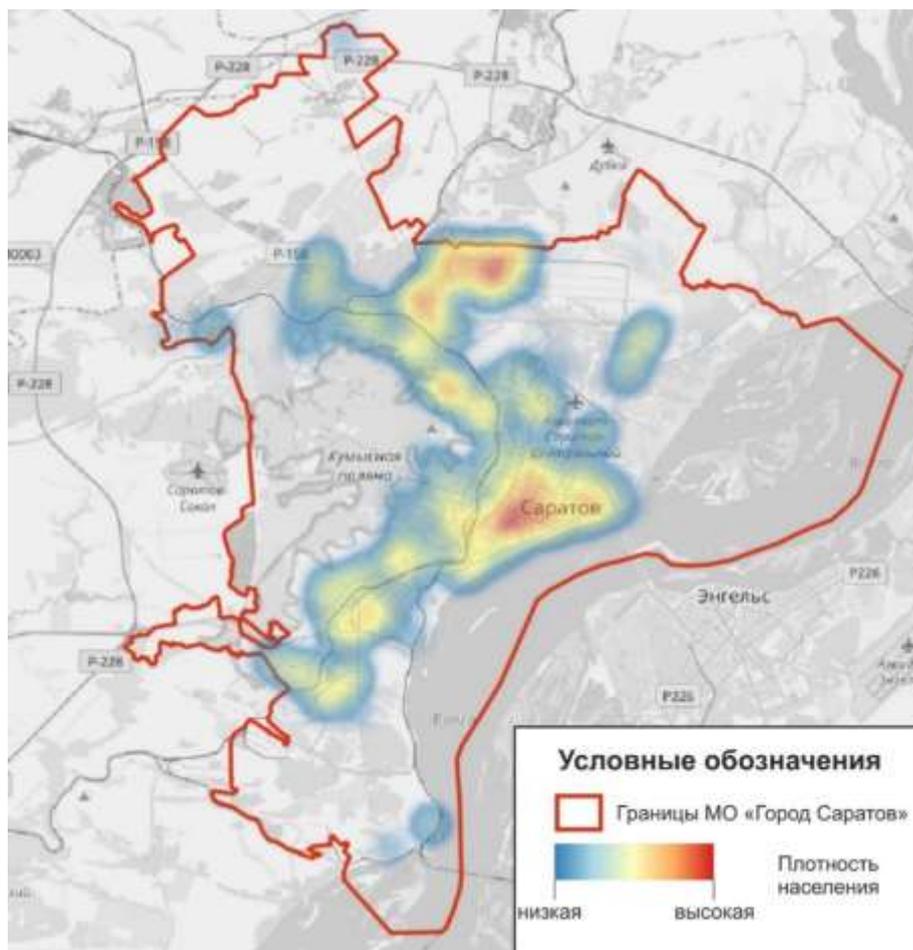


Рисунок 3 – Распределение плотности населения по территории г. Саратова

При рассмотрении мест концентрации ДТП необходимо определить основные факторы, влияющие на их образование. Эти факторы делятся на четыре основные категории, которые образуют систему «водитель-автомобиль-дорога-среда» (В-А-Д-С). Каждый из этих факторов включает в себя различные характеристики, среди которых человеческий фактор является наиболее влиятельным элементом, вызывающим аварии.

Каждая из четырех категорий представляет собой набор элементов: водитель - В (состояние здоровья, опыт вождения и т.д.), автомобиль - А (исправность АТС, наличие активных систем безопасности транспортного средства и т.д.), дорога - D (геометрические параметры дороги, параметры УДС и т.д.), среда - С (погодные условия, время года, условия движения в потоке и т.д.) [4-7].

Основой сокращения очагов аварийности на дорогах является комплексный анализ влияющих факторов и выявление причин аварий.

Для решения этой серьезной проблемы выявление факторов, влияющих на формирование очагов аварий, и определение влияния каждого из этих факторов должны стать основными задачами по повышению безопасности дорожного движения (БДД).

Для этого необходимо найти основные причины наблюдаемых событий или опасностей (антропогенные, природные, управленческие). Более того, в каждом регионе, в зависимости от географических и климатических условий, вес каждого фактора будет меняться.

#### **Материал и методы**

Для анализа причин и условий возникновения ДТП необходимо [8]:

- провести топографический анализ дорожно-транспортных происшествий;
- использовать методы оценки влияния дорожных условий на риск несчастных случаев в соответствии с руководством [9];
- применять метод экспертных оценок в соответствии с рекомендациями [10].

При анализе аварии на участке дороги принимаются во внимание следующие основные факторы аварии:

- наличие пересечения транспортных и пешеходных потоков;
- недостаточная видимость дороги в плане и профиле;
- несоответствие дорожных условий установленной или выбранной скорости;
- возможность неожиданного появления пешеходов, а также транспортных средств с прилегающей территории;
- слияние или пересечение транспортных потоков на перекрестках дорог, переходных полосах скоростного движения и т.д.

Для снижения аварийности в местах концентрации ДТП предполагается использовать следующие методы:

- 1) проведение аудита безопасности дорожного движения на региональных дорогах, выявление наиболее опасных зон концентрации аварий. На основе проведенного аудита разработана программа мероприятий по уменьшению очагов аварий;
- 2) реализация мер по снижению аварийности в выявленных районах;
- 3) проверка участков дорог, по которым проходят регулярные автобусные маршруты, на предмет соблюдения правил безопасности дорожного движения;
- 4) реализация долгосрочных целевых программ по повышению безопасности дорожного движения и снижению концентрации аварийности на муниципальной дорожной сети.

#### ***Теория / Расчет***

Места концентрации аварий на автомобильных дорогах обычно возникают в районах, где меняются условия и режимы движения транспортных средств.

Количество и протяженность таких мест не превышает 5 % от всей дорожной сети, но на них происходит до 40 % аварий [11].

Показатели скорости транспортного потока оказывают наибольшее влияние на возникновение аварий. Характер зависимостей показателей транспортного потока от геометрических показателей дороги можно описать моделью «уровней удобства движения», разработанной Сильяновым В.В., в которой обосновывается влияние геометрических параметров дороги на показатели транспортного потока [12-17].

Зависимость модальных значений скорости движения транспортного потока от радиуса кривой в плане определяется [12, 13]:

$$V(R) = 78 [1 - \exp(-0,0159 R)], \quad (1)$$

где  $V$  – скорость движения ТП, м/с;

$R$  – радиус кривой в плане, м.

Заметное влияние на скорость движение, а соответственно и на возникновение ДТП, оказывает ширина проезжей части  $B$ . При этом используется следующее корреляционное уравнение для мгновенной скорости движения при  $5 < B < 13$  м [12, 13]:

$$V(B) = 58 + 1,58 B. \quad (2)$$

Существенное изменение скорости движения наблюдается на участках подъемов. Значение установившейся скорости движения, характерной для определенного уклона, определяют по формуле [12, 13]:

$$V(\alpha) = V_0 / (1 + \alpha i), \quad (3)$$

где  $V_0$  – начальная скорость движения при въезде на подъем, км/ч;

$\alpha$  – эмпирический коэффициент;

$i$  – продольный уклон, отн. ед.

На основе вероятностного метода, разработанного профессором В.В. Столяровым для расчета рисков в области дорожного строительства, предложена модель оценки вероятности возникновения ДТП в зависимости от параметров УДС [13, 18]:

$$r = 0,5 - \Phi \left( \frac{|A_{кр} - A_{ф}|}{\sqrt{\sigma_{A_{кр}}^2 + \sigma_{A_{ф}}^2}} \right), \quad (4)$$

где  $A_{ф}$  - среднее значение расчетной или фактической величины параметра УДС, приведшего к ДТП;

$A_{кр}$  - среднее значение предельной (критической) величины параметра УДС, при котором вероятность возникновения ДТП будет равна 50 %;

$\sigma_{A_{ф}}$  и  $\sigma_{A_{кр}}$  - среднеквадратические отклонения критической и фактической величины параметра УДС.

В качестве примера можно рассмотреть влияние параметров УДС на вероятность возникновения аварийной ситуации [11, 17].

#### 1. Радиус кривой в плане.

Водители, движущиеся по прямым участкам из-за монотонности дорожного движения, подвержены усталости и снижению внимания, а следовательно, увеличению времени реакции водителя и адаптации. Около 80 % аварий было сосредоточено на прямых участках протяженностью 10-12 км. Относительное количество дорожно-транспортных происшествий на 1 км в год тем выше, чем длиннее прямой участок дороги. В то же время, в зависимости от радиуса кривой в плане, риск аварии связан с потерей боковой устойчивости (рис. 4).

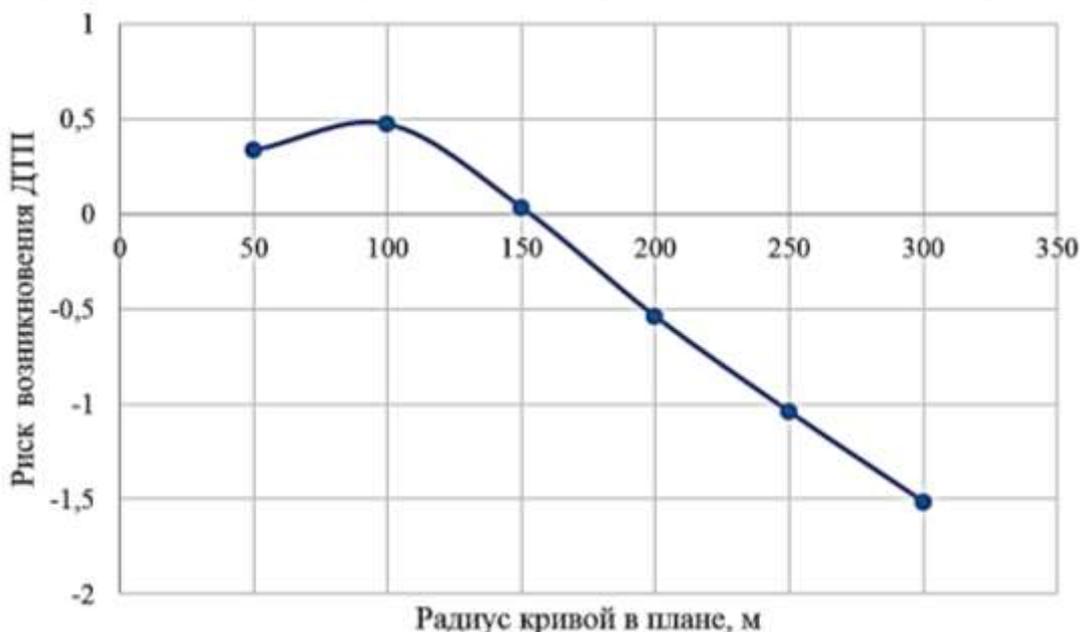


Рисунок 4 – Зависимость риска возникновения ДТП от радиуса кривой в плане

#### 2. Продольные уклоны в плане.

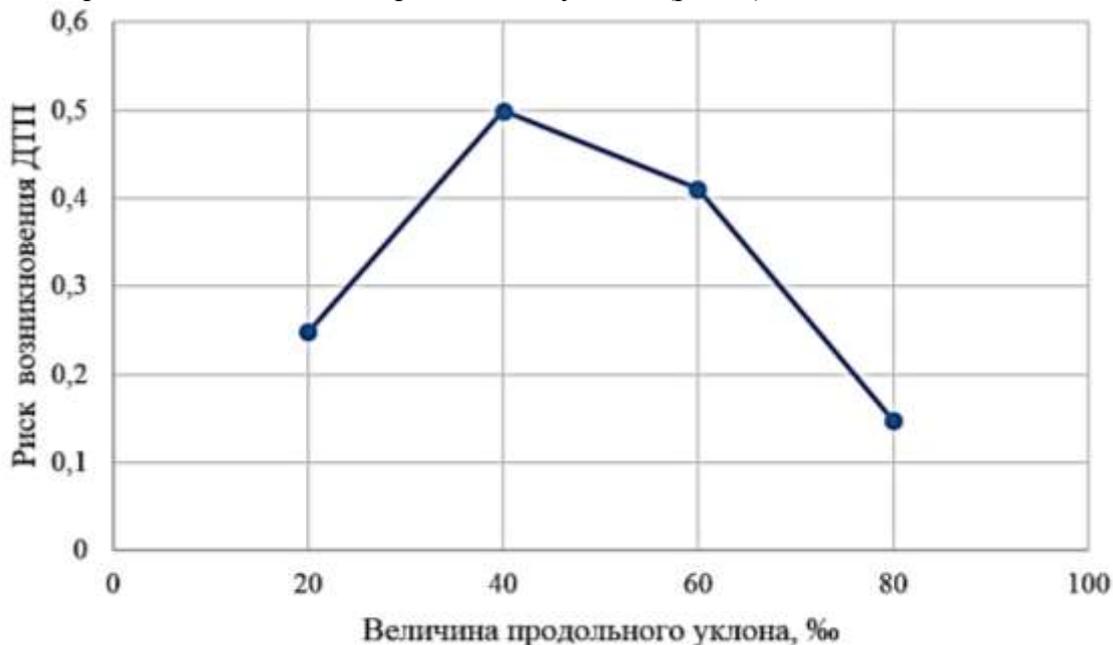
Крутые подъемы и спуски приводят к следующим видам несчастных случаев:

- столкновения транспортных средств при спуске и обгоне на подъеме (24 % аварий на участках дорог с большими продольными уклонами);
- съезд с дороги из-за неисправности транспортного средства и/или неправильно выбранной скорости на спуске (40 %);
- столкновение автомобиля, идущего в гору, со встречным автомобилем при обгоне, которые значительно снижают скорость на подъеме, или объезде (18 %).

Количество несчастных случаев на спуске в 1,5-3 раза больше, чем на подъеме, и эта разница возникает даже при небольших продольных уклонах. Это связано с увеличением длины тормозного пути на спусках, когда необходимо экстренное торможение, и случаями неисправности тормозной системы АТС (40 % аварий вызваны неисправностями транспорт-

ного средства). На длинных спусках с большим продольным уклоном их количество еще выше. На крутых склонах аварии чаще всего происходят на вершинах и сразу за ними, а также у подножия, где транспортные средства развивают высокую скорость.

Влияние продольных уклонов на риск несчастных случаев наглядно показывает увеличение количества аварий с увеличением крутизны продольных склонов до тех пор, пока не изменится критическое значение продольного уклона (рис. 5).



*Рисунок 5 – Зависимость риска возникновения ДТП от величины продольного уклона*

### 3. Влияние ширины проезжей части.

Расстояния между автомобилями и от колеса до края полосы движения, необходимые для безопасных маневров автомобилей, зависят от скорости их движения. В то же время относительное количество аварий увеличивается по мере уменьшения ширины проезжей части до определенного значения. При узкой проезжей части эти расстояния требуют снижения скорости, что приводит к более точным и безопасным маневрам (рис. 6). При достаточно большой ширине проезжей части у водителей есть пространство для маневра, как на низких скоростях, так и на максимально допустимых на определенном участке дороги.

Использование водителями ширины проезжей части на дорогах с двумя полосами движения во многом зависит от состояния и ширины обочин.

В зависимости от времени года и погодных условий ширина используемой проезжей части уменьшается. Это связано с грунтовыми обочинами в осенне-зимний период года, снежными каемками по обочинам дорог и т.д. Водители стараются не приближаться к краю тротуара.

### 4. Влияние расстояния видимости.

Видимость дороги перед автомобилем на расстоянии, необходимом водителю для принятия решения (остановка перед препятствием, снижение скорости для дальнейшего объезда препятствия), является одним из важнейших показателей безопасности дорожного движения и предполагает установку средней скорости на участке дороги. При этом здесь предполагаются экстренные действия водителя в случае возникновения сложной дорожной ситуации с учетом недостаточной видимости для безопасного выполнения маневра. Основными видами аварий в условиях плохой видимости являются: столкновения при обгоне на криволинейных участках дорог. Особенно опасны такие участки с недостаточной видимостью на высоких скоростях.

Данные зарубежных и российских исследований доказывают, что влияние дальности видимости в плане на количество аварий меньше, чем видимость в продольном профиле.

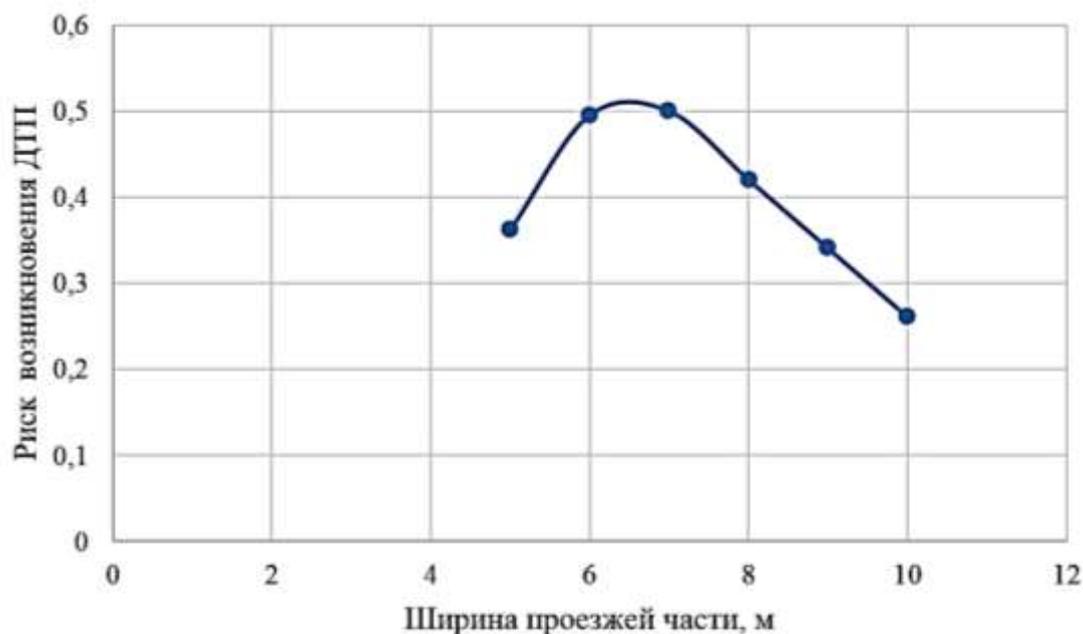


Рисунок 6 – Зависимость относительного количества ДТП от ширины проезжей части

### Результаты и обсуждение

Дорожно-транспортные происшествия лишь в редких случаях могут быть вызваны одной-единственной причиной. Обычно они являются результатом влияния многих факторов. Между тем, при анализе статистических данных обычно указывается только одна причина. Непосредственная роль дорожных условий в возникновении дорожно-транспортных происшествий, согласно официальной статистике, невелика. Они объясняют от 2 до 20 % от общего числа несчастных случаев в разных странах. Но это статистика европейских стран, где дороги отвечают всем самым строгим требованиям безопасности. Статистика дорожно-транспортных происшествий в Российской Федерации показывает, что состояние дорог является причиной примерно каждого пятого несчастного случая [18-20].

К несчастным случаям, вызванным неблагоприятными дорожными условиями, относятся аварии, связанные с техническими неисправностями дорог или дорожных сооружений: плохим состоянием обочин и мостов (10-12 %), неровностями дорожного покрытия (25 %) или низкими характеристиками сцепления дорожного покрытия с колесами автомобилей (40 %).

### Выводы

Недооценка роли влияния дорог на вероятность ДТП негативно сказывается на разработке и внедрении мер по устранению мест концентрации аварий, которые становятся сопутствующей причиной, усугубляющей ошибки водителей. В то же время нарушается оптимальное функционирование всей системы В-А-Д-С, что приводит к значительному увеличению аварийности на дорогах.

При проведении детального анализа с осмотром мест аварий и учетом специфических особенностей их возникновения выяснилось, что дорожные условия являются прямой или косвенной причиной 60-75 % аварий. Таким образом, глубокое изучение влияния дорожных условий на безопасность дорожного движения позволяет разрабатывать цифровые дороги с использованием интеллектуальных систем контроля и управления дорожным движением.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кущенко Л.Е. Повышение эффективности организации движения в городе на основе минимизации заторов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Орел, 2016. – 22 с.
2. Басков В.Н., Игнатов А.В. Категорирование участков улично-дорожной сети на основе модели риска возникновения затора // 2015. – №8. – С. 384-387.
3. Игнатов А.В. Оценка вероятности возникновения транспортного затора на регулируемом пересечении с использованием теории риска // Развитие дорожно-транспортного и строительного комплексов и освоение стратегически важных территорий Сибири и Арктики: вклад науки: Сборник научных трудов № 7 кафедры

«Организация перевозок и управление на транспорте». – Омск: ФГБОУ ВПО «Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)». – 2014. – С. 64-71.

4. Безопасность автотранспортных средств: Учебник для вузов / В.В. Ломакин, Ю.Ю. Покровский, И.С. Степанов, О.Г. Гоманчук / Под общ. ред. В.В. Ломакина. – М.: МГТУ «МАМИ», 2011. – 299 с.

5. Васильев А.П. Эксплуатация автомобильных дорог: учебник для студентов высших учебных заведений. – В 2 т. – Т.1. – М.: Издательский дом «Академия», 2010. – 320 с.

6. Ротенберг Р.В. Основы надежности системы водитель–автомобиль–дорога–среда. – М.: Машиностроение, 1986. – 216 с.

7. Воеводин Е.С., Фомин Е.В., Пульянова К.В., Асхабов А.М., Кашура А.С., Голуб Н.В. Определение оптимальных параметров элементов системы «водитель – автомобиль – дорога – среда» // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2018. – Т. 22. – №5. – С. 240-250.

8. ОДМ 218.6.025-2017 Методические рекомендации по выбору эффективных некапиталоемких мероприятий по снижению аварийности в местах концентрации ДТП.

9. ОДМ 218.4.004-2009 Руководство по устранению и профилактике возникновения участков концентрации ДТП при эксплуатации автомобильных дорог.

10. ОДМ 218.6.027-2017 Рекомендации по проведению аудита безопасности дорожного движения при проектировании, строительстве и эксплуатации автомобильных дорог. Рекомендованы к применению распоряжением Росавтодора от 31.08.2017 № 2364-р.

11. Веселов В.Н. Влияние технического уровня и эксплуатационного состояния автомобильных дорог на уровень аварийности // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2012. – №1(53). – С. 21-26.

12. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц: учебник для студентов высших учебных заведений / В.В. Сильянов, Э.Р. Домке, В.В. Сильянов, Э.Р. Домке. – 3-е изд., стер. – Москва: Академия, 2009.

13. Исаева Е.И. Повышение эффективности использования автомобилей с учетом вероятности возникновения транспортных заторов: дис. ... канд. техн. наук. – Орел, 2017. – 174 с.

14. Ignatov A., Baskov V., Abyazov T. et al. Algorithm for optimizing urban routes in traffic congestion // Lecture Notes in Networks and Systems. – 2021. – Vol. 157. – P. 23-38. – DOI 10.1007/978-3-030-64430-7\_3.

15. Официальный сайт Федерального дорожного агентства Росавтодор [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://rosavtodor.gov.ru/>.

16. Данные статистики. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/>.

17. Данные статистики. Официальный сайт УГИБДД ГУ МВД России по г. Саратов [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://гибдд.рф>.

18. Столяров В.В. Дорожные условия и организация движения с использованием теории риска: учеб. пособие. – Саратов: СГТУ, 1999. – 168 с.

19. Игнатов А.В., Басков В.В. Анализ и визуализация данных о ДТП с использованием RFID - технологий // Совершенствование автотранспортных систем и сервисных технологий: Сборник научных трудов по материалам XIV Международной научно-технической конференции, посвященной 95-летию юбилею доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки и техники РФ Авдоськина Фёдора Николаевича. – Саратов: Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А. - 2018. – С. 249-255.

20. Baskov V.N., Ignatov A.V. Use of Modern Electronic Devices for Inspection and Management of Traffic Flow // 2018 International Conference on Actual Problems of Electron Devices Engineering. – Saratov: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. - 2018. – P. 317-322. – DOI 10.1109/APEDE.2018.8542429.

**Басков Владимир Николаевич**

Саратовский государственный технический университет им. Ю. А. Гагарина

Адрес: 410054, Россия, г. Саратов, ул. Политехническая, 77

Д.т.н., профессор кафедры «Организация перевозок, безопасность движения и сервис автомобилей»

Email: [baskov@sstu.ru](mailto:baskov@sstu.ru)

**Исаева Екатерина Игоревна**

Саратовский государственный технический университет им. Ю. А. Гагарина

Адрес: 410054, Россия, г. Саратов, ул. Политехническая, 77

К.т.н., доцент кафедры «Организация перевозок, безопасность движения и сервис автомобилей»

Email: [katherina3@mail.ru](mailto:katherina3@mail.ru)

---

V.N. BASKOV, E.I. ISAEVA

**INFLUENCE OF UDS PARAMETERS ON THE FORMATION  
OF ACCIDENT CONCENTRATION SITES**

**Abstract.** When considering the places of concentration of road accidents, it is possible to determine the main factors affecting their formation. These factors are divided into four main categories, which form the system «Driver, car, road, environment». The basis for the analysis and reduction of accidents on the roads is to identify the causes of accidents. The analysis of the factors influencing the occurrence of places of concentration of accidents is carried out. The main reasons for the formation of places of concentration of accidents in the city of Saratov and the Saratov region are analyzed. The dependences between the parameters of the UDS and the occurrence of an accident are considered.

**Keywords:** traffic accidents, places of concentration of accidents, transport network, road safety, UDS parameters, road network, causes of accidents

## BIBLIOGRAPHY

1. Kushchenko L.E. Povyshenie effektivnosti organizatsii dvizheniya v gorode na osnove minimizatsii zatorov: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. - Orel, 2016. - 22 s.
2. Baskov V.N., Ignatov A.V. Kategorirovanie uchastkov ulichno-dorozhnoy seti na osnove modeli riska voznikoveniya zatora // 2015. - №8. - S. 384-387.
3. Ignatov A.V. Otsenka veroyatnosti voznikoveniya transportnogo zatora na reguliruemom peresechenii s ispol'zovaniem teorii riska // Razvitie dorozhno-transportnogo i stroitel'nogo kompleksov i osvoenie strategicheskikh territoriy Sibiri i Arktiki: vklad nauki: Sbornik nauchnykh trudov № 7 kafedry «Organizatsiya perevozok i upravlenie na transporte». - Omsk: FGBOU VPO «Sibirskaya gosudarstvennaya avtomobil'no-dorozhnaya akademiya (SibADI)». - 2014. - S. 64-71.
4. Bezopasnost' avtotransportnykh sredstv: Uchebnik dlya vuzov / V.V. Lomakin, Yu.Yu. Pokrovskiy, I.S. Stepanov, O.G. Gomanchuk / Pod obshch. red. V.V. Lomakina. - M: MGТУ «MAMI», 2011. - 299 s.
5. Vasil'ev A.P. Eksploatatsiya avtomobil'nykh dorog: uchebnik dlya studentov vysshikh uchebnykh zavedeniy. - V 2 t. - T.1. - M.: Izdatel'skiy dom «Akademiya», 2010. - 320 s.
6. Rotenberg R.V. Osnovy nadezhnosti sistemy voditel'-avtomobil'-doroga-sreda. - M.: Mashinostroenie, 1986. - 216 s.
7. Voevodin E.S., Fomin E.V., Pul'yanova K.V., Askhabov A.M., Kashura A.S., Golub N.V. Opredelenie optimal'nykh parametrov elementov sistemy «voditel' - avtomobil' - doroga – sreda» // Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. - 2018. - T. 22. - №5. - S. 240-250.
8. ODM 218.6.025-2017 Metodicheskie rekomendatsii po vyboru effektivnykh nekapitaloemkikh meropriyatiy po snizheniyu avariynosti v mestakh kontsentratsii DTP.
9. ODM 218.4.004-2009 Rukovodstvo po ustraneniyu i profilaktike voznikoveniya uchastkov kontsentratsii DTP pri eksploatatsii avtomobil'nykh dorog.
10. ODM 218.6.027-2017 Rekomendatsii po provedeniyu audita bezopasnosti dorozhnoy dvizheniya pri proektirovanii, stroitel'stve i eksploatatsii avtomobil'nykh dorog. Rekomendovany k primeneniyu rasporyazheniem Rosavtodora ot 31.08.2017 № 2364-r.
11. Veselov V.N. Vliyanie tekhnicheskogo urovnya i eksploatatsionnogo sostoyaniya avtomobil'nykh dorog na uroven' avariynosti // Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. - 2012. - №1(53). - S. 21-26.
12. Transportno-eksploatatsionnye kachestva avtomobil'nykh dorog i gorodskikh ulits: uchebnik dlya studentov vysshikh uchebnykh zavedeniy / V.V. Sil'yanov, E.R. Domke, V.V. Sil'yanov, E.R. Domke. - 3-e izd., ster. - Moskva: Akademiya, 2009.
13. Isaeva E.I. Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya avtomobiley s uchedom veroyatnosti voznikoveniya transportnykh zatorov: dis. ... kand. tekhn. nauk. - Orel, 2017. - 174 s.
14. Ignatov A., Baskov V., Ablyazov T. et al. Algorithm for optimizing urban routes in traffic congestion // Lecture Notes in Networks and Systems. - 2021. - Vol. 157. - P. 23-38. - DOI 10.1007/978-3-030-64430-7\_3.
15. Ofitsial'nyy sayt Federal'nogo dorozhnoy agentstva Rosavtodor [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://rosavtodor.gov.ru/>.
16. Dannye statistiki. Ofitsial'nyy sayt Federal'noy sluzhby gosudarstvennoy statistiki [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://rosstat.gov.ru/>.
17. Dannye statistiki. Ofitsial'nyy sayt UGIBDD GU MVD Rossii po g. Saratov [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <http://gibdd.rf>.
18. Stolyarov V.V. Dorozhnye usloviya i organizatsiya dvizheniya s ispol'zovaniem teorii riska: ucheb. posobie. - Saratov: SGTU, 1999. - 168 s.
19. Ignatov A.V., Baskov V.V. Analiz i vizualizatsiya dannykh o DTP s ispol'zovaniem RFID - tekhnologiy // Sovershenstvovanie avtotransportnykh sistem i servisnykh tekhnologiy: Sbornik nauchnykh trudov po materialam XIV Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, posvyashchennoy 95-letnemu yubileyu doktora tekhnicheskikh nauk, professora, nauczennogo deyatelya nauki i tekhniki RF Avdon'kina Fiodora Nikolaevicha. - Saratov: Saratovskiy gosudarstvennyy tekhnicheskiy universitet imeni Gagarina Yu.A. - 2018. - S. 249-255.
20. Baskov V.N., Ignatov A.V. Use of Modern Electronic Devices for Inspection and Management of Traffic Flow // 2018 International Conference on Actual Problems of Electron Devices Engineering. - Saratov: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. - 2018. - P. 317-322. - DOI 10.1109/APEDE.2018.8542429.

**Baskov Vladimir Nikolaevich**  
Saratov State Technical University  
Address: 410054, Russia, Saratov, Polytechnic str., 77  
Doctor of technical sciences  
Email: [baskov@sstu.ru](mailto:baskov@sstu.ru)

**Isaeva Ekaterina Igorevna**  
Saratov State Technical University  
Address: 410054, Russia, Saratov, Polytechnic str., 77  
Candidate of technical sciences  
Email: [katherina3@mail.ru](mailto:katherina3@mail.ru)

Научная статья

УДК 656.13

doi:10.33979/2073-7432-2023-3-5(82)-58-66

Е.В. ПЕЧАТНОВА, А.Т. БАЛТОВАЕВА, С.Н. ПАВЛОВ, К.С. НЕЧАЕВ

## КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ДТП С УЧАСТИЕМ НЕСОВЕРШЕННОЛЕТНИХ

*Аннотация.* В статье приведены результаты общего топографического анализа ДТП с участием несовершеннолетних (до 16 лет) на примере г. Барнаула с выявлением потенциально-опасных участков, результаты топографического анализа ДТП в зависимости от сезона года, а также результаты двухмерного анализа факторов ДТП. Полученные выводы могут использоваться для разработки эффективных профилактических мероприятий по борьбе с детским дорожно-транспортным травматизмом и рациональной работы Госавтоинспекции.

*Ключевые слова:* топографический анализ, двухмерный анализ, факторы аварийности, детский дорожно-транспортный травматизм, ДТП с участием несовершеннолетних

### **Введение**

Вопросы снижения детского дорожно-транспортного травматизма (ДДТТ) представляют собой актуальную государственную задачу, широко обсуждаемую общественностью [1-4]. Выделенная проблема является достаточно распространённой на территории всех регионов и городов РФ [5]. Согласно официальным сведениям [6], за 2022 год произошло 15854 ДТП с участием несовершеннолетних в возрасте до 16 лет, в которых пострадало 17346 человека и погибло 547 человек. Относительно 2021 года по показателям количество ДТП и пострадавших отмечен рост, по количеству погибших отмечено незначительное снижение (менее чем на 2 %), что свидетельствует об устойчивости проблемы. Таким образом, выбранной теме стоит уделять повышенное внимание для того, что к минимуму снизить возможные потери от ДТП с участием несовершеннолетних.

Исследование ДДТТ в качестве отдельной проблемы в сфере обеспечения безопасности дорожного движения обосновано тем, что причины таких ДТП отличаются от других. Так например, значительно отличаются причины ошибочного поведения детей и несовершеннолетних на дорогах, которые обычно являются следствием недостатка знаний, отсутствия жизненного опыта, психологических особенностей возраста [7]. Кроме того, в ряде ДТП имеет место такая причина как ограниченная видимость водителем ребенка, связанная с его ростом.

Рядом исследователей анализируются различные аспекты изучения причин, факторов и способов снижения ДДТТ. Различные способы повышения детской безопасности на дорогах рассмотрены в работах [8-12]. Статистический анализ данных о ДТП с участием несовершеннолетних представлен во многих работах, в том числе [13-15]. При этом только отдельные работы посвящены анализу конкретных факторов ДДТТ. Результаты регрессионного моделирования количества ДТП с участием несовершеннолетних представлены в исследовании [16] Результаты анализа причин ДДТТ с участием детей-пассажира описаны в [17].

Целью работы является выявление основных факторов ДДТТ на основе пространственного и частотного анализа.

### **Материал и методы**

Исследование проведено на основе данных о ДТП с участием несовершеннолетних в возрасте до 16 лет, которые произошли на территории г. Барнаула в период с 2021 по 2022 год. Всего проанализировано 232 ДТП.

На первом этапе работы обрабатывались карточки ДТП, которые получены с официального сайта ГИБДД [7], необходимые параметры ДТП вносились в единую базу данных в табличном виде. В качестве основных параметров ДТП выбраны следующие: дата, время, место (адрес), вид ДТП, количество погибших, количество раненых, степень тяжести ранений водителя, степень тяжести ранения ребенка, объекты УДС на месте ДТП, объекты УДС вблизи места ДТП, состояние проезжей части, недостатки УДС, состояние погоды, нарушение ПДД водителем, нарушение

ПДД ребенком, пол водителя, пол ребенка, стаж вождения водителя, марка транспортного средства, неисправность транспортного средства. На основе даты определены день недели, время года. Таким образом выделены и внесены в анализируемую таблицу 21 основной параметр (факторов) для каждого ДТП. Каждый из факторов характеризовался набором показателей, например фактор время года включает в себя такие показатели как: весна, лето, осень, зима.

Далее проведен топографический анализ. Для оценки и выявления мест концентрации ДТП с участием несовершеннолетних на территории города Барнаула в представленной работе был выбран один из видов топографического анализа – составление карты ДТП, который был проведен с помощью специализированной программы QGIS, которая позволяет не только территориально распределять случившиеся ДТП, но и вносить неограниченное количество признаков (параметров), характеризующие ту или иную аварию.

На заключительном этапе исследования проведен двухмерный анализ с использованием программы Statistica. В качестве факторов рассмотрены основные параметры ДТП (за исключением адреса ДТП).

### ***Теория***

Топографический анализ ДТП представляет собой неотъемлемый элемент комплексного обследования аварийности и включает в себя нанесение мест ДТП на карту территории. Проведение подобного исследования позволяет выявить аварийно-опасные участки, произвести классификацию «очагов» аварийности и их анализ, а также разработать комплекс мероприятий по снижению детского дорожно-транспортного травматизма на выделенных зонах [2].

В связи с тем, что в работе исследуется определенная часть аварийности (ДДТТ), то для выявления наиболее опасных участков при проведении топографического анализа использовалось следующее понятие: «к потенциально-опасному участку относят – участок дороги, улицы, не превышающий 1000 метров вне населенного пункта или 200 метров в населенном пункте, либо пересечение дорог, улиц, где в течение текущего года произошло 4 и более ДТП с материальным ущербом одного вида, или где произошло меньше на одно ДТП, чем это установлено определением термина «аварийно-опасный участок» федерального закона «О безопасности дорожного движения» [18]. Поскольку в работе проанализированы только учетные ДТП (с погибшими или пострадавшими), то к потенциально-опасному участку отнесены отрезки улиц менее 200 метров или пересечения улиц, где в течение года произошло 2 и более ДТП одного вида или 4 ДТП различных видов.

Кроме того при использовании специализированного программного обеспечения топографический анализ позволяет выявить особенности распределения аварийности в зависимости от различных факторов: сезона года, дня недели и других, что представляет собой актуальную задачу с целью последующей разработки адресных профилактических мероприятий.

С целью комплексного исследования факторов дорожно-транспортной опасности для несовершеннолетних, топографический анализ был дополнен двухмерным анализом факторов (основных параметров ДТП). В области ДДТТ представляет особый интерес поиск пар показателей факторов, совокупность которых отмечается у значительной части ДТП, что может свидетельствовать об их влиянии на распространенность ДТП. В связи с тем, что показатели факторов измерены в номинальной шкале, анализ проведен с использованием таблиц кросстабуляции [19].

### ***Результаты и обсуждение***

В предыдущем исследовании [20] проведена первоначальная статистическая обработка данных, на основе которой определено, что в среднем доля ДТП с участием несовершеннолетних составляет около 10 %, однако с каждым годом отмечается ее увеличение; среди видов ДТП наиболее распространены наезды на пешеходов (более 60 %), столкновения (25 %) и наезды на велосипедистов (12 %).

После нанесения всех ДТП за 2021-2022 гг. была получена топографическая карта, отражающая потенциально-опасные участки для несовершеннолетних, которая представлена на рисунке 1. Тёмно-синим цветом отмечены ДТП, произошедшие в 2021 г., а красным в 2022 г.



*Рисунок 1 – Топографическая карта ДТП с участием несовершеннолетних на территории г. Барнаула за 2021 – 2022 гг.*

Предварительные результаты топографического анализа показывают, что большая часть исследуемых ДТП регистрируется в западной части города, который представляет собой новую многоэтажную застройку.

Далее на основе топографического анализа за 2021 г. и 2022 г. были выявлены потенциально-опасные участки. По итогам 2021 года выявлено 3 потенциально-опасных участка, по итогам 2022 – 2 участка, характеристики всех участков представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Потенциально-опасные участки для несовершеннолетних, 2021, 2022 гг.

№	Адрес потенциально-опасного участка, особенности УДС	Показатели аварийности	Примечание
1	ул. Челюскинцев 75 (48А) (нерегулируемый пешеходный переход)	2 наезда на пешехода, 2021 год	Нарушителями ПДД являлись водители ТС
2	ул. Антона Петрова – ул. 2-я Северо-Западная (нерегулируемый перекрёсток)	2 наезда на пешехода, 2021 год	Нарушителями ПДД являлись водители ТС
3	ул. Антона Петрова 190 (нерегулируемый пешеходный переход)	2 наезда на пешехода, 2021 год	Нарушителями ПДД являлись водители ТС
4	ул. Максима Горького – ул. Гоголя (нерегулируемый перекрёсток)	2 столкновения, 2021 год	ДТП произошли в весенний период
5	отрезок 175 м от ул. Попова 198а до ул. Взлётная (регулируемый перекрёсток и нерегулируемый пешеходный переход)	2 наезда на пешехода, 2022 год	ДТП произошли в осенний период
6	ул. Советской Армии – пр-кт Коммунарков (регулируемый перекрёсток)	2 наезда на пешехода, 2022 год	ДТП произошли в вечернее время

На рисунке 2 представлено расположение потенциально-опасных участков в соответствии с их номерами, указанных в таблице 1.



Рисунок 2 – Расположение потенциально-опасных участков

Среди всех выделенных потенциально-опасных участков за 2021 год вблизи (на расстоянии не более 700 м.) находились учебные заведения, чаще всего, школы, лицеи, а также крупные торговые объекты, являющиеся местом массового притяжения. Основными недостатками регистрируемые в момент совершения ДТП на представленных территориях являлись отсутствие или плохая различимость горизонтальной дорожной разметки на проезжей части, а также отсутствие пешеходных ограждений в необходимых местах. На выделенных двух потенциально-опасных участках за 2022 год, только лишь на одном из них (№5) вблизи находились учебные заведения (на расстоянии 205 м. Лицей №121 и на расстоянии 400 м. школа №125).

Также при помощи программы QGIS был проведён анализ, который позволяет выявить локализацию ДТП с участием несовершеннолетних по территории города в зависимости от периода года, что позволяет сделать обобщённые выводы, которые могут применяться и для других. Выдвинуто предположение, что анализ покажет насколько взаимосвязаны места повышенной опасности для детей с учётом времени года, а также, что участки ДТП будут мигрировать относительно тёплых и холодных периодов времени, на что оказывает значительное влияние работа парков отдыха, школ, спортивных стадионов и других объектов проведения досуга.

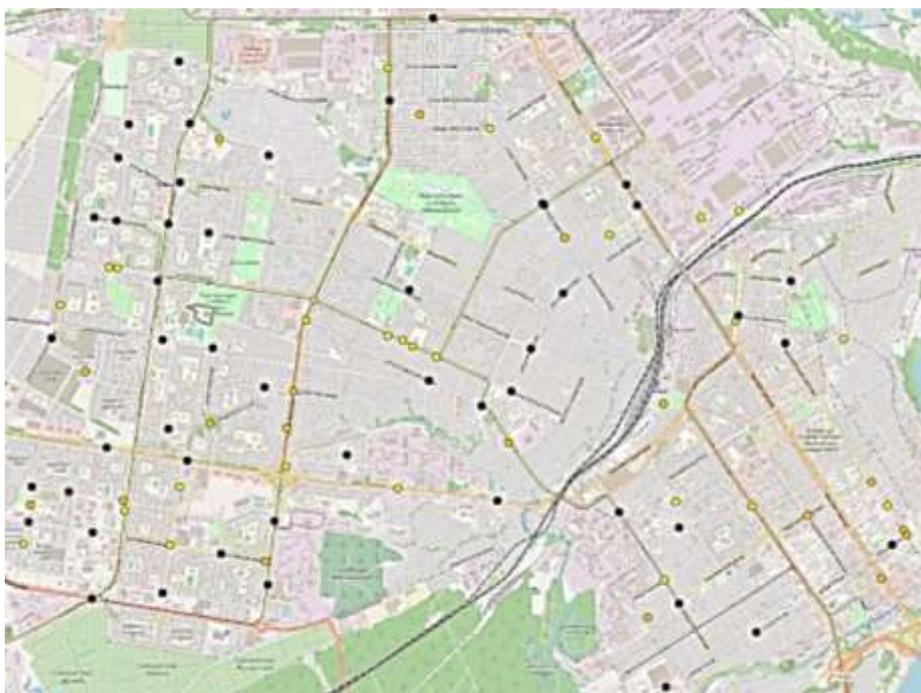
На рисунке 3 представлена топографическая карта распределения ДТП по территории города в зимний период времени.



Рисунок 3 – Топографическая карта ДТП с участием детей в г. Барнауле за 2021 – 2022 гг. в зимний период времени

Проанализировав полученную карту выявлено, что за зимний период с 2021 – 2022 гг. было зафиксировано 49 ДТП (23,33 %) с участием несовершеннолетних. При этом значительная доля аварий приходилась на основные улицы города, с высокой интенсивностью движения, а также на участки улично-дорожной сети, находящихся вблизи образовательных организаций, а именно 34,69 % (17 ДТП). Таким образом, полученные данные говорят о том, что наиболее высока вероятность попадания детей в ДТП в зимний период времени вблизи школ, лицеев, детских садов и иных учебных и воспитательных организаций. Представленная ситуация может быть связана с тем, что зимой дети, чаще всего, находятся на улично-дорожной сети только лишь в момент своего передвижения от дома до школы или наоборот, так как зачастую из-за погодных условий они редко выходят на улицу для прогулки, что снижает количество аварий вблизи парков и зон отдыха.

Далее проанализировано пространственное распределение ДТП с участием несовершеннолетних в переходные периоды года: весна и осень (рис. 4). Желтым цветом обозначены точки – ДТП в осенний период, черным – ДТП в весенний период. Согласно полученным данным с 2021 г. по 2022 г. на территории города Барнаула в весенний и осенний периоды года было зафиксировано 56 ДТП (26,67 %) и 52 ДТП (24,76 %) соответственно.



*Рисунок 4 – Топографическая карта ДТП с участием детей в г. Барнауле за 2021 – 2022 гг. в весенне-осенний периоды времени*

Как видно из представленной топографической карты аварийности, частота появления ДТП с участием рассматриваемой возрастной категории вблизи жилых комплексов и жилой зоне значительно увеличилась по сравнению с зимним периодом года, их доля от общего числа ДТП зарегистрированных в весенне-осенний периоды составляет 22,22 % (24 ДТП), при этом сохраняется высокая аварийность на основных улицах города. Представленное распределение детской аварийности на улично-дорожной сети города может быть связано с более высокой длительностью светового дня и температурой воздуха в сравнении с зимним периодом, что приводит к увеличению длительности проведения детьми времени на улицах.

Далее проведен аналогичный пространственный анализ для летнего периода года, что является особенно необходимым в связи с началом каникулярного времени для школьников, открытием множества парков культуры, отдыха и развлечений, бассейнов и иных мест проведения досуга в тёплый период времени.

За период 2021 – 2022 гг. на территории города Барнаула за июнь, июль и август было зарегистрировано 55 ДТП (26,19 %) с участием несовершеннолетних. Согласно полученной топографической карте распределения ДТП с участием детей по территории города Барнаула в летние

месяцы (рис. 5), можно сделать следующие выводы: количество ДТП вблизи школ и иных учебных заведений, а также на крупных магистралях города значительно сокращается, но при этом фиксируется рост аварийности на улицах, проходящих вблизи парков и зелёных зон города, их доля от общего числа ДТП зарегистрированных в летний период составляет 16,36 % (9 ДТП).



*Рисунок 5 – Топографическая карта ДТП с участием детей в г. Барнауле за 2021 – 2022 гг. в летний период времени*

Проведение топографического анализа в зависимости от периода года позволило сформировать выводы о том, что для разработки и принятия более адресных результативных мер по снижению ДДТТ необходимо рассматривать не только потенциально-опасные участки, на которых высока вероятность попадания ребёнка в ДТП, но и уделять значительное внимание миграции мест ДТП в зависимости от ряда факторов, в том числе от периода года.

Следующим этапом исследования является двухмерный анализ, целью которого стало выявление фокус-групп (совокупности пар показателей факторов), при которых наиболее часто фиксируется детская аварийность.

В результате проведения анализа были определены частоты в каждой паре показателей выбранных факторов. Наиболее подробно изучены те пары факторов, которые могут способствовать эффективной разработке профилактических мероприятий по снижению детского дорожно-транспортного травматизма. Их описание представлено ниже.

Наибольшая частота распространения (82 ДТП) выделена в группе «вид ДТП – нарушение ПДД водителем»: наезд на пешехода-ребёнка наиболее часто происходит по причине нарушений ПДД водителями, а именно нарушения правил проезда пешеходного перехода. Данный факт требует повышенного внимания за соблюдением ПДД водителями на пешеходных переходах. Наиболее эффективными способами по повышению внимания водителей при проезде данного объекта УДС может служить оборудование их искусственными неровностями, шумовыми полосами или же установка фотовидеофиксации.

Группа факторов «время совершения ДТП – время года» достаточно отчетливо отражает зависимость между переменными, так как продолжительность светового дня в разные периоды года отличается, а следовательно дети на УДС находятся в разные временные интервалы, что существенно оказывает влияние на пик-детской аварийности. В зимний период времени наибольшее число ДТП происходит с 12:00 до 15:00 (34,62 % от общего числа ДТП в зимний период). Летом, весной и осенью наибольшая частота отмечается в периоды с 15:00 до 18:00 и с 18:00 до 21:00, это возможно объяснить, тем что световой день значительно увеличивается, что приводит к повышению интенсивности детей на дорогах в более позднее время.

В группе факторов «день недели – вид ДТП» выявлено, что наезды на пешеходов чаще фиксируются в будние дни, в то время как столкновения с участием детей-пассажиров регистрируются преимущественно в выходные дни.

В группе «день недели – время совершения ДТП» выявлено, что в выходные дни, чаще всего, ДТП с участием детей происходят во временной интервал с 15:00 до 18:00, а в будние дни время регистрации наибольшего числа ДТП не имеет чётко выделенного интервала.

В группе «пол ребёнка – нарушение ПДД ребёнком» определено, что 7,8 % (16 ДТП) нарушений было зафиксировано среди несовершеннолетних женского пола, а среди мужского пола данный показатель составил 19,0 % (39 ДТП). Таким образом, мальчики в 2,4 раза чаще являются правонарушителями ПДД, чем девочки. Наиболее распространённым видом нарушения ПДД как среди несовершеннолетних мужского, так и женского пола является переход через проезжую часть вне пешеходного перехода в зоне его видимости либо при наличии в непосредственной близости (подземного) надземного перехода 29,1 % (16 случаев). Данное правонарушение показывает, что дети, видя установленное место для перехода на каком-либо расстоянии, зачастую его игнорируют, выбирая наименее короткий путь следования, при этом не задумываясь о возможных последствиях.

### **Выводы**

В результате проведения комплексного анализа, включая топографический и двухмерный анализ получены следующие выводы. Потенциально-опасные участки в сфере ДДТТ обычно представляют собой нерегулируемые пешеходные переходы и нерегулируемые перекрестки вблизи образовательных учреждений. В зависимости от периода года локализация ДТП с участием несовершеннолетних значительно изменяется, не смотря на относительно равномерное распределение частоты аварий по сезонам года. Выделенные особенности локализации могут позволить более эффективно организовать действия по предотвращению ДТП с участием несовершеннолетних, например, одним из мероприятий по повышению безопасности дорожного движения, может являться усиленный контроль за движением в летний период вблизи парков отдыха, а в зимний период, наоборот, вблизи образовательных организаций.

С помощью двухмерного анализа, были изучены 5 групп факторов, среди которых «вид ДТП – нарушение ПДД водителем», «время совершения ДТП – время года», «день недели – вид ДТП», «день недели – время совершения ДТП», «пол ребёнка – нарушение ПДД ребёнком». Полученную информацию рекомендуется использовать при планировании и проведении профилактических мероприятий, направленных на снижение ДДТТ, при этом они могут быть использованы не только лишь в пределах УДС г. Барнаула, но и ряда других российских городов.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Афонина Е.Г. О роли национальных проектов и стандартов обеспечения детской дорожной безопасности в повышении безопасности дорожного движения // Вестник Калининградского филиала Санкт-Петербургского университета МВД России. - 2019. - №4(58). - С. 104-107/
2. Кузьмина Е.Ю. Некоторые особенности детского дорожно-транспортного травматизма в России [Электронный ресурс] / Закон и право. - 2021. - №7. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/nekotorye-osobennosti-detskogo-dorozhno-transportnogo-travmatizma-v-rossii>
3. Нагорный В.В., Ермоленко Е.В. Использование детских удерживающих устройств как способа снижения детского дорожно-транспортного травматизма // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2017. – №3. – С. 129-135.
4. Кузьмина О.А. К вопросу о профилактике детского дорожно-транспортного травматизма в сельской местности с учётом данных статистики по Хабаровскому краю // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2020. – №8(48). – С. 78-82.
5. Печатнова Е.В. Обучение детей безопасному поведению на дорогах как фактор повышения дорожной безопасности в РФ / Ответственный редактор Е.В. Гордиенко // Личность в изменяющихся социальных условиях: сборник статей II Международной научно-практической конференции. - Том 2. – Красноярск: Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева. - 2013. – С. 506-509.
6. Сведения о показателях состояния безопасности дорожного движения [Электронный ресурс] / Госавтоинспекция. – Режим доступа: <http://stat.gibdd.ru/>.
7. Храмова О.В. Профилактика детского дорожно-транспортного травматизма в области дорожного движения [Электронный ресурс] / Безопасность дорожного движения. - 2022. - №4. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/profilaktika-detskogo-dorozhno-transportnogo-travmatizma-v-oblasti-dorozhno-dviz>

8. Малолеткина Н.С., Королева К.А. Детский дорожно-транспортный травматизм: причины в России и зарубежный опыт профилактики [Электронный ресурс] / Уголовно-исполнительное право. - 2022. - №1. - Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/detskiy-dorozhno-transportnyy-travmatizm-prichiny-v-rossii-i-zarubezhn>
9. Ли И.В. Профилактика детского дорожно-транспортного травматизма через внедрение современных технологий на занятиях детского творческого объединения «Планета ЮИД» // Инновации в образовании (Казахстан). - 2021.- №6(58). - С. 55-57.
10. Котенкова И.Н., Ермоленко Е.В. Оценка организации профилактики детского дорожно-транспортного травматизма // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. - 2017. - Т. 1. - С. 111-116.
11. Карева В.В., Карева Д.А. Системный подход к проведению профилактической работы по снижению детского дорожно-транспортного травматизма // 2018. - №1. - С. 143-148.
12. Воронина Е.Е. Формы профилактики детского дорожно-транспортного травматизма // Вестник НЦБЖД. - 2019. - №3(41). - С. 20-23;
13. Новикова А.О., Кулинцова Я.В. Детский дорожно-транспортный травматизм на территории Воронежской области за период 2008-2015 годы // Молодежный инновационный вестник. - 2016. - Т. 5. - №1. - С. 441-442.
14. Бояршинов А., Бояршинов Р. Исследование детского дорожно-транспортного травматизма в г. Якутске за 2016-2020гг. // 2021. - №29. - С. 43-47.
15. Исаев М.М. Современные угрозы безопасности детей, участвующих в дорожном движении // 2021. - №1(4). - С. 198-203.
16. Асламова В.С., Минко А.А., Асламов А.А., Асламова Е.А. Системный анализ травматизма с участием детей на российских автомобильных дорогах [Электронный ресурс] / Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. - 2021. - №2(70). - Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistemnyy-analiz-travm>
17. Боронина В.С., Галаева О.В. Причины и условия дорожно-транспортного травматизма с участием детей-пассажиров // Безопасность дорожного движения: сборник научных трудов. - Вып. 18. - Москва: Научно-исследовательский центр проблем безопасности дорожного движения Министерства внутренних дел Российской Федерации. - 2019. - С. 41-46.
18. Безопасные и качественные автомобильные дороги: Методика определения мест размещения технических средств автоматической фотовидеофиксации нарушений правил дорожного движения – утверждена протоколом заседания проектного комитета по национальному проекту от 19 ноября 2019 г. № 8.
19. Печатнова Е.В., Кузнецов В.Н., Боженова Е.А. Анализ связи нарушений правил дорожного движения с видами ДТП на федеральных дорогах // Образование. Транспорт. Инновации. Строительство: Сборник материалов IV Национальной научно-практической конференции. - Омск. - 2021. - С. 379-383.
20. Нечаев К.С., Балтобаева А.Т. Анализ дорожно-транспортных происшествий с участием несовершеннолетних на территории города Барнаула [Электронный ресурс] / Актуальные вопросы автомобильно транспорта: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции. - 2022. - С. 123-127. - Режим доступа: <https://docs.yandex.ru/docs/view?url=ya-mail%3A%2F%2F182395784908510224%2F1.2&nam>

**Печатнова Елена Владимировна**

БЮИ МВД России  
Адрес: 656038, Россия, г. Барнаул, ул. Чкалова, 49  
К.т.н., доцент кафедры «Информатика и специальная техника»  
E-mail: phukcia@yandex.ru

**Павлов Сергей Николаевич**

АлтГТУ им. И.И. Ползунова  
Адрес: 656038, Россия, г. Барнаул, ул. Ленина, 46  
К.т.н, доцент кафедры «Организация и безопасность движения»  
E-mail: slimt@inbox.ru

**Балтобаева Амина Талгатовна**

АлтГТУ им. И.И. Ползунова  
Адрес: 656038, Россия, г. Барнаул, ул. Ленина, 46  
Студент  
E-mail: amina.baltobaeva@yandex.ru

**Нечаев Константин Сергеевич**

АлтГТУ им. И.И. Ползунова  
Адрес: 656038, Россия, г. Барнаул, ул. Ленина, 46  
К.т.н, доцент кафедры «Организация и безопасность движения»  
E-mail: nechver@mail.ru

E. V. PECHATNOVA, A. T. BALTOBAEVA, S. N. PAVLOV, K. S. NECHAYEV

## COMPREHENSIVE ANALYSIS OF ACCIDENTS INVOLVING MINORS

**Abstract.** The article presents the results of a general topographic analysis of traffic accidents involving minors (under 16 years old) using the example of Barnaul. As a result of topographic analysis, potentially hazardous areas were identified. The article also describes the results of a two-dimensional analysis of accident factors. The findings can be used to develop preventive measures to reduce child road traffic injuries.

**Keywords:** topographic analysis, two-dimensional analysis, accident factors, child road traffic injuries, accidents involving minors

## BIBLIOGRAPHY

1. Afonina E.G. O roli natsional'nykh proektov i standartov obespecheniya detskoj dorozhnoy bezopasnosti v povyshenii bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya // Vestnik Kaliningradskogo filiala Sankt-Peterburgskogo universiteta MVD Rossii. - 2019. - №4(58). - S. 104-107/

2. Kuzminova E.Yu. Nekotorye osobennosti detskogo dorozhno-transportnogo travmatizma v Rossii [Elektronnyy resurs] / Zakon i pravo. - 2021. - №7. - Rezhim dostupa: <https://cyberleninka.ru/article/n/nekotorye-osobennosti-detskogo-dorozhno-transportnogo-travmatizma-v-rossii>
3. Nagornyy V.V., Ermolenko E.V. Ispol'zovanie detskikh uderzhivayushchikh ustroystv kak sposoba snizheniya detskogo dorozhno-transportnogo travmatizma // Elektronnyy setevoy politemicheskiy zhurnal «Nauchnye trudy KubGTU». - 2017. - №3. - S. 129-135.
4. Kuzmina O.A. K voprosu o profilaktike detskogo dorozhno-transportnogo travmatizma v sel'skoy mestnosti s uchiyom dannykh statistiki po Habarovskomu krayu // Uchenye zapiski Komsomol'skogo-na-Amure gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. - 2020. - №8(48). - S. 78-82.
5. Pechatnova E.V. Obuchenie detey bezopasnomu povedeniyu na dorogakh kak faktor povysheniya dorozhnoy bezopasnosti v RF / Otvetstvennyy redaktor E.V. Gordienko // Lichnost' v izmenyayushchikhsya sotsial'nykh usloviyakh: sbornik statey II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Tom 2. - Krasnoyarsk: Krasnoyarskiy gosudarstvennyy pedagogicheskiy universitet im. V.P. Astaf'eva. - 2013. - S. 506-509.
6. Svedeniya o pokazatelyakh sostoyaniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya [Elektronnyy resurs] / Gosavtoinspektsiya. - Rezhim dostupa: <http://stat.gibdd.ru/>.
7. Hramtsova O.V. Profilaktika detskogo dorozhno-transportnogo travmatizma v oblasti dorozhnogo dvizheniya [Elektronnyy resurs] / Bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya. - 2022. - №4. - Rezhim dostupa: <https://cyberleninka.ru/article/n/profilaktika-detskogo-dorozhno-transportnogo-travmatizma-v-oblasti-dorozhnogo-dvizheniya>
8. Maloletkina N.S., Koroleva K.A. Detskiy dorozhno-transportnyy travmatizm: prichiny v rossii i zarubezhnyy opyt profilaktiki [Elektronnyy resurs] / Ugolovno-issledovatel'noye pravo. - 2022. - №1. - Rezhim dostupa: <https://cyberleninka.ru/article/n/detskiy-dorozhno-transportnyy-travmatizm-prichiny-v-rossii-i-zarubezhnyy-opyt-profilaktiki>
9. Li I.V. Profilaktika detskogo dorozhno-transportnogo travmatizma cherez vnedrenie sovremennykh tekhnologiy na zanyatiyakh detskogo tvorcheskogo ob"edineniya «Planeta YUID» // Innovatsii v obrazovanii (Kazakhstan). - 2021. - №6(58). - S. 55-57.
10. Kotenkova I.N., Ermolova E.V. Otsenka organizatsii profilaktiki detskogo dorozhno-transportnogo travmatizma // Modernizatsiya i nauchnye issledovaniya v transportnom komplekse. - 2017. - T. 1. - S. 111-116.
11. Kareva V.V., Kareva D.A. Sistemnyy podkhod k provedeniyu profilakticheskoy raboty po snizheniyu detskogo dorozhno-transportnogo travmatizma // 2018. - №1. - S. 143-148.
12. Voronina E.E. Formy profilaktiki detskogo dorozhno-transportnogo travmatizma // Vestnik NTSBZHD. - 2019. - №3(41). - S. 20-23;
13. Novikova A.O., Kulintsova Ya.V. Detskiy dorozhno-transportnyy travmatizm na territorii Voronezhskoy oblasti za period 2008-2015 gody // Molodezhnyy innovatsionnyy vestnik. - 2016. - T. 5. - №1. - S. 441-442.
14. Boyarshinov A., Boyarshinov R. Issledovanie detskogo dorozhno-transportnogo travmatizma v g. Yakutsk za 2016-2020gg. // 2021. - №29. - S. 43-47.
15. Isaev M.M. Sovremennye ugrozy bezopasnosti detey, uchastvuyushchikh v dorozhnom dvizhenii // 2021. - №1(4). - S. 198-203.
16. Aslamova V.S., Minko A.A., Aslamov A.A., Aslamova E.A. Sistemnyy analiz travmatizma s uchastiem detey na rossiyskikh avtomobil'nykh dorogakh [Elektronnyy resurs] / Sovremennye tekhnologii. Sistemnyy analiz. Modelirovanie. - 2021. - №2(70). - Rezhim dostupa: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistemnyy-analiz-travm>
17. Boronina V.S., Galaeva O.V. Prichiny i usloviya dorozhno-transportnogo travmatizma s uchastiem detey-passazhirov // Bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya: sbornik nauchnykh trudov. - Vyp. 18. - Moskva: Nauchno-issledovatel'skiy tsentr problem bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya Ministerstva vnutrennikh del Ros-siyskoy Federatsii. - 2019. - S. 41-46.
18. Bezopasnye i kachestvennye avtomobil'nye dorogi: Metodika opredeleniya mest razmeshcheniya tekhnicheskikh sredstv avtomaticheskoy fotovideofiksatsii narusheniy pravil dorozhnogo dvizheniya - utverzhdena protokolom zasedaniya proektnogo komiteta po natsional'nomu proektu ot 19 noyabrya 2019 g. № 8.
19. Pechatnova E.V., Kuznetsov V.N., Bozhenova E.A. Analiz svyazi narusheniy pravil dorozhnogo dvizheniya s vidami DTP na federal'nykh dorogakh // Obrazovanie. Transport. Innovatsii. Stroitel'stvo: Sbornik materialov IV Natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Omsk. - 2021. - S. 379-383.
20. Nechaev K.S., Baltobaeva A.T. Analiz dorozhno-transportnykh proisshestviy s uchastiem nesovershennoletnikh na territorii goroda Barnaula [Elektronnyy resurs] / Aktual'nye voprosy avtomobil'no transporta: sbornik statey Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - 2022. - S. 123-127. - Rezhim dostupa: <https://docs.yandex.ru/docs/view?url=ya-mail%3A%2F%2F182395784908510224%2F1.2> &nam

**Pechatnova Elena Vladimirovna**

Barnaul Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia Federation  
Address: 656038, Russia, Barnaul, Chkalova str., 49  
Candidate of technical sciences  
E-mail: phukcia@yandex.ru

**Baltobaeva Amina Talgatovna**

Polzunov Altai State Technical University  
Address: 656038, Russia, Barnaul, Lenina str., 46  
Student  
E-mail: amina.baltobaeva@yandex.ru

**Pavlov Sergey Nikolaevich**

Polzunov Altai State Technical University  
Address: 656038, Russia, Barnaul, Lenina str., 46  
Candidate of technical sciences  
E-mail: slimt@inbox.ru

**Nechaev Konstantin Sergeevich**

Polzunov Altai State Technical University  
Address: 656038, Russia, Barnaul, Lenina str., 46  
Candidate of technical sciences  
E-mail: nechver@mail.ru

Научная статья

УДК 629.01

doi:10.33979/2073-7432-2023-3-5(82)-67-73

Э.А. ОГАНЯН, Г.П. РЫБАКОВ, Р.Н. ХМЕЛЕВ

## МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭКСКУРСИОННЫХ ЭЛЕКТРОБУСОВ, АДАПТИРОВАННЫХ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ПАССАЖИРОВ С ОВЗ

***Аннотация.** В работе рассматривается методика проектирования экскурсионных открытых электробусов, адаптированных для перевозки лиц с ограниченными возможностями здоровья. Методика носит комплексный характер и может использоваться при проектировании новых и модернизации существующих электробусов. Предлагаемые решения подтверждены опытным путем в процессе создания опытного образца проектируемого электробуса.*

***Ключевые слова:** экскурсионный открытый электробус, методика проектирования электробуса, опытный образец*

### **Введение**

Развитие науки и технологий позволяет создавать все более комфортные условия для жизни людей, в том числе с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ). Один из таких способов – использование экскурсионных электробусов, которые могут перевозить людей с нарушением опорно-двигательного аппарата и делать при этом процесс передвижения легким и доступным [1].

В последнее время тема инклюзивности и доступности территорий становится все более актуальной. Одним из главных препятствий для посещения культурно-оздоровительных и туристических центров является отсутствие транспортных средств (ТС), которые обеспечивают комфортное перемещение людей с инвалидностью [2, 3]. В этой связи разработка новых и доработка существующих экскурсионных электробусов, адаптированных для перевозки пассажиров с ОВЗ, заслуживает особого внимания. Для решения данной задачи требуется методика проектирования, учитывающая специфику рассматриваемых ТС, а также особые потребности пассажиров с ОВЗ и безопасность перевозок.

### **Материал и методы**

В существующих научных публикациях недостаточно внимания уделяется проектированию открытых экскурсионных электробусов типа «shuttle bus», адаптированных для перевозки лиц с ОВЗ.

Целью данной статьи является разработка методики проектирования открытых экскурсионных электробусов для перевозки людей с инвалидностью, а также примеры ее применения при создании опытного образца экскурсионного электробуса, адаптированного для перевозки людей с ОВЗ.

Методика проектирования экскурсионных электробусов для перевозки людей с инвалидностью базируется на следующих требованиях [4]:

- требования к эксплуатационным характеристикам ТС;
- требования к конструкции силовой установки;
- требования пассажироместимости;
- обеспечение необходимой прочности рамной конструкции;
- обеспечение комфорта и безопасности;

В данной работе рассматриваемая методика использовалась при разработке конструкции открытого экскурсионного электробуса, адаптированного для перевозки пассажиров с ОВЗ – инвалидов-колясочников.

**Расчет**

Для определения параметров электрической силовой установки рассматриваемых ТС была разработана программа для ЭВМ, базирующаяся на уравнениях движения автомобиля [5, 6].

Основные зависимости в расчетном виде, положенные в основу программного обеспечения, имеют следующий вид [6]:

$$M_e = \left( f \cdot m \cdot g \cdot \cos\alpha + m \cdot g \cdot \sin\alpha + \frac{C_x \cdot S \cdot \rho \cdot v^2}{2} + \frac{m \cdot \left(\frac{v}{3,6 \cdot t}\right) \cdot (1,05 + 0,05 \cdot u_{кп}^2) \cdot r}{\eta_{тр} \cdot u_{кп} \cdot u_{гп}} \right);$$

$$n = \frac{60 \cdot (v \cdot u_{кп} \cdot u_{гп})}{2 \cdot \pi \cdot r \cdot 3,6},$$

где  $\eta_{тр}$  – коэффициент полезного действия трансмиссии электромобиля;

$M_e$  – эффективный крутящий момент двигателя, Н · м;

$u_{кп}$  – передаточное число коробки передач;

$u_{гп}$  – передаточное число главной передачи;

$r$  – радиус ведущего колеса, м;

$f$  – коэффициент трения качения;

$m$  – масса электромобиля, кг;

$g$  – ускорение свободного падения,  $\frac{м}{с^2}$ ;

$\alpha$  – угол уклона дороги;

$C_x$  – коэффициент сопротивления воздуха (коэффициент обтекаемости),  $\frac{Н \cdot с^2}{м \cdot кг}$ ;

$S$  – лобовая площадь электромобиля, м<sup>2</sup>;

$\rho$  – плотность воздуха,  $\frac{кг}{м^3}$ ;  $v$  – расчетная скорость электромобиля (автомобиля),  $\frac{км}{ч}$ ;

$t$  – требуемое время на разгон, с.

Программа по требованиям к эксплуатационным характеристикам ТС [6] позволяет рассчитать следующие параметры: требуемую мощность тягового электродвигателя, крутящий момент электродвигателя, частоту вращения вала электродвигателя, токоотдачу и минимальную ёмкость тяговой аккумуляторной батареи [5].

В качестве примера использования предлагаемой методики был произведен расчет зависимости требуемой мощности электродвигателя от скорости движения с исходными данными, характерными для проектируемого ТС (рис. 1).

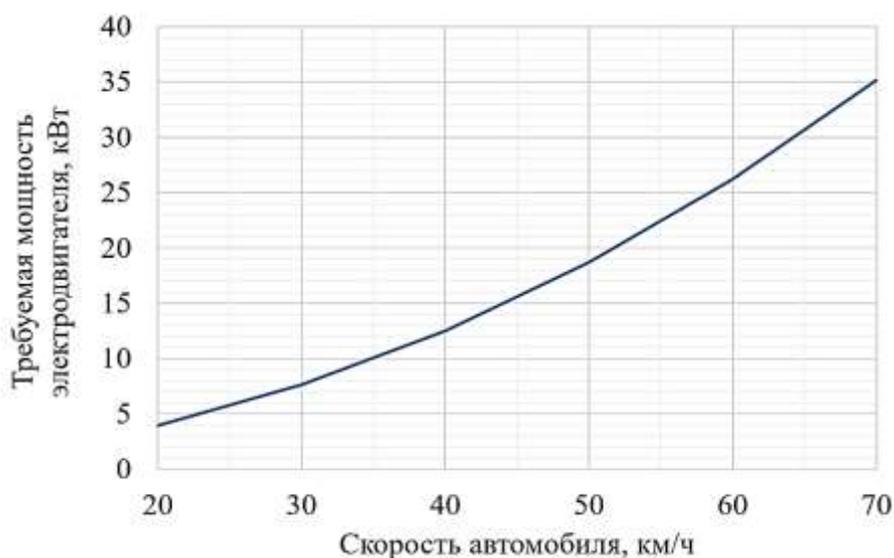


Рисунок 1 – Зависимость требуемой мощности электродвигателя от скорости движения

При проектировании электробуса, одной из важнейших задач является выбор электродвигателя и тяговой аккумуляторной батареи (АКБ).

В существующих конструкциях экскурсионных электробусов типа «shuttle bus» в качестве тягового электродвигателя, как правило, используют трехфазные синхронные (асинхронные) электрические машины переменного/постоянного тока с напряжением пинания от 48 В до 86 В и тяговыми аккумуляторными батареями с емкостью 190-250 Ah [7, 8]. При этом можно выделить следующие компоновочные решения трансмиссии рассматриваемых транспортных средств [9]:

- 1) традиционная механическая трансмиссия с коробкой переключения передач (КПП);
- 2) механическая трансмиссия без КПП, сцепления и карданной передачи с электродвигателем и редуктором, расположенными непосредственно на ведущем мосту;
- 3) трансмиссия с мотор-колесами, расположенными на каждом ведущем колесе.

Как правило, в конструкциях рассматриваемых электробусов используется второй тип трансмиссии, благодаря своей простоте и надежности.

В качестве АКБ предлагается использовать литий-никель-марганец-кобальт-оксидный аккумулятор ( $\text{LiNiMnCoO}_2$ ). Эти аккумуляторы являются разновидностью литиевых перезаряжаемых батарей, их использование позволяет значительно увеличить мощность источника питания и тем самым позволяет добиться лучших технических характеристик электробуса [10-12]. Тяговая АКБ будет расположена под полом ТС, обеспечивая низкий центр тяжести, что положительно сказывается на управляемости и безопасности передвижения [13]. Целесообразно, чтобы аккумуляторные ячейки в АКБ имели электрическую емкость 40 А·ч и имели параллельно-последовательное соединение. Такая величина электрической емкости обеспечивает оптимальный размер ячейки АКБ, который можно разместить под полом электробуса, а также обеспечивается минимальное количество соединительных шин, что позволяет минимизировать электрические потери на соединениях.

Также необходимы системы контроля за зарядом аккумуляторов и защиты от перегрузок [14]. Данные функциональные блоки позволяют контролировать текущее состояние аккумуляторной батареи и предупреждать о возможных проблемах.

Транспортное средство с рассмотренной силовой установкой будет иметь запас хода при полной загрузке около 150 км.

Следует отметить, что в ТС рассматриваемого типа конструкция передней и задней подвески, рулевого управления и тормозной системы, а также органов управления аналогична конструкции традиционных ТС категории М1р, М2.

Для проектирования рамной конструкции в данной работе использовался программный комплекс SolidWorks [15], который позволяет создавать 3D модель, производить прочностные расчеты с учетом реального распределения нагрузок на элементы рамы и определять массовые характеристики конструкции (рис. 2).



Рисунок 2 – 3D модель рамной конструкции

Проведенный анализ существующих конструкций [5] открытых экскурсионных электробусов, показал, что оборудование для пассажиров с ОВЗ включает устройство для заезда

инвалидной коляски и представляет собой откидной пандус, который после заезда поднимается и практически закрывает весь обзор (рис. 3). Так же минусом рассматриваемой конструкции является угол подъема, который вносит дополнительные трудности для заезда инвалидной коляски.



Рисунок 3 – *Электробус tina Shuttle bus для перевозки пассажиров с ОВЗ*

На основании анализа конструкций существующих ТС, было предложено расположить устройство для подъема инвалидной коляски в задней части салона, тем самым разграничить салон. Подъемное устройство органично вписывается в компоновку салона электробуса, не мешая обзору пассажирам. Площадка будет представлять собой подъемно-транспортный механизм, с помощью которого человек на инвалидной коляске будет подниматься с уровня земли до уровня пола электробуса. Таким образом, получаем универсальную заднюю часть, которую можно использовать как для перевозки пассажира, передвигающегося на инвалидной коляске, так и, в его отсутствии, для перевозки багажа.

В разрабатываемом ТС в задней части предлагается установить универсальное электрогидравлическое подъемное устройство, которое может поднимать людей на инвалидной коляске. Посадка-высадка в ТС для таких пассажиров становится максимально простой и удобной, так как подъемное устройство не имеет угла заезда, а образует с поверхностью земли практически ровную поверхность. В транспортном положении подъемное устройство образует вертикальную стенку в задней части салона, выполняя функцию задней двери ТС. При перевозке инвалида-колясочника или багажа универсальное подъемное устройство своей платформой ограничивает перемещение коляски в направлении противоположном ходу движения транспортного средства. Управление подъемным устройством реализовано таким образом, что человек с инвалидностью может без помощи посторонних лиц осуществить посадку в электробус. Для этого на задней вертикальной стойке закреплен пульт дистанционного управления подъемным устройством.

Сдвижные модульные сиденья для пассажиров реализованы таким образом, что, перемещая их по направляющим вдоль линии движения электробуса можно добиться требуемого отношения между грузовым и пассажирским пространством (рис. 4). Конструкция салона предусматривает быструю трансформацию в зависимости от требуемой пассажировместимости [16].

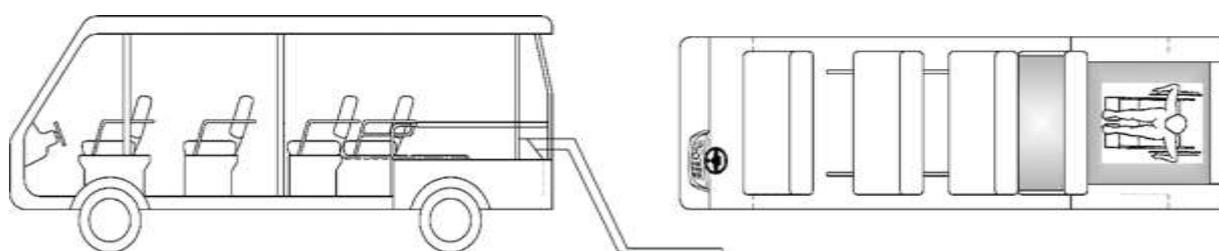


Рисунок 4 – *Принципиальная схема предлагаемой конструкции открытого экскурсионного электробуса, адаптированного для перевозки пассажиров с ОВЗ*

### **Результаты и обсуждение**

Результаты расчетно-экспериментальных исследований электрогидравлического подъемного устройства, включающие анализ влияния конструктивных и эксплуатационных и параметров на его функционирование, приведены в работах [17, 18]

С целью обеспечения безопасности движения рассматриваемых ТС, которые перемещаются практически бесшумно, предлагается использовать систему активной безопасности.

Принцип работы предлагаемой системы активной безопасности заключается в следующем. Перед началом движения активируется работа радарной системы, путем включения тумблера на панели приборов. Так как автомобиль движется бесшумно, необходимо информирование окружающих о его приближении. В процессе движения дальномер контролирует расстояние до возможного препятствия и при его возникновении включается прерывистый звуковой сигнал, информирующий пешеходов о приближении автомобиля. Минимально возможное расстояние до препятствия устанавливается опытным путем. По достижении указанного расстояния усиливается звуковой сигнал и происходит отключение питания, идущего на электродвигатель от датчика положения педали акселератора. Это позволяет избежать столкновения ТС с препятствием. Указанное расстояние можно отрегулировать программным путем [19, 20]. Повторное включение питания электрического двигателя возможно только при отсутствии препятствия на расстоянии не менее 1 м до ТС, или при принудительном отключении системы безопасности.

### **Выводы**

Рассмотренная методика прошла практическую апробацию в процессе разработки и создания авторского опытного образца экскурсионного электробуса (рисунок 4), адаптированного для перевозки людей с ОВЗ [21, 22].

Таким образом, предлагаемая методика проектирования открытых экскурсионных электробусов, адаптированных для перевозки пассажиров с ОВЗ, может использоваться при проектировании новых и модернизации существующих транспортных средств.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Свиридов В.В., Соколов И.Н., Шойынбекова А.К., Сейсенова А.С. Перспективы массовой электрификации автомобильного транспорта // Актуальные научные исследования в современном мире. - 2019. - №10-1(54). - С. 144-146.
2. Волокитина А.А. Особенности организации доступной архитектурной среды туристических зон и объектов // Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. - 2016. - С. 562-567.
3. Богатырева В.В. Организация доступной среды жизнедеятельности инвалидов в России и за рубежом // Юридический вестник Кубанского государственного университета. - 2017. - №1(30). - С. 10-13.
4. Козлова Т.А. Методика поиска рациональных конструктивных параметров тягового привода электромобиля // Интернет-журнал Науковедение. - 2016. - Т. 8. - №5(36). - С. 74.
5. Оганян Э.А. Исследование тягово-скоростных показателей экскурсионных микроавтобусов с электрическим приводом // Известия ТулГУ. Технические науки. – Вып. 5. - 2021. - С. 230-234.
6. Свид. 2023615174 Российская Федерация. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Программа расчета тягово-скоростных и электроэнергетических характеристик электромобиля.
7. Антоненков М.А. К вопросу определения параметров силовой установки экскурсионного электромобиля типа «shuttle bus» // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. - 2022. - №6. - С. 111-114.
8. Чугунов М.В. Проектирование электромобиля-трайка на базе параметрических CAD/CAE-моделей // Инженерные технологии и системы. - 2020. - Т. 30. - №3. - С. 464-479.
9. Антоненков М.А., Агуреев И.Е., Груничев А.В., Оганян Э.А., Рыбаков Г.П., Судаков С.П., Хмелев Р.Н. Компонентные решения трансмиссии экскурсионных электробусов типа «shuttle bus» // Отечественный и зарубежный опыт обеспечения качества в машиностроении: сборник докладов III Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. - Тула: ТулГУ. - 2022. - С. 67-71.
10. Ганова А.С., Хмелев Р.Н. Сравнительный анализ характеристик тяговых аккумуляторов для современных электромобилей // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. - 2020. - Вып. 10. - С. 318-322.
11. Филькин Н.М. Перспективы применения литий-ионных накопителей энергии в тяговых аккумуляторных батареях электромобилей // Автоматизация и энергосбережение в машиностроении, энергетике и на

транспорте: Материалы XVI Международной научно-технической конференции. – Вологда: Вологодский государственный университет. - 2022. - С. 374-377.

12. Смирнов А.Ю., Становов С.И., Гваджава Б.Г., Чиров Д.А. Литиевые тяговые аккумуляторные батареи // Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности: Сборник научных статей по итогам десятой международной научной конференции. – Казань. - 2020. - С. 202-203.

13. Галимов В.В., Половникова Е.А., Трембач С.А. и др. Конструктивные особенности и расположение тяговой аккумуляторной батареи гоночного болида с учетом регламента «формула студент» // Энерго- и ресурсосбережение в теплоэнергетике и социальной сфере: Материалы Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов, ученых. - 2022. - Т. 10. - №1. - С. 34-37.

14. Афанасьев А.С., Болдырев М.А., Воронцов П.С. и др. Система контроля и управления высокоомощных литий-ионных аккумуляторных батарей // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. - 2019. - №1(367). - С. 161-170.

15. Шермухамедов А.А. Методика прочностного расчета рамных конструкций транспортных средств категории ОЗ // ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный университет путей сообщения». Ч. 3. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения. - 2013. - С. 333-335.

16. Антоненков М.А., Оганян Э.А., Подколзин П.С. Грузопассажирский электробус. Заявка на изобретение 2023103836 от 20.02.2023. РФ, МКИ В 60 Р 3/00.

17. Оганян Э.А. Разработка методики расчета гидропривода подъемного устройства для лиц с ограниченными возможностями // Известия ТулГУ. Технические науки. - Вып. 6. - 2022. - С. 133-138.

18. Оганян Э.А. Анализ влияния конструктивных и эксплуатационных параметров на работу гидравлического подъемника для лиц с ограниченными возможностями // Известия ТулГУ. Технические науки. - Вып. 1. - 2023. - С. 67-71.

19. Коваленко О.Л. Электронные системы автомобилей: Учебное пособие. – Архангельск: ИПЦ САФУ, 2013. - 80 с.

20. Рязанцев В.И. Алгоритмы управления системами активной безопасности автомобиля // Известия Волгоградского государственного технического университета. Серия: Наземные транспортные системы. - 2014. - Т. 9. - №19(146). - С. 33-35.

21. Пат. 134373 Транспортное средство.

#### **Оганян Эдуард Артурович**

Тулльский государственный университет  
Адрес: 300012, Россия, г. Тула, пр. Ленина, 92  
Магистрант  
E-mail: edikoganian@gmail.com

#### **Хмелев Роман Николаевич**

Тулльский государственный университет  
Адрес: 300012, Россия, г. Тула, пр. Ленина, 92  
Д.т.н., профессор кафедры «Транспортно-технологические машины и процессы»  
E-mail: aiah@yandex.ru

#### **Рыбаков Геннадий Петрович**

Тулльский государственный университет  
Адрес: 300012, Россия, г. Тула, пр. Ленина, 92  
Старший преподаватель кафедры «Транспортно-технологические машины и процессы»  
E-mail: genn-rybakov@yandex.ru

---

E.A. OGANYAN, G.P. RYBAKOV, R.N. KHMELEV

## **THE METHODOLOGY OF DESIGNING EXCURSION ELECTRIC BUSES ADAPTED FOR THE TRANSPORTATION OF PASSENGERS WITH DISABILITIES**

***Abstract.** The paper considers the methodology of designing excursion open electric buses adapted for the transportation of persons with disabilities. The methodology is comprehensive and can be used in the design of new and modernization of existing electric buses. The proposed solutions have been confirmed empirically in the process of creating a prototype of the projected electric bus.*

***Keywords:** excursion open electric bus, electric bus design methodology, prototype*

### **BIBLIOGRAPHY**

1. Sviridov V.V., Sokolov I.N., Shoyynbekova A.K., Seysenova A.S. Perspektivy massovoy elektrifikatsii avtomobil'nogo transporta // Aktual'nye nauchnye issledovaniya v sovremennom mire. - 2019. - №10-1(54). - S. 144-146.
2. Volokitina A.A. Osobennosti organizatsii dostupnoy arkhitekturnoy sredy turistskikh zon i ob"ektov // Belgorodskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskii universitet im. V.G. Shukhova. - 2016. - S. 562-567.

3. Bogatyreva V.V. Organizatsiya dostupnoy srede zhiznedeyatel'nosti invalidov v Rossii i za rubezhom // YUridicheskiy vestnik Kubanskogo gosudarstvennogo universiteta. - 2017. - №1(30). - S. 10-13.
4. Kozlova T.A. Metodika poiska ratsional'nykh konstruktivnykh parametrov tyagovogo privoda elektromobilya // Internet-zhurnal Naukovedenie. - 2016. - T. 8. - №5(36). - S. 74.
5. Oganyan E.A. Issledovanie tyagovo-skorostnykh pokazateley ekskursionnykh mikroavtobusov s elektricheskim privodom // Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki. - Vyp. 5. - 2021. - S. 230-234.
6. Svid. 2023615174 Rossiyskaya Federatsiya. Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM. Programma rascheta tyagovo-skorostnykh i elektroenergeticheskikh kharakteristik elektromobilya.
7. Antonenkov M.A. K voprosu opredeleniya parametrov silovoy ustanovki ekskursionnogo elektromobilya tipa «shuttle bus» // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. - 2022. - №6. - S. 111-114.
8. Chugunov M.V. Proektirovanie elektromobilya-trayka na baze parametricheskikh CAD/CAE-modeley // Inzhenernye tekhnologii i sistemy. - 2020. - T. 30. - №3. - S. 464-479.
9. Antonenkov M.A., Agureev I.E., Grunichev A.V., Oganyan E.A., Rybakov G.P., Sudakov S.P., Hmelev R.N. Komponovochnye resheniya transmissii ekskursionnykh elektrobususov tipa «shuttle bus» // Otechestvennyy i zarubezhnyy opyt obespecheniya kachestva v mashinostroenii: sbornik dokladov III Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. - Tula: TulGU. - 2022. - S. 67-71.
10. Ganova A.S., Hmelev R.N. Sravnitel'nyy analiz kharakteristik tyagovykh akkumulyatorov dlya sovremennykh elektromobilyey // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. - 2020. - Vyp. 10. - S. 318-322.
11. Fil'kin N.M. Perspektivy primeneniya lityi-ionnykh nakopiteley energii v tyagovykh akkumulyatornykh batareyakh elektromobilyey // Avtomatizatsiya i energosberezhenie v mashinostroenii, energetike i na transporte: Materialy XVI Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. - Vologda: Vologodskiy gosudarstvennyy universitet. - 2022. - S. 374-377.
12. Smirnov A.Yu., Stanovov S.I., Gvazhdava B.G., Chirov D.A. Litiyevye tyagovye akkumulyatornye batarei // Prioritetnye napravleniya innovatsionnoy deyatel'nosti v promyshlennosti: Sbornik nauchnykh statey po itogam desyaty mezhhdunarodnoy nauchnoy konferentsii. - Kazan'. - 2020. - S. 202-203.
13. Galimov V.V., Polovnikova E.A., Trembach S.A. i dr. Konstruktivnye osobennosti i raspolozhenie tyagovoy akkumulyatornoy batarei gonochnogo bolida s uchetom reglamenta «formula student» // Energo- i resursosberezhenie v teploenergetike i sotsial'noy sfere: Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii studentov, aspirantov, uchenykh. - 2022. - T. 10. - №1. - S. 34-37.
14. Afanas'ev A.S., Boldyrev M.A., Vorontsov P.S. i dr. Sistema kontrolya i upravleniya vysokomoshchnykh lityionnykh akkumulyatornykh batarey // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal. - 2019. - №1(367). - S. 161-170.
15. Shermukhamedov A.A. Metodika prochnostnogo rascheta ramnykh konstruksiy transportnykh sredstv kategorii O3 // FGBOU VPO «Rostovskiy gosudarstvennyy universitet putey soobshcheniya». - Ch. 3. - Rostov-na-Donu: Rostovskiy gosudarstvennyy universitet putey soobshcheniya. - 2013. - S. 333-335.
16. Antonenkov M.A., Oganyan E.A., Podkolzin P.S. Gruzopassazhirskiy elektrobuss. Zayavka na izobretenie 2023103836 ot 20.02.2023. RF, MKI B 60 P 3/00.
17. Oganyan E.A. Razrabotka metodiki rascheta gidroprivoda pod"emnogo ustroystva dlya lits s ogranichennymi vozmozhnostyami // Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki. - Vyp. 6. - 2022. - S. 133-138.
18. Oganyan E.A. Analiz vliyaniya konstruktivnykh i ekspluatatsionnykh parametrov na rabotu gidravlicheskogo pod"emnika dlya lits s ogranichennymi vozmozhnostyami // Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki. - Vyp. 1. - 2023. - S. 67-71.
19. Kovalenko O.L. Elektronnye sistemy avtomobilyey: Uchebnoe posobie. - Arkhangel'sk: IPTS SAFU, 2013. - 80 s.
20. Ryazantsev V.I. Algoritmy upravleniya sistemami aktivnoy bezopasnosti avtomobilya // Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Nazemnye transportnye sistemy. - 2014. - T. 9. - №19(146). - S. 33-35.
21. Pat. 134373 Transportnoe sredstvo.

**Oganyan Eduard Arturovich**

Tula State University  
Address: 300012, Russia, Tula, Lenin Ave., 92  
Master's student  
E-mail: edikoganian@gmail.com

**Khmelev Roman Nikolaevich**

Tula State University  
Address: 300012, Russia, Tula, Lenin Ave., 92  
Doctor of technical sciences  
E-mail: aiah@yandex.ru

**Rybakov Gennady Petrovich**

Tula State University  
Address: 300012, Russia, Tula, Lenin Ave., 92  
Senior lecturer  
E-mail: genn-rybakov@yandex.ru

Научная статья

УДК 656.131:343.983.25

doi:10.33979/2073-7432-2023-3-5(82)-74-79

И.С. БРЫЛЕВ, С.А. ЕВТЮКОВ

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИЙ СБРОСА ВОДИТЕЛЯ И ПАССАЖИРА ДВУХКОЛЕСНОГО МЕХАНИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ДЛЯ ЗАДАЧ РЕКОНСТРУКЦИИ МЕХАНИЗМА ДТП

*Аннотация.* Рассмотрено модельно-ориентированное решение к реконструкции траекторий перемещений тел водителя и пассажира мотоцикла при столкновении. Представлены результаты оценки травмирования при сбросе в зависимости от скорости в момент контакта. Даны предложения по учету полученных результатов при разработке мер по снижению травмирования в рамках экспертной профилактики ДТП с участием мотоциклистов.

*Ключевые слова:* дорожно-транспортная экспертиза, экспертная профилактика, мотоцикл, реконструкция механизма ДТП, травмирование, столкновение, дорожно-транспортное происшествие

### **Введение**

Среди публикаций, посвященных реконструкции механизма ДТП с участием двухколесных механических транспортных средств в своем большинстве на настоящий момент преобладают исследования направленные на разработку систем помощи водителю [1, 2], систем стабилизации движения [3-5] и систем торможения мотоциклов [6-8]. В области реконструкции механизма ДТП с участием мотоциклов и экспертной профилактики таких ДТП, также преобладают исследования направленные на анализ скорости движения мотоциклов, реализацию модельно-ориентированного подхода к реконструкции [9] и обеспечение экспертов по анализу и реконструкции ДТП методами оптимизации расчетных решений при установлении места начала контактно-следового взаимодействия объектов исследования дорожно-транспортной экспертизы.

При этом даже с учетом общих положений перехода к модельно-ориентированной реконструкции механизма ДТП по [9] использование конечно-элементных, оболочечных и гибридных антропоморфных манекенов [10-13], на которые в большинстве своем опираются в 21-ом веке такие исследования, в реальной практике выполнения экспертами сильно ограничено. В этой связи, следует отметить, что существенно меньший объем работ посвящен определению причин травмирования (оценки уровня полученных значений индексов травмирования) и их связи с механикой и условиями наступления контакта (столкновения, опрокидывания).

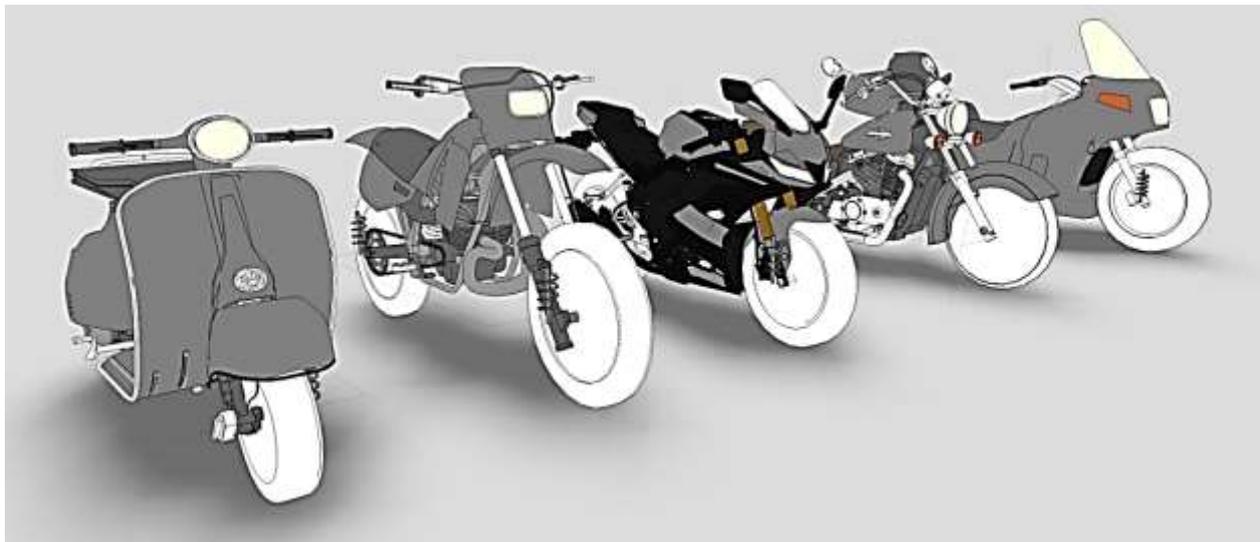
Оставаясь слабо обеспеченным средствами пассивной безопасности водитель и пассажир мотоцикла при столкновениях в большинстве случаев получают тяжкие и летальные травмы, практически не имея технических средств для снижения травмирования, за исключением носимой экипировки. При этом механизм сброса недостаточно исследован в части влияния как динамических, так и геометрических параметров положения водителя и пассажира на их последующие перемещения после начала столкновения (и/или опрокидывания мотоцикла). Исследованию траекторий сброса водителя и/или пассажира мотоцикла при столкновении и оценке связи величин индексов травмирования с условиями сброса посвящены отдельные экспериментальные исследования опубликованные в [14-19], однако в них до настоящего времени не реализован модельно-ориентированный подход.

### **Материал и методы**

С целью исследования траекторий сброса водителя и пассажира мотоцикла при столкновении с легковым транспортным средством были выполнены численные эксперимен-

ты в программе Virtual Crash 5, с учетом данных по натурным краш-тестов. Результаты верификации и валидации данного программного обеспечения представлены в [20-24]. Для анализа траекторий сброса и механики травмирования в программе Virtual Crash 5 использовались:

- две модели манекена человека (многодельная модель типа MADYMO [25]): мужской взрослый (78 кг, 176 см рост), женский взрослый (55 кг, 155 см рост);
- модели ТС(мишени): седан (БМВ 328, Е36) с вариацией загрузки с шагом в 50 кг; модели двухколесных механических ТС: скутер (Веспа PK5), кроссовый мотоцикл (КТМ125), спортивный (Ямаха R15), дорожный, большой круизер (Кавасаки Вояджер 12). Общий вид на модели двухколесных механических ТС использованных в исследовании показан на рисунке 1.



*Рисунок 1 – Модели двухколесных механических ТС, использованных в исследовании*

Рассматривались случаи столкновения и наезда (при котором седан-мишень не подвижен), варьирование скорости движения: 40, 60, 90 и 120 км/ч для ТС (мишени) и для всех двухколесных механических ТС. При этом учитывалось что в момент начала контакта мотоцикл мог находится в режимах: без торможения, с 50 % замедлением от максимального (рабочее торможение), с максимальным замедлением (т.е. экстренное торможение). Моделировался перекрестный удар, с зонированием: удар в переднюю ось мишени, удар в центральную стойку крыши мишени, удар в заднюю ось мишени.

### ***Результаты***

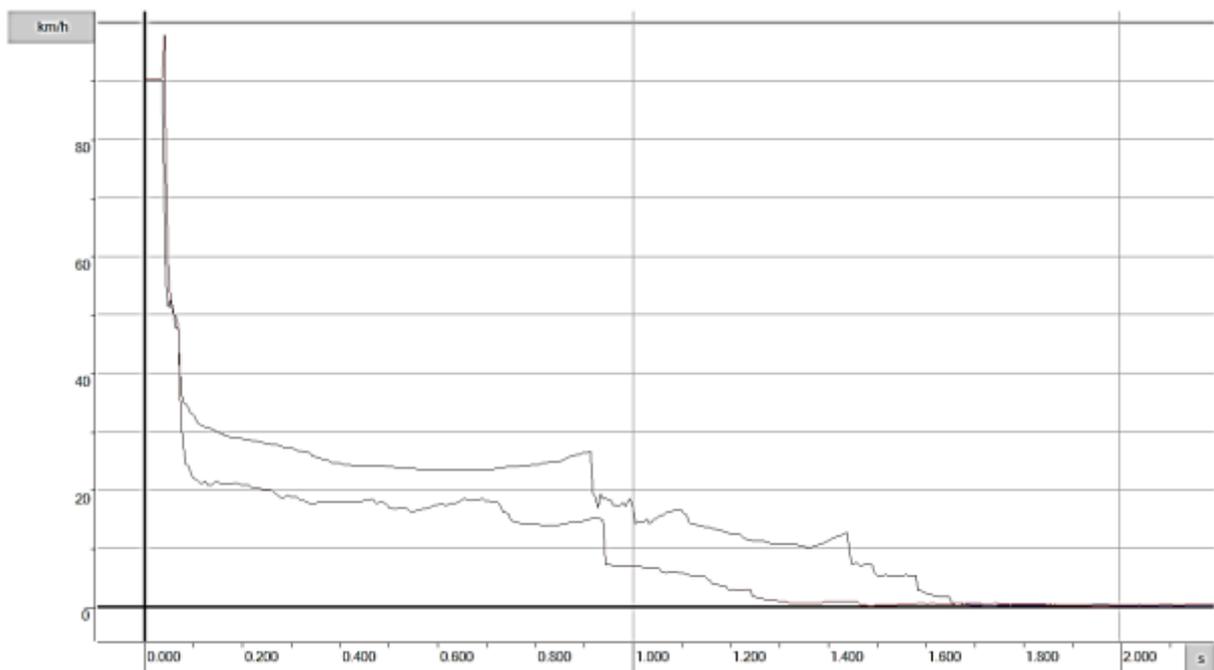
Всего было получено 360 результатов моделирования сброса, при этом сохранялись графики перемещений, изменения осевых ускорений/замедлений по центрам масс: тела водителя и пассажира мотоцикла в целом, их голов, конечностей. Рассчитывались индексы травмирования: AIS и НИС.

На рисунке 2 показан пример траекторий сброса водителя и пассажира мотоцикла (Ямаха) для случая торможения с экстренным торможением мотоцикла при 90 км/ч исходной скорости мотоцикла.

На рисунке 3 показан пример графика изменения скорости центра масс тела водителя и пассажира мотоцикла при сбросе для случая наезда при скорости 90 км/ч с торможением с замедлением в  $7,65 \text{ м/с}^2$ .



**Рисунок 2 – Пример траекторий сброса водителя и пассажира мотоцикла, полученных в ходе исследования (отображение перемещений ТС-мишени отключено)**



**Рисунок 3 – График изменения скорости центра масс водителя (красная линия на рисунке) и пассажира (синяя линия на рисунке) мотоцикла при сбросе**

### **Обсуждение**

В ходе реализации серии численных экспериментов было установлено (что также сходится в ранее опубликованными работами по результатам и анализу краш-тестов [17,19]), через 300 мс после первоначального контакта водитель взаимодействовал с рулем и ветровым стеклом, и его траектория была на 12,5 градусов выше горизонтали. В это время скорость центра масс водителя составляла 12 км/ч. Через 300 мс после удара траектория пассажира находилась на 4,2 градуса выше горизонтали. Скорость центра масс пассажира в этот момент составляла 28 км/ч. Для известных натуральных испытаний с разгонной тележкой с предупредительным торможением, за 300 мс траектория водителя была на 12,1 градуса выше горизонтали со скоростью 20,5 км/ч. Пассажирская траектория составляла 20,6 градусов со скоростью 27 км/ч. Вывод, который можно сделать из этого сравнения, заключается в том, что на дальность выброса мотоциклиста и пассажира может существенно повлиять замедление при торможении до начала контакта. Это происходит не только из-за различий в траектории, но и из-за скорости пассажиров после выброса из мотоцикла.

### **Выводы**

По результатам реализации моделей, в ракурсе на мероприятия и дальнейшие исследования для задач экспертной профилактики ДТП с участием двухколесных механических ТС, следует сделать следующие выводы:

1. Траектории сброса водителя и пассажира мотоцикла зависят от скорости предварительного торможения. Самые высокие траектории возникают при более низких значениях замедления, потому что пассажиры дольше остаются на мотоцикле, развивая более верти-

кальные скорости перед тем, как тронуться с места. Однако выше значения замедления около 1,10 g, увеличение замедления существенно не влияет на траекторию.

2. Присутствие пассажира очень мало влияет на траекторию движения водителя. Данные, собранные в ходе этого исследования, не показывают ни разницы, ни тенденции в различиях между сопоставимыми тестами.

3. Масса водителя и пассажира влияет на траекторию сброса, особенно для пассажира, в этой связи целесообразно в дальнейшем расширить серию численных экспериментов моделями манекена человека с весом до 110 кг и ростом 186 см.

4. Требуется учитывать положение центра масс пассажира и его смещение при экстренном торможении мотоцикла до начала КСВ для этого целесообразно разработать и исследовать дополнительные средства пассивной безопасности мотоцикла. В частности для кроссовых мотоциклов и для больших круизеров, где пассажир располагается много выше сброс пассажиров в 81% моделей при скоростях выше 60 км/ч приводил к AIS более 5.

5. Отдельным аспектом в связи с проведенным исследованием следует указать необходимость оценки перемещения и травмирования детей в детских удерживающих устройствах, закрепленных на пассажирском месте (возможно в крупных круизерах).

6. Следует выполнить дополнительные исследования с применением КЭ моделей для уточнения механики в LS-Dyna с учетом известных конструктивных решений по подушкам безопасности водителя мотоцикла для установления влияния демпфирования поступательных скоростей водителя и пассажира за ним при внедрении в объем раскрывшейся подушки, в том числе и для оптимизации ее формы, площади и определения порогов инициации с учетом развитых замедлений до начала контакта.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Flanigan E., Blizzard K., Rivadeneyra A., Campbell R. Motorcycle safety and intelligent transportation systems gap analysis. Final Report // U.S. Department of Transportation, FHWA Office of Operations (FHWA HOP).
2. Гаевский В.В., Иванов А.М. Проблемы применения интеллектуальных систем помощи водителю на одноколесных транспортных средствах // Труды НГТУ им. Р. Е. Алексеева. - 2018. - №3(122).
3. Пупков К.А., Андриков Д.А., Синельщикова М.А. Синтез H-робастного регулятора стабилизации движения мотоцикла // Вестник РУДН. Серия: Инженерные исследования. - 2015. - №3.
4. Аничкин И.М. Применение нейронной сети для управления мотоциклом // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. - 2005. - №23.
5. Льянов М.С. Прогнозирование устойчивости и тормозных свойств мототранспортных средств: Дис. ... д-ра техн. наук. - Владикавказ, 2008. - 343 с.
6. G. Roll, O. Hoffmann, Konig J. Effectiveness evaluation of antilock brake systems (ABS) for Motorcycles in Real-World Accident Scenarios // Presented at the ESV Conference. - 2009.
7. Savino G., Rizzi M., Brown J., Piantini S., Meredith L., Albanese B. et al. Further development of motorcycle autonomous emergency braking (MAEB). What can in-depth studies tell us? A Multinational Study // Traffic Injury Prevention. - Vol. 15. - 2014. - P. S165-S172
8. Savino G., Mackenzie J., Allen T., Baldock M., Brown J., Fitzharris M. A robust estimation of the effects of motorcycle autonomous emergency braking (MAEB) based on in-depth crashes in Australia // Traffic Inj Prev. - Vol. 17. - 2016.
9. Евтюков С.С. Методология оценки и повышения эффективности дорожно-транспортных экспертиз: Дис. ... д-ра техн. наук. - СПб, 2020. - 355 с.
10. Jie Sun, Zhengdong Li, Shaoyou Pan, Hao Feng, Yu Shao, Ningguo Liu, Ping Huang, Donghua Zou, Yijiu Chen. Identification of pre-impact conditions of a cyclist involved in a vehicle-bicycle accident using an optimized MADYMO reconstruction combined with motion capture // Journal of Forensic and Legal Medicine. - Vol. 56. - 2018. - P. 99-107.
11. Poulard, David & Chen, Huipeng & Crandall, Jeff & Dziewoński, Tomasz & Pędzisz, Michal & Panzer, Matthew. Component-level Biofidelity Assessment of Morphed Pedestrian Finite Element Models // Proceedings of the 2015 International IRCOBI Conference on the Biomechanics of Injury.
12. Hyncik, Ludek & Bońkowski, Tomasz & Vychytil, Jan. Virtual hybrid human body model for PTW safety assessment // Applied and Computational Mechanics. - 2017. - №11. - P. 137-144.
13. Yu C., Wang F., Wang B., Li G., Li F. A computational biomechanics human body model coupling finite element and multibody segments for assessment of head/brain injuries in car-to-pedestrian collisions // Int J Environ Res Public Health. - 2020. - №17(2). - P. 492.
14. Christopher D. Armstrong. Collision reconstruction methodologies. Vol. 4: Motorcycle Accident Reconstruction // Mecanica Scientific Svcs Corp. SAE International. - 2018.

15. Lloyd J. Biomechanics of solo motorcycle accidents // Journal of forensic biomechanics. - №6. - 2016. doi:10.4172/2090-2697.1000125.
16. Adamson, K.S., Alexander, P., Robinson, E.L., Johnson, G.M. et al. Seventeen motorcycle crash tests into vehicles and a barrier // SAE Technical Paper. – 2002. - doi:10.4271/2002-01-0551.
17. Severy D.M., Brink H.M., Blaisdell D.M. Motorcycle Collision Experiments // 14th Stapp Car Crash Conference, San Diego, CA, SAE Paper №700897. - 1970.
18. Ecker H., Wassermann J. Braking deceleration of motorcycle riders // International motorcycle safety conference // Orlando. - 2001.
19. Grandel J., Schaper D. Investigation into motorcycle driver and passenger safety in motorcycle accidents with two motorcycle riders // Eleventh international technical conference on experimental safety vehicles. – Washington. - 1987.
20. Semela M., Bradáč A. Procedure of collision solution with the help of Virtual CRASH software and possibilities of results validation // Journal: Soudní inženýrství. – 2007. – Vol. 18. – 2007. - P. 118-129.
21. Semela M., Coufal T. Research of impact parameters for traffic accident analysis in case of small overlap crash test: validation and comparison of impact parameters between real crash data and computer modeling // 2nd Annual International Conference on Forensic Science - Criminalistics Research. – 2014. - №2. - P. 1-9.
22. Bogdanovic V., Milutinovic N., Kostic S., Ruskic N. Research of the influences of input parameters on the result of vehicles collision simulation // Promet – Traffic & Transportation. - Vol. 24. – 2012. - №3. – P. 243-251.
23. Ali Can Yilmaz, Cigdem Aci & Kadir Aydin. Traffic accident reconstruction and an approach for prediction of fault rates using artificial neural networks: A case study in Turkey // Traffic Injury Prevention. - 17:6. – 2016. – P. 585-589. - DOI: 10.1080/15389588.2015.1122760.
24. Milan Paudel, Fook Fah Yap, Tanyana Binte Mohamed Rosli, Kai Hou Tan, Hong Xu, Nader Vahdati, Haider Butt, Oleg Shiryayev. A computational study on the basis for a safe speed limit for bicycles on shared paths considering the severity of pedestrian head injuries in bicyclist-pedestrian collisions // Accident Analysis & Prevention. – Vol. 176. – 2022. – 106792.
25. Design, Simulation and Virtual Testing MADYMO. TASS International, 2017. - 424 p.

**Брылев Илья Сергеевич**

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

**Евтюков Сергей Аркадьевич**

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет  
Адрес: 190005, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, 4  
Д.т.н., зав. кафедрой наземных транспортно-технологических машин  
E-mail: s.a.evt@mail.ru

---

I.S. BRYLEV, S.A. EVTYUKOV

## **MODELING OF THE TRAJECTORIES OF RIDERS AND PASSENGERS OF TWO-WHEELED MOTOR VEHICLES FOR THE PROBLEMS OF RECONSTRUCTION OF THE ACCIDENT MECHANISM**

***Abstract.** A model-oriented solution for the reconstruction of the trajectories of movements of the motorcycle driver and passenger bodies during a collision is considered. The results of estimation of injuries at dumping depending on the speed at the moment of contact are presented. Suggestions for accounting the received results in working out measures on reduction of traumatism within the limits of expert prevention of accidents with participation of motorcyclists are given.*

***Keywords:** traffic accident examination, expert prevention, motorcycle, reconstruction of accident mechanism, traumatization, collision*

### **BIBLIOGRAPHY**

1. Flanigan E., Blizzard K., Rivadeneyra A., Campbell R. Motorcycle safety and intelligent transportation systems gap analysis. Final Report // U.S. Department of Transportation, FHWA Office of Operations (FHWA HOP). - 2018.
2. Gaevskiy V.V., Ivanov A.M. Problemy primeneniya intellektual`nykh sistem pomoshchi voditel'yu na odnokoleynykh transportnykh sredstvakh // Trudy NGTU im. R. E. Alekseeva. - 2018. - №3(122).
3. Pupkov K.A., Andrikov D.A., Sinef`shchikova M.A. Sintez N-robastnogo regul'yatora stabilizatsii dvizheniya mototsikla // Vestnik RUDN. Seriya: Inzhenernye issledovaniya. - 2015. - №3.
4. Anichkin I.M. Primenenie neyronnoy seti dlya upravleniya mototsiklom // Nauchno-tehnicheskii vestnik informatsionnykh tekhnologiy, mekhaniki i optiki. - 2005. - №23.

5. L`yanov M.S. Prognozirovanie ustoychivosti i tormoznykh svoystv mototransportnykh sredstv: Dis. ... d-ra tekhn. nauk. - Vladikavkaz, 2008. - 343 s.
6. G. Roll, O. Hoffmann, Konig J. Effectiveness evaluation of antilock brake systems (ABS) for Motorcycles in Real-World Accident Scenarios // Presented at the ESV Conference. - 2009.
7. Savino G., Rizzi M., Brown J., Piantini S., Meredith L., Albanese B. et al. Further development of motorcycle autonomous emergency braking (MAEB). What can in-depth studies tell us? A Multinational Study // Traffic Injury Prevention. - Vol. 15. - 2014. - R. S165-S172
8. Savino G., Mackenzie J., Allen T., Baldock M., Brown J., Fitzharris M. A robust estimation of the effects of motorcycle autonomous emergency braking (MAEB) based on in-depth crashes in Australia // Traffic Inj Prev. - Vol. 17. - 2016.
9. Evtyukov S.S. Metodologiya otsenki i povysheniya effektivnosti dorozhno-transportnykh ekspertiz: Dis. ... d-ra tekhn. nauk. - SPb, 2020. - 355 s.
10. Jie Sun, Zhengdong Li, Shaoyou Pan, Hao Feng, Yu Shao, Ningguo Liu, Ping Huang, Donghua Zou, Yijiu Chen. Identification of pre-impact conditions of a cyclist involved in a vehicle-bicycle accident using an optimized MADYMO reconstruction combined with motion capture // Journal of Forensic and Legal Medicine. - Vol. 56. - 2018. - P. 99-107.
11. Poulard, David & Chen, Huipeng & Crandall, Jeff & Dziewo?ski, Tomasz & P?dzisz, Michal & Panzer, Matthew. Component-level Biofidelity Assessment of Morphed Pedestrian Finite Element Models // Proceedings of the 2015 International IRCOBI Conference on the Biomechanics of Injury.
12. Hyncik, Ludek & Bokowski, Tomasz & Vyhytil, Jan. Virtual hybrid human body model for PTW safety assessment // Applied and Computational Mechanics. - 2017. - №11. - R. 137-144.
13. Yu C., Wang F., Wang B., Li G., Li F. A computational biomechanics human body model coupling finite element and multibody segments for assessment of head/brain injuries in car-to-pedestrian collisions // Int J Environ Res Public Health. - 2020. - №17(2). - R. 492.
14. Christopher D. Armstrong. Collision reconstruction methodologies. Vol. 4: Motorcycle Accident Reconstruction // Mecanica Scientific Svcs Corp. SAE International. - 2018.
15. Lloyd J. Biomechanics of solo motorcycle accidents // Journal of forensic biomechanics. - №6. - 2016. doi:10.4172/2090-2697.1000125.
16. Adamson, K.S., Alexander, P., Robinson, E.L., Johnson, G.M. et al. Seventeen motorcycle crash tests into vehicles and a barrier // SAE Technical Paper. - 2002. - doi:10.4271/2002-01-0551.
17. Severy D.M., Brink H.M., Blaisdell D.M. Motorcycle Collision Experiments // 14th Stapp Car Crash Conference, San Diego, CA, SAE Paper №700897. - 1970.
18. Ecker H., Wassermann J. Braking deceleration of motorcycle riders // International motorcycle safety conference // Orlando. - 2001.
19. Grandel J., Schaper D. Investigation into motorcycle driver and passenger safety in motorcycle accidents with two motorcycle riders // Eleventh international technical conference on experimental safety vehicles. - Washington. - 1987.
20. Semela M., Brad A. Procedure of collision solution with the help of Virtual CRASH software and possibilities of results validation // Journal: Soudn inenrstv. - 2007. - Vol. 18. - 2007. - P. 118-129.
21. Semela M., Coufal T. Research of impact parameters for traffic accident analysis in case of small over-lap crash test: validation and comparison of impact parameters between real crash data and computer modeling // 2nd Annual International Conference on Forensic Science - Criminalistics Research. - 2014. - №2. - R. 1-9.
22. Bogdanovic V., Milutinovic N., Kostic S., Ruskic N. Research of the influences of input parameters on the result of vehicles collision simulation // Promet - Traffic & Transportation. - Vol. 24. - 2012. - №3. - R. 243-251.
23. Ali Can Yilmaz, Cigdem Aci & Kadir Aydin. Traffic accident reconstruction and an approach for prediction of fault rates using artificial neural networks: A case study in Turkey // Traffic Injury Prevention. - 17:6. - 2016. - R. 585-589. - DOI: 10.1080/15389588.2015.1122760.
24. Milan Paudel, Fook Fah Yap, Tanyana Binte Mohamed Rosli, Kai Hou Tan, Hong Xu, Nader Vahdati, Haider Butt, Oleg Shiryayev. A computational study on the basis for a safe speed limit for bicycles on shared paths considering the severity of pedestrian head injuries in bicyclist-pedestrian collisions // Accident Analysis & Prevention. - Vol. 176. - 2022. - 106792.
25. Design, Simulation and Virtual Testing MADYMO. TASS International, 2017. - 424 p.

**Ilya Sergeevich Brylev**

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

**Evtyukov Sergey Arkadievich**

Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering  
Address: 190005, Russia, Saint-Petersburg, 2nd Krasnoarmeiskaya str., 4  
Doctor of technical sciences  
E-mail: s.a.evt@mail.ru

Научная статья

УДК 656.025

doi:10.33979/2073-7432-2023-3-5(82)-80-85

Т.А. ВЕТРОВА

## РАЗВИТИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ ПРИМЕНЕНИЯ ПОНЯТИЙ «ПОДМАРШРУТ» И «ПОДГРУППА»

*Аннотация.* Существующие методики построения маршрутов и маршрутных сетей основаны на анализе статистических данных о стабильных пассажиропотоках. Разрабатываемая автором методика динамического управления маршрутами общественного транспорта предполагает необходимость построения маршрутов движения автобусов в режиме реального времени с учетом текущего спроса. Она основана на работе с подмаршрутами и подгруппами пассажиров, чем обусловлена необходимость дальнейшего теоретического развития данных понятий. В работе автором установлены зависимости изменения максимального количества подгрупп пассажиров на перегоне от количества остановочных пунктов маршрута для маятниковых и кольцевых маршрутов.

*Ключевые слова:* подмаршрут, подгруппа, городской пассажирский транспорт, пассажирские перевозки, оперативная маршрутизация

### **Введение**

Анализ работ отечественных и зарубежных исследователей, позволяет сделать вывод о том, что существующие методики построения маршрутной сети и открытия маршрута не учитывают особенности отдельных населенных пунктов, часто имеют абстрактный, описательный характер без четкого алгоритма (методики) проектирования и основаны на работе с устойчивыми, стабильными пассажиропотоками [1-10].

В своих работах [11-13] автор выдвигает и развивает идею формирования маршрутной сети в режиме реального времени с учетом фактического спроса на перевозку.

В работе [11] автор предложил ввести новые понятия «подмаршрут» и «подгруппа», необходимые для оценки различных маршрутов с точки зрения однотипных элементов и всех возможных групп пассажиров.

Подмаршрут – любой возможный путь следования пассажира или группы пассажиров в пределах существующего маршрута, который может как полностью совпадать с ним, так и не совпадать начальным и (или) конечным остановочным пунктом с этим маршрутом.

Подгруппа – пассажир или группа пассажиров, движущиеся по одному подмаршруту.

Также, в работе [11] получены зависимости изменения максимального количества подмаршрутов и подгрупп от количества остановочных пунктов для маятниковых и кольцевых маршрутов.

В вопросе работы со статистическими данными, вычленение подмаршрутов, и соответственно, подгрупп пассажиров, следующих по ним, необходимо, в том числе, для определения колебаний спроса на всех возможных участках маршрута. Так, например, на перегонах 1-2 и 2-3 в отдельности колебания могут быть незначительными, в то время как на подмаршруте 1-3 – высокими, что будет свидетельствовать о необходимости внедрения оперативного управления.

Разрабатываемая автором методика динамического управления маршрутами общественного транспорта с учетом текущего спроса также основана на работе с подмаршрутами и подгруппами пассажиров, поэтому необходимо дальнейшее развитие теоретических основ применения данных понятий.

Данное исследование посвящено определению закономерности изменения максимального количества подгрупп пассажиров на перегонах в зависимости от типа маршрута и общего количества остановочных пунктов.

### **Материал и методы**

В предыдущих исследованиях автор предложил определять максимальное число подгрупп пассажиров следующим образом.

Для маятникового маршрута:

$$r_m = \sum_{a=1}^{n-1} a, \quad (1)$$

где  $a$  – целочисленный оператор;

$n$  – количество остановочных пунктов, ед.;

Для кольцевого маршрута (при условии рассмотрения подмаршрутов от всех точек до всех точек, кроме самой себя):

$$r_k = n(n - 1) \quad (2)$$

### Теория / Расчет

Ранее автором установлено, что максимальное количество подмаршрутов равно максимальному количеству подгрупп ( $r_{\max} = p_{\max}$ ) [11]. Одна подгруппа может перемещаться по нескольким перегонам, поэтому некоторые из них являются для нее транзитными, а одноконечным.

Для любого маршрута количество подмаршрутов, оканчивающихся на данном остановочном пункте (ОП) равно числу подгрупп, завершающих поездку на данном ОП и можно определить по формуле:

$$n_r = n_i - 1, \quad (3)$$

где  $n_i$  – порядковый номер остановочного пункта.

Рассмотрим условный маятниковый маршрут с четырьмя остановочными пунктами (с учетом начального и конечного). В таблице 1 приведен объем перевозок на рассматриваемом маршруте за 1 рейс, количество проехавших пассажиров по каждому перегону и подмаршруту. Количество проехавших пассажиров по перегону равно сумме пассажиров, следующих по данному подмаршруту и транзитных. Транзитные пассажиры на перегоне – пассажиры, для которых конечный пункт перегона не является конечным пунктом подмаршрута следования. На пример, для перегона 1-2: следующие по данному подмаршруту –  $q_{1-2} = 2$  пас., транзитные –  $q_{1-3} = 4$  пас.,  $q_{1-4} = 9$  пас. На последнем перегоне маршрута транзитных пассажиров нет. Жирным контуром в таблице выделены ячейки с числом пассажиров, составляющих общий объем перевозок.

Таблица 1 – Объем перевозок по подмаршрутам за один рейс на рассматриваемом маршруте

Перегон	Проехало пассажиров	Следовало по подмаршруту, пас					
		1-2	1-3	1-4	2-3	2-4	3-4
1-2	15	2	4	9	-	-	-
2-3	22	-	4	9	3	6	-
3-4	17	-	-	9	-	6	2
Всего		2	4	9	3	6	2
		26					

Для данного примера объем перевозок определяется как:

$$Q = q_{1-2} + q_{1-3} + q_{1-4} + q_{2-3} + q_{2-4} + q_{3-4} = 26 \text{ пас.}$$

Вошло-вышло на каждом ОП:

1 ОП: вошло 15 пассажиров;

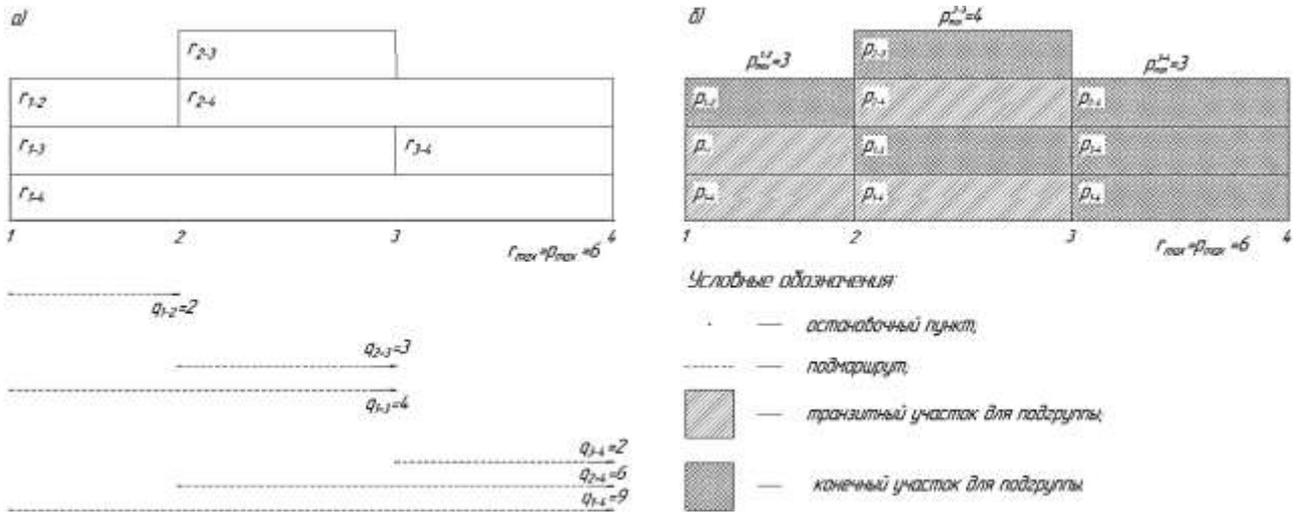
2 ОП: вышло 2 пассажира, вошло - 9;

3 ОП: вышло 7 пассажиров, вошло - 2;

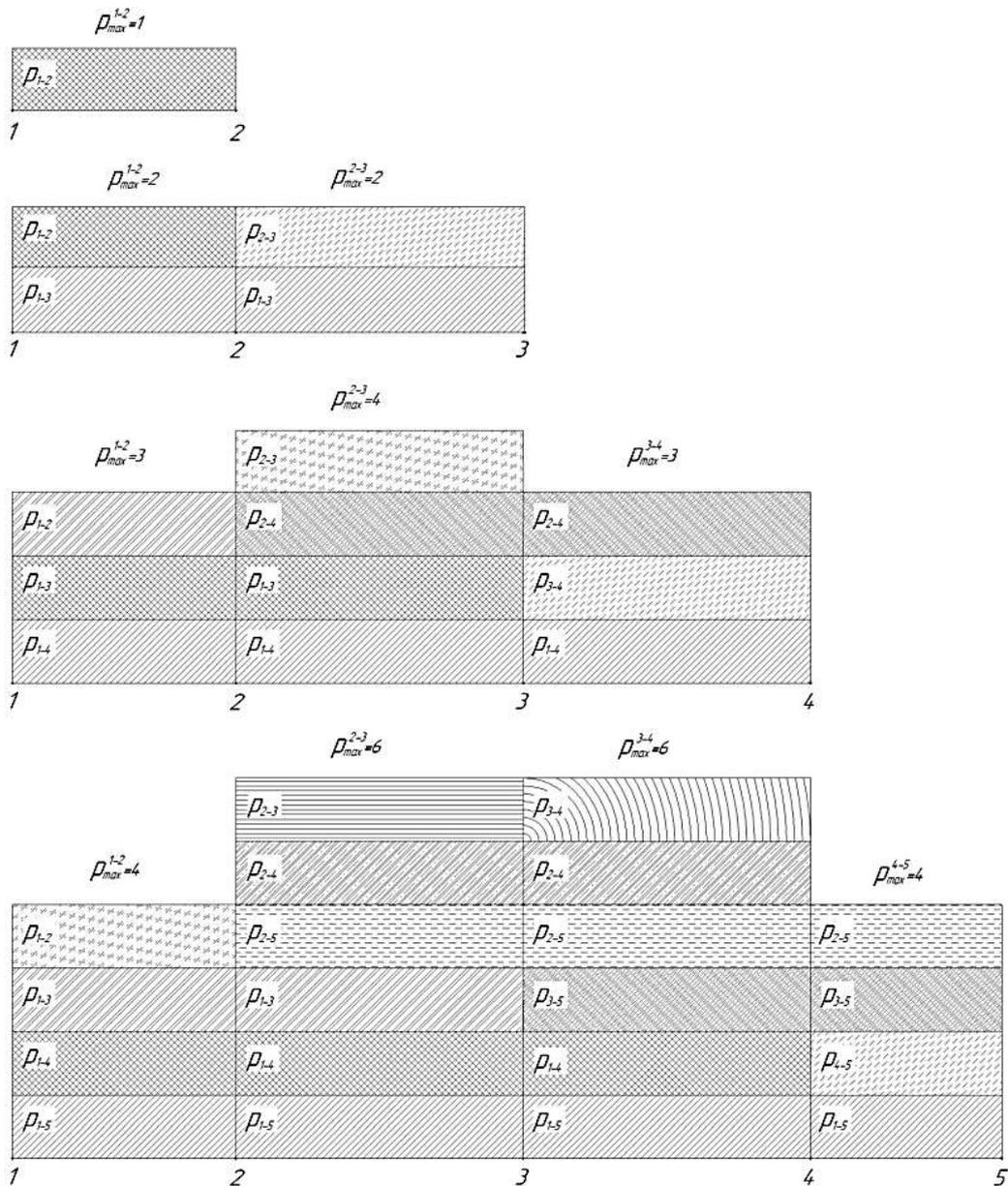
4 ОП: вышло 17 пассажиров.

Представим для наглядности маршрут с точки зрения разделения на подмаршруты и подгруппы в графической форме.

На рисунке 1 а представлены все возможные подмаршруты ( $r_i$ ) приведенного маршрута и количество пассажиров, перемещающихся по ним ( $q_i$ ). На рисунке 1 б изображена схематичная эпюра максимально возможного количества подгрупп пассажиров, проезжающих по каждому перегону ( $p_{\max}^i$ ). Также, различными видами штриховки обозначены транзитные и конечные участки для каждой подгруппы и отмечено максимальное число подмаршрутов/подгрупп в целом для маршрута, определенное по формуле (1), ( $q_{\max} = r_{\max}$ ).



**Рисунок 1 – Пример определения количества подмаршрутов и подгрупп пассажиров для маятникового маршрута с 4-мя остановочными пунктами**



**Рисунок 2 – Максимальное количество подгрупп на перегонах маятниковых маршрутов**

На рисунке 2 представлено максимальное количество подгрупп пассажиров на каждом перегоне для маятниковых маршрутов с количеством остановочных пунктов от 2-х до 5-ти. Каждой подгруппе соответствует один вид штриховки.

Определение максимального числа подгрупп пассажиров каждого перегона для кольцевого маршрута затруднительно изобразить в подобном виде, но расчет происходит аналогичным образом.

Расчет для кольцевого маршрута производился с учетом возможности неоднократного проезда начального ОП, т.е. подмаршрут следования подгруппы предполагает все возможные варианты, кроме окончания в пункте посадки.

Результаты определения количества подгрупп для каждого перегона маятниковых и кольцевых маршрутов с количеством остановочных пунктов от двух до пяти представлены в таблице 2.

Полученные итоговые зависимости изменения количества подгрупп пассажиров от количества остановочных пунктов маршрута приведены в следующем разделе.

Таблица 2 – Частные зависимости изменения количества подгрупп каждого перегона от количества остановочных пунктов

Количество ОП маршрута (n)	Перегон	Максимальное число подгрупп ( $p_{max}^i$ )	
		Маятниковый маршрут	Кольцевой маршрут
2	1-2	n-1=1	-
	2-1	-	n-1=1
3	1-2	n-1=2	n-1=2
	2-3	n-1=2	n=3
	3-1	-	n-1=2
4	1-2	n-1=3	n-1=3
	2-3	n=4	n+1=5
	3-4	n-1=3	n+1=5
	4-1	-	n-1=3
5	1-2	n-1=4	n-1=4
	2-3	n+1=6	n+2=7
	3-4	n+1=6	n+3=8
	4-5	n-1=4	n+2=7
	5-1	-	n-1=4

С помощью полученных данных определим общие зависимости изменения максимального количества подгрупп на перегоне от количества остановочных пунктов маршрута.

**Результаты**

Максимальное количество подгрупп, следующих по данному перегону различно для маятникового и кольцевого маршрута. Для маятникового оно определяется по формуле:

$$p_x^m = -x^2 + nx, \tag{4}$$

где  $x$  – номер перегона;

$n$  – количество остановок маршрута (с учетом начальной и конечной), ед.

Для кольцевого маршрута максимальное количество подгрупп на перегоне определяется по формуле:

$$p_x^k = -x^2 + (n + 1)x - 1. \tag{5}$$

Полученные зависимости позволяют определить максимальное количество подгрупп пассажиров на любом перегоне не зависимо от конфигурации маршрута и его характеристик.

**Выводы**

Таким образом, в ходе исследования установлены зависимости изменения максимального количества подгрупп пассажиров на перегоне от количества остановочных пунктов маршрута. Зависимости определены как для маятникового, так и кольцевого типа маршрутов.

Полученные результаты станут элементом разрабатываемого автором алгоритма принятия решений динамического управления сетью городского пассажирского транспорта.

Основанная на работе с подгруппами пассажиров динамическая маршрутизация позволит внедрить наиболее эффективные управленческие решения.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новиков А.Н., Кулев А.В., Кулев М.В., Кулева Н.С. Методика организации маршрутной сети городского пассажирского транспорта общего пользования // Мир транспорта и технологических машин. - 2015. - №1(48). - С. 85-92.
2. Иванов И.А., Терентьев А.В. Аналитическая модель формирования автобусных маршрутов в цифровой транспортной экосистеме // Вестник гражданских инженеров. - 2020. - №5(82). - С. 194-198.
3. Акопов Ф.В., Хорошилова А.Д., Фаддейкина Ю.С. Вопросы проектирования и реформирования маршрутных сетей городского наземного пассажирского транспорта общего пользования // Мир транспорта. - 2019. - Т. 17. - №5(84). - С. 254-267.
4. Носов А.Л. Построение транспортной модели маршрутной сети города // Логистика сегодня. - 2017. - №1. - С. 48-54.
5. Капский Д.В., Скиркоцкий С.В. Методические подходы к построению сети городского маршрутного пассажирского транспорта / Под общей редакцией Ю.И. Кулаженко // Проблемы безопасности на транспорте: Материалы XI Международной научно-практической конференции. - Ч. 2. - Гомель: Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта». - 2021. - С. 82-84.
6. Енин Д.В., Белокуров С.В. Технология формирования кольцевых маршрутов движения пассажирского транспорта в городах // Труды Красноярского государственного технического университета. - 2006. - №2-3. - С. 281-290.
7. Мартынова Ю.А., Мартынов Я.А. Формализация задачи организации маршрутных сетей городского пассажирского транспорта // Интернет-журнал Науковедение. - 2014. - №6(25). - С. 121.
8. Якимов М.Р. Подходы к формированию эффективной маршрутной сети крупных городов // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. - 2022. - №3(55). - С. 107-113.
9. Бурлуцкий А.А., Елугачев П.А. Развитие подхода к совершенствованию маршрутной схемы пассажирского транспорта крупного города // Мир транспорта. - 2020. - Т. 18. - №4(89). - С. 174-187.
10. Ульянов С.А. Проектирование маршрутной сети городского наземного пассажирского транспорта // Вестник транспорта. - 2011. - №8. - С. 37-38.
11. Зырянов В.В., Ветрова Т.А. Коэффициент эталонности пространственно-геометрических характеристик маршрута // Мир транспорта и технологических машин. - 2022. - №2(77). - С. 46-53.
12. Ветрова Т.А., Петров А.И. Техническое обеспечение оперативного управления пассажирскими перевозками // Техника и технология транспорта. - 2022. - №4(27).
13. Ветрова Т.А. Преимущества введения динамического управления общественным транспортом // Инновационный транспорт. - 2022. - №4(46). - С. 14-16.
14. Лебедева О.А. Проектирование эффективных маршрутов пассажирского транспорта для городской сети с использованием теории графов // Сборник научных трудов Ангарского государственного технического университета. - 2019. - Т. 1. - №16. - С. 173-178.
15. Еремина А.В. Транспортное планирование городов. Использование современных технологий для улучшения транспортной сети // Телекоммуникационное оборудование российского происхождения: проблемы и перспективы: Сборник тезисов докладов Открытой региональной научно-практической конференции. - Уфа: Башкирский государственный университет. - 2017. - С. 88-90.
16. Якимов М.Р. О подходах к формированию эффективной системы пассажирского транспорта общего пользования // Интеллект. Инновации. Инвестиции. - 2019. - №8. - С. 10-18.
17. Белокуров С.В. Оптимизация и управление единой маршрутной транспортной сетью города // Вестник компьютерных и информационных технологий. - 2009. - №9(63). - С. 27-33.
18. Носов А.Л. Оптимизация маршрутной сети движения городского пассажирского транспорта // Инновационное развитие экономики. - 2018. - №5(47). - С. 92-98.
19. Атажанов М.К., Сайлиев М.И.у., Фармонов Ш.Ш. Автоматизированные системы управления на городском пассажирском транспорте // Достижения науки и образования. - 2020. - №3(57). - С. 11-13.
20. Знаменский Д.Н., Федоров М.П. Построение комплексной модели оптимизации маршрутной сети городского пассажирского транспорта // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. - 2011. - №3(121). - С. 154-159.
21. Pternea M., Keraptsoglou K., Karlaftis M.G. Sustainable urban transit network design // Transp. Res. Part A Policy Pract. - 2015. - P. 276-291.

**Ветрова Татьяна Алексеевна**

Донской государственный технический университет

Адрес: 344003, Россия, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д. 1.

аспирант кафедры «Организация перевозок и дорожного движения»

E-mail: vedmatanka@mail.ru

---

T.A. VETROVA

**DEVELOPMENT OF THE THEORETICAL FOUNDATIONS FOR THE APPLICATION OF THE CONCEPTS «SUB-ROOUT» AND «SUB-GROUP»**

**Abstract.** The existing methods for constructing routes and route networks are based on the analysis of statistical data on stable passenger flows. The method of dynamic management of public transport routes developed by the author implies the need to build bus routes in real time, taking into account current demand. It is based on working with subroutes and sub-groups of passengers, which necessitates further theoretical development of these concepts. In the work, the author established the dependences of the change in the maximum number of subgroups of passengers on the haul on the number of stopping points of the route for pendulum and ring routes.

**Keywords:** sub-route, sub-group, urban passenger transport, passenger transportation, operational routing.

## BIBLIOGRAPHY

1. Novikov A.N., Kulev A.V., Kulev M.V., Kuleva N.S. Metodika organizatsii marshrutnoy seti gorod-skogo passazhirskogo transporta obshchego pol'zovaniya // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2015. - №1(48). - S. 85-92.
2. Ivanov I.A., Terent`ev A.V. Analiticheskaya model' formirovaniya avtobusnykh marshrutov v tsifrovoy transportnoy ekosisteme // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. - 2020. - №5(82). - S. 194-198.
3. Akopov F.V., Horoshilova A.D., Faddeykina Yu.S. Voprosy proektirovaniya i reformirovaniya marshrutnykh setey gorodskogo nazemnogo passazhirskogo transporta obshchego pol'zovaniya // Mir transporta. - 2019. - T. 17. - №5(84). - S. 254-267.
4. Nosov A.L. Postroenie transportnoy modeli marshrutnoy seti goroda // Logistika segodnya. - 2017. - №1. - S. 48-54.
5. Kapskiy D.V., Skirkovskiy S.V. Metodicheskie podkhody k postroeniyu seti gorodskogo marshrutnogo passazhirskogo transporta / Pod obshchey redaktsiey Yu.I. Kulazhenko // Problemy bezopasnosti na transporte: Materialy XI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - CH. 2. - Gomel': Uchrezhdenie obrazovaniya «Belorusskiy gosudarstvennyy universitet transporta». - 2021. - S. 82-84.
6. Enin D.V., Belokurov S.V. Tekhnologiya formirovaniya kol'tsevykh marshrutov dvizheniya passazhirskogo transporta v gorodakh // Trudy Krasnoyarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. - 2006. - №2-3. - S. 281-290.
7. Martynova Yu.A., Martynov Ya.A. Formalizatsiya zadachi organizatsii marshrutnykh setey gorodskogo passazhirskogo transporta // Internet-zhurnal Naukovedenie. - 2014. - №6(25). - S. 121.
8. Yakimov M.R. Podkhody k formirovaniyu effektivnoy marshrutnoy seti krupnykh gorodov // Vestnik Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta putey soobshcheniya. - 2022. - №3(55). - S. 107-113.
9. Burlutskiy A.A., Elugachev P.A. Razvitie podkhoda k sovershenstvovaniyu marshrutnoy skhemy passazhirskogo transporta krupnogo goroda // Mir transporta. - 2020. - T. 18. - №4(89). - S. 174-187.
10. Ul'yanov S.A. Proektirovanie marshrutnoy seti gorodskogo nazemnogo passazhirskogo transporta // Vestnik transporta. - 2011. - №8. - S. 37-38.
11. Zyryanov V.V., Vetrova T.A. Koeffitsient etalonnosti prostranstvenno-geometricheskikh kharakteristik marshruta // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2022. - №2(77). - S. 46-53.
12. Vetrova T.A., Petrov A.I. Tekhnicheskoe obespechenie operativnogo upravleniya passazhirskimi pe-revozkami // Tekhnika i tekhnologiya transporta. - 2022. - №4(27).
13. Vetrova T.A. Preimushchestva vvedeniya dinamicheskogo upravleniya obshchestvennym transportom // Innovatsionnyy transport. - 2022. - №4(46). - S. 14-16.
14. Lebedeva O.A. Proektirovanie effektivnykh marshrutov passazhirskogo transporta dlya gorodskoy seti s ispol'zovaniem teorii grafov // Sbornik nauchnykh trudov Angarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. - 2019. - T. 1. - №16. - S. 173-178.
15. Eremina A.V. Transportnoe planirovanie gorodov. Ispol'zovanie sovremennykh tekhnologiy dlya uluchsheniya transportnoy seti // Telekommunikatsionnoe oborudovanie rossiyskogo proiskhozhdeniya: problemy i perspektivy: Sbornik tezisov dokladov Otkrytoy regional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Ufa: Bashkirskiy gosudarstvennyy universitet. - 2017. - S. 88-90.
16. Yakimov M.R. O podkhodakh k formirovaniyu effektivnoy sistemy passazhirskogo transporta obshchego pol'zovaniya // Intellekt. Innovatsii. Investitsii. - 2019. - №8. - S. 10-18.
17. Belokurov S.V. Optimizatsiya i upravlenie edinoy marshrutnoy transportnoy set'yu goroda // Vestnik komp'yuternykh i informatsionnykh tekhnologiy. - 2009. - №9(63). - S. 27-33.
18. Nosov A.L. Optimizatsiya marshrutnoy seti dvizheniya gorodskogo passazhirskogo transporta // Innovatsionnoe razvitie ekonomiki. - 2018. - №5(47). - S. 92-98.
19. Atazhanov M.K., Sayliev M.I.u., Farmonov SH.SH. Avtomatizirovannye sistemy upravleniya na gorodskom passazhirskom transporte // Dostizheniya nauki i obrazovaniya. - 2020. - №3(57). - S. 11-13.
20. Znamenskiy D.N., Fedorov M.P. Postroenie kompleksnoy modeli optimizatsii marshrutnoy seti gorodskogo passazhirskogo transporta // Nauchno-tekhnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. - 2011. - №3(121). - S. 154-159.
21. Pternea M., Kepaptsoglou K., Karlaftis M.G. Sustainable urban transit network design // Transp. Res. Part A Policy Pract. - 2015. - P. 276-291.

**Vetrova Tatiana Alekseevna**

Don State Technical University

Address: 344003, Russia, Rostov-on-Don, pl. Gagarin, 1

Postgraduate student

E-mail: vedmatanka@mail.ru

Научная статья

УДК 629.351

doi:10.33979/2073-7432-2023-3-5(82)-86-91

ЗАР НИ ЛИН, В.Н. СИДОРОВ

## РАЗРАБОТКА РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МЕТОДИКИ ПОЛУЧЕНИЯ ГОРОДСКОГО ЕЗДОВОГО ЦИКЛА

***Аннотация.** В статье приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований. В статье предложена расчетно-экспериментальная методика получения типового городского ездового цикла с возможностью его корректировки с учетом особенности маршрута и его загрузки на примере города Калуги. Для построения ездового цикла репрезентативный ездовой цикл генерируется с использованием метода *k*-средних. Для расчетов применялись вычислительные комплексы *MATLAB* и *Microsoft Excel*. Результаты показывают, что этот ездовой цикл более репрезентативен для реального вождения, чем другие известные ездовые циклы. Используя этот репрезентативный ездовой цикл, можно оценить расход топлива, а также проанализировать стратегию вождения гибридного автомобиля и управление энергопотреблением электроавтомобиля для города Калуги.*

***Ключевые слова:** ездовой цикл, *k*-среднее, микропоездка, расход топлива, выброс выхлопных газов*

### **Введение**

Ездовой цикл - это репрезентативный график зависимости скорости от времени в конкретном регионе или городе [1, 2]. Цикл движения также характеризует поведение транспортного средства на дороге посредством серии событий ускорения, замедления, холостого хода и движения на холостом ходу и имеет широкий круг пользователей, от разработки систем управления движением до определения характеристик транспортных средств [3, 4]. Что еще более важно, он используется при испытании транспортных средств на выбросы для сертификации норм выбросов [5, 6].

Проведен анализ большинства используемых в мире ездовых циклов, которые разделены на три группы: европейские, американские и японские. Самыми распространенными и используемыми являются Европейский NEDC (модальный) и Американский ездовой цикл FTP-75 (неустановившийся) [7, 8]. Выявлено, что большинство развитых стран мира имеют несколько стандартных ездовых циклов, которые предназначены для оценки топливной экономичности и экологических качеств автомобиля в различных типичных условиях. Причем порядок и условия проведения разных ездовых циклов даже в пределах одной страны существенно различаются и происходит постоянное обновление и замена устаревших циклов. Это связано с тем, что условия движения в городах и вне их довольно быстро изменяются с течением времени.

В настоящее время ведутся работы над проблемой сокращения времени и затрат для получения типичных ездовых циклов, соответствующих заданным условиям движения. Так, лаборатория EPA (США) впервые при разработке циклов использовала электронную базу данных эксперимента - накопление данных о элементарных составляющих циклов или фазы движения автомобиля [9, 10]. Европейские ученые первые использовали кластерный анализ и цепи Маркова при синтезе ездового цикла. Выявлено, что рассмотренные методики не позволяют рассчитывать типовые городские ездовые циклы на основе базовых циклов путем добавления поправочных коэффициентов, учитывающих особенности маршрута и его загрузки.

### **Материал и методы**

#### Метод ездового цикла

Расчетно-экспериментальная методика разработки ездового цикла включает выбор маршрутов, времени сбора данных с учетом степени загрузки выбранных маршрутов (рис. 1).



Рисунок 1 – Блок-схема методики разработки ездового цикла

Предложена расчетно-экспериментальная методика предусматривает выбор типовых маршрутов движения, его схематизация по количеству светофоров, пешеходных переходов, по расстоянию между ними, сбор статистических данных типовых скоростных профилей на типовых маршрутах и различных их загрузках при движении автомобиля в условиях реального города (рис. 2).

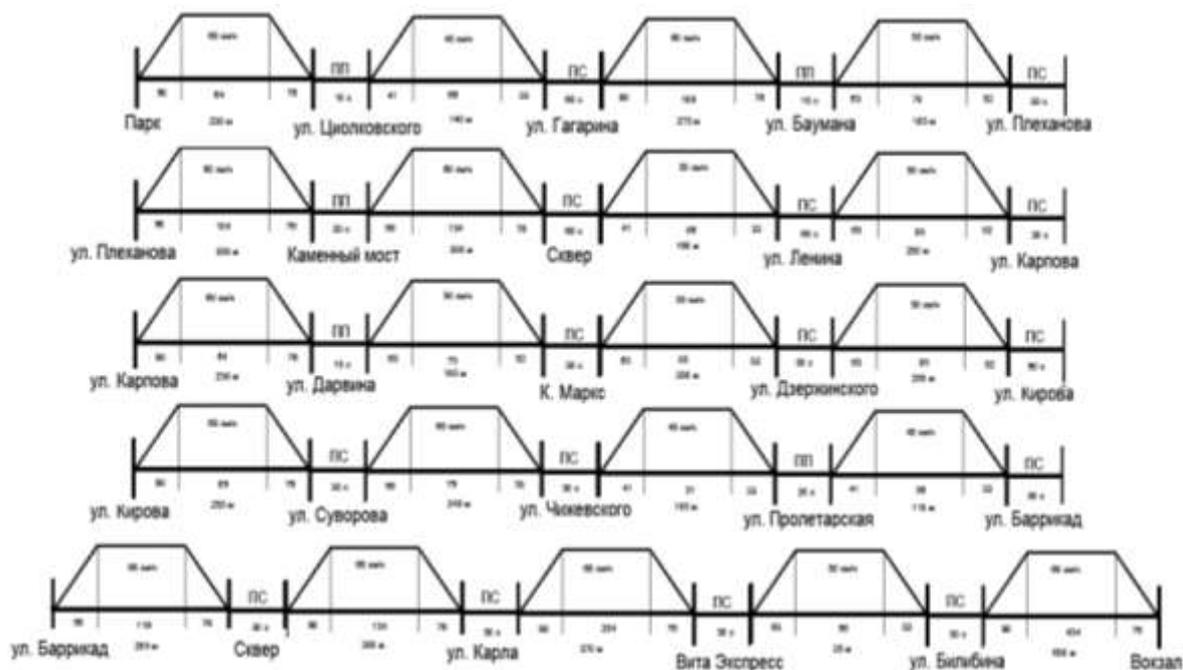


Рисунок 2 – Схематизация типового маршрута движения города Калуги «Парк им. Циолковского – Ж.д. вокзал»

### Теория

Анализ полученных данных о скоростном профиле с целью выделения элементов ездового цикла с учетом загрузки маршрутов выполнялся с помощью разработанной автором программы в среде «MatLab» на основе работы [11]. За базовый ездовой цикл на данном маршруте принимался цикл записанный в утреннее безлюдное время. Для других ездовых циклов на данном маршруте определялся поправочный коэффициент, учитывающий степень загрузки маршрута на основе экспериментальных статистических данных. Собранная база данных состоит из элементарных составляющих ездового цикла - фаз движения для харак-

терных маршрутов движения и степени их загрузки, составленная по расчетно-экспериментальной методике.

Расчетно-экспериментальным методом был построен ездовой цикл с учетом маршрутов движения на примере города Калуги. Для этого микропоездки [12, 13], смоделированные на основе статистических данных, для различных маршрутов и степени их загрузки были сгруппированы в три кластера с использованием подхода кластеризации k-средних: перегруженного, среднего и свободного трафика [14, 15]. Было выявлено что при увеличении средней скорости движения доля холостого хода снижается [16]. Микропоездки, находящиеся ближе всего к центру кластера были приняты за репрезентативными микропоездками каждой кластерной группы (рис. 3).

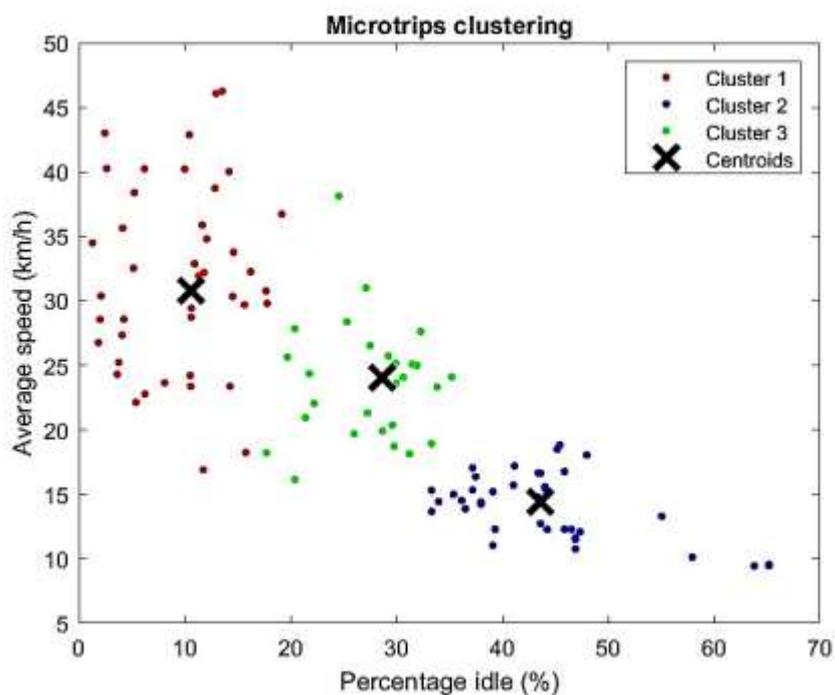


Рисунок 3 – Кластеризация микропоездок с использованием метода k-средних

Используя принцип дискретных цепей Маркова элементарные составляющие цикла движения были упорядочены в ездовой цикл. Для проверки расчетного городского ездового цикла были исследованы режимы движения и получен ездовой цикл на основе экспериментальных данных (табл. 1). Расчетный цикл был наложен на экспериментальный ездовой цикл (рис. 4).

Таблица 1 – Сравнение экспериментального и расчетного ездовых циклов

Ездовой цикла	Время (с)	Длительность (км)	Средняя скорость (км/ч)	Макс. скорость (км/ч)	Время холостого хода (%)	Время холостого хода (с)
Рачетный	1079	6,97	23,30	60	29,75	321
Экспериментальный	1079	6,97	23,29	60	29,65	320
погрешность, %	-	-	0,04	-	0,33	0,31

### Результаты и обсуждение

Анализ данных таблицы 1 и ездовых циклов (рисунок 4) позволяет сделать вывод о высокой сходимости результатов расчетного и экспериментального ездовых циклов.

Было проведено сравнения полученного ездового цикла г. Калуги с некоторыми другими известными ездовыми циклами FTP-75, ECE, EUDC и J10-15 [7, 17, 18].

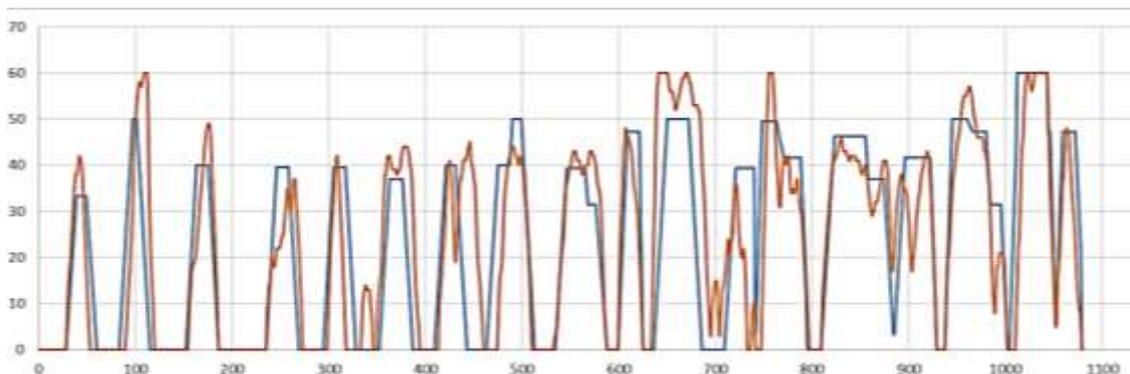


Рисунок 4 – Экспериментальный и расчетный ездовые циклы г. Калуги

Для сравнения были выбраны продолжительность цикла, диапазон движения, средняя скорость, максимальная скорость и время холостого хода (таблица 2).

Таблица 2 – Сравнение ездового цикла Калуги с другими ездовыми циклами

Ездовой цикл	Продолжительность (с)	Диапазон движения (км)	Максимальная скорость (км/ч)	Средняя скорость (км/ч)	Время холостого хода (%)
Калуга (расчетный)	1079	6,97	60	23,30	29,75
FTP-75	2477	17,67	90,72	25,67	38,8
ECE+EUDC	1225	10,87	119,30	31,91	27,67
ECE	195	0,99	49,71	18,06	33,33
J10-15	660	4,14	69,56	22,55	32,58

Продолжительность времени, расстояние, средняя и максимальная скорости разработанного ездового цикла ниже, чем у ездовых циклов NEDC и FTP [19, 20]. Время холостого хода Калужского ездового цикла ниже, чем у существующих ездовых циклов, но больше, чем у ездового цикла NEDC.

По результатам разработанный ездовой цикл для г. Калуги составляет 1079 секунд при средней скорости 23,30 км/ч. По сравнению с другими ездовыми циклами, разработанный ездовой цикл более реально отображает ездовой цикл города Калуги.

### Выводы

Теоретически обоснована и экспериментально подтверждена расчетно-экспериментальная методика получения типового городского ездового цикла с возможностью его корректировки с учетом загрузки маршрута движения основанная на автоматизированном сборе и обработке данных о режимах движения автомобилей, с последующую кластеризацией методом К-средних и сбором в единый цикл методом цепей Маркова. Для корректировки базового городского ездового цикла предложены поправочные коэффициент: для трафика со средней загрузкой – 1,2 и для высокой загрузки – 1,27. При таком подходе успешно реализован ездовой цикл для города Калуги, который можно использовать для оценки расхода топлива в условиях города.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Qin S., Yu B.Z., Run S.W., You W.L. The study of a new method of driving cycles construction // Journal of Procedia Engineering 2011. - №16. – P. 79-87.
2. Arun N.H., Mahesh S., Ramadurai G., and Nagendra S.M.S. Development of driving cycles for passenger cars and motorcycles in Chennai // India Sustainable Cities and Society. – 2017. -№32. – P. 508-512.
3. Huang Y., Wang H., Khajepour A. et al. Model predictive control power management strategies for HEVs // A review J Power Sources. – 2017. - №341. – P. 91-106.
4. Liu B., Li L., Wang X. et al. Hybrid electric vehicle downshifting strategy based on stochastic dynamic programming during regenerative braking process // IEEE T Veh Technol. – 2018. - №67. – P. 4716-4727.
5. Yuan X., Zhang C., Hong G. et al. Method for evaluating the real-world driving energy consumptions of electric vehicles Energy // 2017. - №141. – P. 1955-1968.
6. Brady J., Mahony M. Development of a driving cycle to evaluate the energy economy of electric vehicles in urban areas // Appl Energ. – 2016. - №177. – P. 165-178.

7. Boulter P.G., Cox J.A. A review of European emission measurements and models for diesel fueled buses TRL Report 378. - 1999.
8. Elgeneman M., Sorousbay C., Goktan A. Development of a driving cycle for the prediction of pollutant emissions and fuel consumption International // Journal of Vehicle Design. – 1997. - №18. – P. 391-399.
9. Montazeri-Gh. M., Fotouhi A., Naderpour A. Driving patterns clustering based on driving features analysis // Journal of Mechanical Engineering Science. – 2011. -№ 225. – P. 1301-1317.
10. Tong H.Y., Hung W.T. A framework for developing driving cycles with on-road driving data // Transport Reviews. – 2010. - №30. – P. 589-615.
11. Galgamuwa U., Perera L., Bandara S. Developing a general methodology for driving cycle construction comparison of various established driving cycles in the world to propose a general approach // Journal of Transportation Technologies. – 2015. - №5. – P. 191-203.
12. Maulik U., Bandyopadhyay S. Genetic algorithm based clustering technique // Pattern Recognition. – 2000. - №33. – P. 1455-1465.
13. Fotouhi A., Montazeri-Gh M. Tehran driving cycle development using the k-means clustering method // Scientia Iranica. – 2013. - №20. – P. 286-293.
14. Wang Q., Huo H., He K., Yao Z. Zhang Q. Characterization of vehicle driving patterns and development of driving cycles in chinese cities // Transportation Research Part D: Transport and Environment. – 2008. - № 13. – P. 289-297.
15. Yuhui P., Yuan Z., Yinghui Y. A driving cycle construction methodology combing k-means clustering and Markov model for urban mixed roads // Journal of Automobile Engineering. – 2019. - №234. – P. 714-724.
16. Shen P., Zhao Z., Li J., Zhan X. Development of a typical driving cycle for an intra-city hybrid electric bus with a fixed route // Transportation Research. - Part D: Transport and Environmen. - t 2018. - №59. – P. 346-360.
17. Hung W.T., Tong H.Y., Lee C.P., Ha K., Pao L.Y. Development of a practical driving cycle construction methodology: a case study in Hong Kong // Journal of Transportation Research. - Part D. – 2007. - №12. – P. 115-128.
18. Zhao X., Yu Q., Ma J., Wu Y., Yu M., Ye Y. Development of a representative EV urban driving cycle based on a k-Means and SVM hybrid clustering algorithm // J. Adv. Transp. – 2018. – P. 22-25.
19. Tong H.Y. Development of a driving cycle for a supercapacitor electric bus route in Hong Kong // Sustain. Cities Soc. – 2019. - №48. – P. 2323-2335.
20. Ma R., He X., Zheng Y., Zhou B., Lu S., Wu Y. Real-world driving cycles and energy consumption informed by large-sized vehicle trajectory data // J. Clean. Prod. Prod. J. – 2019. - №223. – P. 564-574.

**Зар Ни Лин**

Калужский филиал «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана»  
Адрес: 248000, Россия, г. Калуга, ул. Гагарина, 6  
Аспирант  
E-mail: zarnizn15@gmail.com

**Сидоров Владимир Николаевич**

Калужский филиал «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана»  
Адрес: 248000, Россия, г. Калуга, ул. Гагарина, 6  
Д.т.н., профессор кафедры колесных машин и прикладной механики  
E-mail: sidorov-kaluga@yandex.ru

---

ZAR NI LIN, V.N. SIDOROV

## DEVELOPMENT OF THE URBAN DRIVING CYCLE METHODOLOGY

***Abstract.** The article proposes a computational and experimental method for obtaining a typical urban driving cycle with the possibility of its adjustment, taking into account the specifics of the route and time of day, using the example of the city of Kaluga. To construct a driving cycle, a representative driving cycle is generated using the K-means method. Computing systems MATLAB and Microsoft Excel were used for calculations. The results show that this driving cycle is more representative of actual driving than the other cycles. Using this representative driving cycle, fuel consumption and exhaust emissions can be estimated, as well as an analysis of hybrid driving strategy and electric vehicle energy management for the city of Kaluga.*

***Keywords:** driving cycle, k-mean, microtrip, fuel consumption, exhaust emissions*

### BIBLIOGRAPHY

1. Qin S., Yu B.Z., Run S.W., You W.L. The study of a new method of driving cycles construction // Journal of Procedia Engineering 2011. - №16. - R. 79-87.

2. Arun N.H., Mahesh S., Ramadurai G., and Nagendra S.M.S. Development of driving cycles for passenger cars and motorcycles in Chennai // *India Sustainable Cities and Society*. - 2017. - №32. - R. 508-512.
3. Huang Y., Wang H., Khajepour A. et al. Model predictive control power management strategies for HEVs // *A review J Power Sources*. - 2017. - №341. - R. 91-106.
4. Liu B., Li L., Wang X. et al. Hybrid electric vehicle downshifting strategy based on stochastic dynamic programming during regenerative braking process // *IEEE T Veh Technol*. - 2018. - №67. - R. 4716-4727.
5. Yuan X., Zhang C., Hong G. et al. Method for evaluating the realworld driving energy consumptions of electric vehicles *Energy* // 2017. - №141. - R. 1955-1968.
6. Brady J., Mahony M. Development of a driving cycle to evaluate the energy economy of electric vehicles in urban areas // *Appl Energ*. - 2016. - №177. - R. 165-178.
7. Boulter P.G., Cox J.A. A review of European emission measurements and models for diesel fueled buses TRL Report 378. - 1999.
8. Elgeneman M., Sorusbay C., Goktan A. Development of a driving cycle for the prediction of pollutant emissions and fuel consumption *International // Journal of Vehicle Design*. - 1997. - №18. - R. 391-399.
9. Montazeri-Gh. M., Fotouhi A., Naderpour A. Driving patterns clustering based on driving features analysis // *Journal of Mechanical Engineering Science*. - 2011. - №225. - R. 1301-1317.
10. Tong H.Y., Hung W.T. A framework for developing driving cycles with onroad driving data // *Transport Reviews*. - 2010. - №30. - R. 589-615.
11. Galgamuwa U., Perera L., Bandara S. Developing a general methodology for driving cycle construction comparison of various established driving cycles in the world to propose a general approach // *Journal of Transportation Technologies*. - 2015. - №5. - R. 191-203.
12. Maulik U., Bandyopadhyay S. Genetic algorithm based clustering technique // *Pattern Recognition*. - 2000. - №33. - R. 1455-1465.
13. Fotouhi A., Montazeri-Gh M. Tehran driving cycle development using the k-means clustering method // *Scientia Iranica*. - 2013. - №20. - R. 286-293.
14. Wang Q., Huo H., He K., Yao Z. Zhang Q. Characterization of vehicle driving patterns and development of driving cycles in chinese cities // *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. - 2008. - №13. - R. 289-297
15. Yuhui P., Yuan Z., Yinghui Y. A driving cycle construction methodology combing k-means clustering and Markov model for urban mixed roads // *Journal of Automobile Engineering*. - 2019. - №234. - R. 714-724.
16. Shen P., Zhao Z., Li J., Zhan X. Development of a typical driving cycle for an intra-city hybrid electric bus with a fixed route // *Transportation Research. - Part D: Transport and Environmen*. - t 2018. - №59. - R. 346-360.
17. Hung W.T., Tong H.Y., Lee C.P., Ha K., Pao L.Y. Development of a practical driving cycle construction methodology: a case study in Hong Kong // *Journal of Transportation Research. - Part D*. - 2007. - №12. - R. 115-128.
18. Zhao X., Yu Q., Ma J., Wu Y., Yu M., Ye Y. Development of a representative EV urban driving cycle based on a k-Means and SVM hybrid clustering algorithm // *J. Adv. Transp*. - 2018. - R. 22-25.
19. Tong H.Y. Development of a driving cycle for a supercapacitor electric bus route in Hong Kong // *Sustain. Cities Soc*. - 2019. - №48. - R. 2323-2335.
20. Ma R., He X., Zheng Y., Zhou B., Lu S., Wu Y. Real-world driving cycles and energy consumption informed by large-sized vehicle trajectory data // *J. Clean. Prod. Prod. J*. - 2019. - №223. - R. 564-574.

**Zar Ni Lin**

Kaluga Branch of the Bauman Moscow State Technical University  
Address: 248000, Russia, Kaluga, Gagarina str., 6  
Post graduate student  
E-mail: zarniznl15@gmail.com

**Sidorov Vladimir Nikolaevich**

Kaluga Branch of the Bauman Moscow State Technical University  
Address: 248000, Russia, Kaluga, Gagarina str., 6  
Doctor of technical sciences  
E-mail: sidorov-kaluga@yandex.ru

Научная статья

УДК 343.148.63

doi:10.33979/2073-7432-2023-3-5(82)-92-98

С.А. ЕВТЮКОВ, С.С. ЕВТЮКОВ, И.В. ВОРОЖЕЙКИН

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ТС ПО ВИДЕОМАТЕРИАЛАМ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ЭКСПЕРТИЗ

**Аннотация.** Проведены экспериментальные исследования по определению скорости движения ТС по видеоматериалам при реконструкции ДТП и предложен усовершенствованный метод на основе распознавания четырехугольных объектов.

**Ключевые слова:** реконструкция ДТП, определение скорости движения ТС

### Введение

Существует несколько видов нарушений правил дорожного движения, которые в основной массе становятся причиной ДТП. Речь идет о нарушениях, которые допускают водители. Одним из самых распространенных является нарушение скоростного режима. Таких ДТП за 2021 год было зафиксировано почти 21 000 или почти 16 %. Количество погибших людей по причине нарушения скоростного режима превысило 3 000 или более 20 %, эти данные более подробно отражены на рисунке 1.



Рисунок 1 – Количество ДТП и число погибших в них

В подавляющем большинстве (порядка 36 %) ДТП, связанные с нарушением скоростного режима, приводят к съезду с дороги, к столкновениям данные ДТП приводят порядка в 16 % случаев, примерно такие же значения (в процентном соотношении) в случае наезда на препятствие, а в случае наезда на пешехода – 11 %. Необходимо отметить, что в случаях наезда на пешеходов, из-за несоблюдения скоростного режима показатель тяжести последствий почти в два раза превышает аналогичных показатель среди других видов ДТП [1, 6].

В рамках проведенного исследования установлено, что нарушение скоростного режима является одной из основных причин, приводящих к ДТП. Практически всегда экспертам при реконструкции ДТП необходимо определять скорость движения того или иного участника ДТП и все чаще в материалах, предоставленных на исследование имеются видеозаписи моментов ДТП, но при этом существующие методы определения скорости движения ТС по видеозаписям имеют существенные погрешности и неточности, что подтверждает актуальность проводимых исследований [2-4].



Рисунок 2 – Распределение видов ДТП из-за нарушения скоростного режима



Рисунок 3 – Значения показателя тяжести последствий по видам ДТП, из-за нарушения скоростного режима

### Материалы и методы

На сегодняшний день, очень часто экспертам необходимо определить скорость движения ТС по видеозаписи, полученной с видеорегистратора ТС, движущегося позади или навстречу исследуемому ТС. Если необходимо определить скорость транспортного средства, которое движется в одном или противоположном направлении с ТС, имеющим записывающее устройство, то производится сравнение изменения размеров неподвижных объектов и исследуемого ТС во времени. Принципиальные схемы данных случаев показаны на рисунке 4.

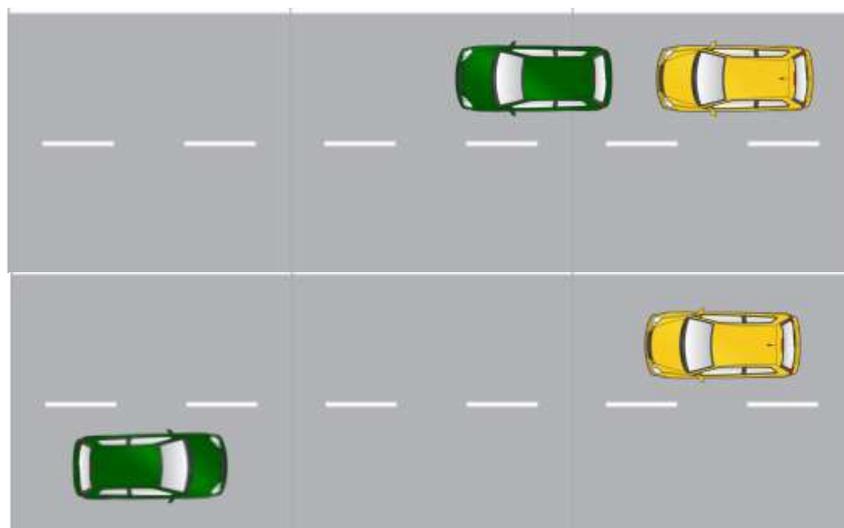


Рисунок 4 – Схемы расположения ТС при движении ТС с записывающим устройством позади или навстречу относительно исследуемого ТС (ТС желтого цвета – ТС, где установлено записывающее устройство, ТС зеленого цвета – исследуемое ТС)

Расчёт скорости исследуемого ТС, за которым движется ТС с записывающим устройством, производится следующим образом:

$$v_a = v_k \times \left( \frac{\Delta_a}{\Delta_h} - 1 \right), \quad (1)$$

где  $\Delta_a$  – изменение размеров исследуемого ТС на изображении, скорость которого устанавливается, пикс.;

$\Delta_h$  – изменение размеров на изображении неподвижного объекта, пикс.;

$v_k$  – скорость движения ТС, движущегося с записывающим устройством [5,7-9].

Расчёт скорости исследуемого ТС, при его движении навстречу ТС, в котором установлено записывающее устройство, производится по следующей формуле:

$$v_a = v_k \times \left( 1 - \frac{\Delta_a}{\Delta_h} \right), \quad (2)$$

### *Теория и расчёт*

Для оценки определения скорости транспортного средства с помощью метода определения скорости движения ТС по изменению размеров его изображения с учетом скорости движения записывающего устройства, проведено 330 экспериментальных исследований. Эксперименты проводились на скорости транспортного средства от 17 до 110 км/ч. Количество экспериментов, на различных скоростях транспортного средства, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Количество экспериментов, проведенных на различных скоростях транспортного средства

	Фактическая скорость											Итого
	17	27	36	46	54	55	65	80	90	100	110	
Кол-во	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	330

По результатам экспериментов определены средние значения, стандартные отклонения, минимальные и максимальные значения расчетных величин. Результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты экспериментов

Показатель	Кол-во набл.	Среднее	Минимум	Максим.	Ст.откл.
Ошибка определения	330	0,65	-10,60	11,2	5,97
Ошибка определения, модуль	330	5,22	0,2	11,2	2,65
Доля ошибки определения	330	10,12	0,56	28,15	5,24

Из результатов экспериментов видно, что при расчете скорости отмечаются ошибки определения. Ошибки определения расположены как ниже, так и выше фактической скорости ТС. Размах ошибок определения колеблется в пределах 22,8 км/ч, модуль ошибки определения расположен в пределах от 0,2 до 11,2 км/ч., доля ошибки определения в среднем составляет 8,1 %, от 0,56 до 28,15 %.

В результате проведения экспериментальных исследований по определению скорости движения ТС по видеозаписям при движении объекта по изменению размеров его изображения с учетом скорости движения записывающего устройства установлено, что данные методы имеют значительные погрешности [10-12]. Очевидно, что для снижения значений погрешности необходимо повышения уровня достоверности определения размеров статического и исследуемого объектов на кадрах видеозаписи, для этого необходимо исключение человеческого фактора из данного процесса и применение более современных решений [13-14]. Для решения данной задачи разработан метод определения скорости движения ТС на основе распознавания четырехугольных объектов. В данном случае для определения скорости движения ТС необходимо решить две подзадачи. Первая – нахождение государственного регистрационного знака (ГРЗ) на кадрах видеозаписи, вторая – определение расстояния от запи-

сывающего устройства до ГРЗ, при этом, необходимо отметить, что размеры ГРЗ в зависимости от его типа можно установить на основании ГОСТ Р 50577-2018 «ЗНАКИ ГОСУДАРСТВЕННЫЕ РЕГИСТРАЦИОННЫЕ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ. Типы и основные размеры [15-18]. Технические требования». Определение расстояния до объекта в данном случае будет производиться по следующей предлагаемой формуле:

$$d = \frac{f \times H \times h_i}{h \times H_s}, \quad (3)$$

где  $f$  – фокусное расстояние, мм;

$H$  – фактический размер объекта в вертикальной плоскости, мм;

$h_i$  – высота изображения, пикс;

$h$  – высота объекта на матрице, пикс;

$H_s$  – высота матрицы сенсора, мм.

Необходимо отметить, что для определения скорости движения ТС при помощи предлагаемого метода эксперту необходимо знать модель записывающего устройства или геометрические размеры в двух плоскостях – расстояние до какого-либо объекта от записывающего устройства и один из размеров объекта. В результате расчетов по данному алгоритму эксперт получает значение скорости исследуемого объекта относительно скорости ТС, движущегося с записывающим устройством [19-20]. Принципиальный алгоритм предлагаемого программного продукта (ПО) показан на рисунке 5.

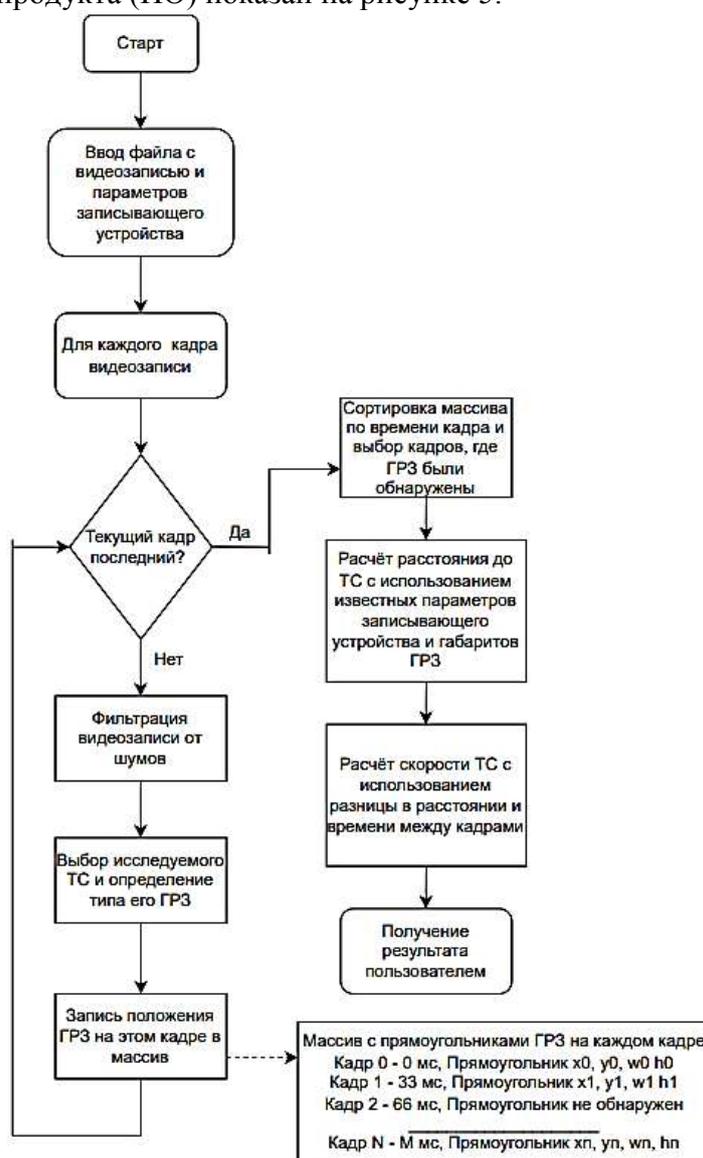


Рисунок 5 – Алгоритм предлагаемого ПО по определению скорости движения ТС с учетом скорости движения записывающего устройства

На основании данного алгоритма разработан программный продукт, имеющий следующий интерфейс (показан на рисунке 6).



Рисунок 6 – Интерфейс разработанного программного продукта

### **Результаты и обсуждение**

Для оценки эффективности разработанных решений выполнено сопоставление рассчитанных значений скоростей движения ТС по одним и тем же видеозаписям на основе существующего метода и посредством предложенного программного продукта. Сопоставление некоторых полученных значений приведено в таблице 3.

Таблица 3 – Сопоставление рассчитанных скоростей движения ТС

Скорость, рассчитанная по существующему методу, км/ч	Скорость, рассчитанная по предлагаемому методу, км/ч	Фактическая скорость по GPS, км/ч
23,4	25,3	26
22,1	25,4	26
22,6	25,1	26
32,4	35,4	36
31,2	34,9	36
31,9	35	36
41,2	44,8	46
41,4	44,9	46
42,3	45	46
51,2	53,1	55
51,8	53,6	55
52,3	54	55
59,6	64,2	66
60,1	64,5	66
60,8	64,7	66
71,2	74,2	76
70,8	74	76
71,6	74,5	76
79,2	83,2	85
80,1	83,5	85
80,5	83,7	85

### **Выводы**

В результате сопоставления полученных результатов установлено, что доля ошибки определения между рассчитанным и фактическим значениями скорости движения ТС снизилась почти на 6 %, при этом среднее значение доли ошибки определения по всем результатам

экспериментальных исследований, полученных предложенным методом, составляет порядка 2,5 %. Таким образом, предложенный метод будет способствовать повышению уровня достоверности и корректности вывод при расчете скорости движения ТС по видеоматериалам при проведении дорожно-транспортных экспертиз.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Евтюков С.А., Васильев Я.В. Реконструкция и экспертиза ДТП в примерах. - СПб.: Издательский дом Петрополис, 2012. - 323 с.
2. Евтюков С.А., Васильев Я.В. Экспертиза ДТП: методы и технологии. - СПб., СПбГАСУ, 2012. - 310 с.
3. Блинкин М.Я. Безопасность дорожного движения: история вопроса, международный опыт, базовые институции. - М.: ИД ВШЭ, 2018. - 240 с.
4. Кисляков С.В. Использование информации с камер видеонаблюдения на первоначальном этапе расследования дорожно-транспортного преступления // Академическая мысль, 2018. - №2(3). - С. 72-74.
5. Пинчук Л.В. К вопросу о возможностях судебных экспертиз при расследовании дорожно-транспортных происшествий // Вестник Московского университета МВД России. - 2019. - №4. - С. 196-202.
6. Статистика ДТП в РФ [Электронный ресурс] / Дорожно-транспортная аварийность в Российской Федерации за 2021 год. - Режим доступа: <https://media.mvd.ru/files/embed/3935922>
7. Склиаров Н.В. Анализ проблем совершенствования автотехнических экспертиз дорожно-транспортных происшествий // Автомобильный транспорт. - Вып. 29. - 2011. - С. 250 - 253.
8. Abramowski M. Analysis of the possibility of using video recorder for the assessment speed of vehicle before the accident // Proceedings of the Institute of Vehicles. - №4(104). - 2015. - P. 87-98.
9. Волков В.С., Кастырин Д.Ю. Совершенствование экспертизы дорожно-транспортных происшествий с применением квадрокоптеров // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практиком. - 2015. - №4. - Ч. 1 - С. 271-276.
10. Бублик Г.П., Дороватовский Н.В. Возможность графического построения плана места происшествия по фотоснимку // Экспертная практика и новые методы исследования. - М.: ВНИИСЭ. - 1988. - Вып. 9. - С. 4-7.
11. Жарких С.С. Использование графического редактора coreldraw в транспортно-трассологической экспертизе // Теория и практика судебной экспертизы. - 2016. - №1(41).
12. Морозов А.А. Распознавание трехмерных объектов по стереоскопическим наблюдениям // Радиотехника. - 2012. - №9. - С. 72-75.
13. Петров С.М., Бояров А.Г. Определение по видеозаписям, фиксирующим событие дорожно-транспортного происшествия, положения и параметров движения его участников. - Москва: ФБУ РФЦСЭ при Минюсте России. - 2016. - 87 с.
14. Молодцов В.А., Гуськов А.А. Расследование и экспертиза ДТП: Методич. указания. - Тамбов: ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014. - 52 с.
15. Блюмин С.Л., Шуйкова И.А. Модели и методы принятия решений в условиях неопределенности. - Липецк: ЛЭГИ, 2001.
16. Куракина Е.В. Об эффективности проведения исследований мест концентрации ДТП // Вестник гражданских инженеров СПбГАСУ. - 2018. - №2(67). - С. 231-237.
17. Пучкин В.А. Основы экспертного анализа дорожно-транспортных происшествий: Базы данных. Экспертная техника. Методы решений. - Ростов н/д: ИПО ЮФУ, 2010. - С. 181-192.
18. Евтюков С.А., Брылев И.С. Алгоритм корректировки нормативных значений времени нарастания замедления, установившегося замедления двухколесных механических транспортных средств // Мир транспорта и технологических машин. - №3(50). - 2015. - С. 3-12.
19. Евтюков С.А., Брылев И.С. Проблемы проведения автотехнических экспертиз с участием мотоциклистов/Фундаментальные и прикладные науки NorthCharleston, SC, USA - 2013. б/н - С. 125-129.
20. Брылев И.С. Экспериментальные исследования параметров замедления транспортных средств категории L3 // Вестник гражданских инженеров СПбГАСУ. - №2(49). - 2015. - С. 131-137.

#### **Евтюков Сергей Аркадьевич**

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет  
Адрес: 190005, Россия, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., 4  
Д.т.н., проф. зав. кафедрой наземных транспортно-технологических машин  
E-mail: s.a.evt@mail.ru

#### **Евтюков Станислав Сергеевич**

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

#### **Ворожейкин Игорь Вячеславович**

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

S.A. EVTYUKOV, S.S. EVTYUKOV, I.V. VOROZHEIKIN

## IMPROVEMENT OF THE METHOD OF DETERMINING THE VEHICLE SPEED FROM VIDEO MATERIALS DURING ROAD TRANSPORT EXAMINATIONS

**Abstract.** *Experimental studies have been carried out to determine the vehicle speed from video materials during the reconstruction of an accident and an improved method based on the recognition of quadrangular objects has been proposed.*

**Keywords:** *reconstruction of an accident, determination of vehicle speed*

### BIBLIOGRAPHY

1. Evtukov S.A., Vasil'ev Ya.V. Rekonstruktsiya i ekspertiza DTP v primerakh. - SPb.: Izdatel'skiy dom Petropolis, 2012. - 323 s.
2. Evtukov S.A., Vasil'ev Ya.V. Ekspertiza DTP: metody i tekhnologii. - SPb., SPbGASU, 2012. - 310 s.
3. Blinkin M.Ya Bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya: istoriya voprosa, mezhdunarodnyy opyt, bazovye institutsii. - M.: ID VSHE, 2018. - 240 c.
4. Kislyakov S.V. Ispol'zovanie informatsii s kamer videonablyudeniya na pervonachal'nom etape rassledovaniya dorozhno-transportnogo prestupleniya // Akademicheskaya mysl', 2018. - №2(3). - S. 72-74.
5. Pinchuk L.V. K voprosu o vozmozhnostyakh sudebnykh ekspertiz pri rassledovanii dorozhno-transportnykh proisshestviy // Vestnik Moskovskogo universiteta MVD Rossii. - 2019. - №4. - S. 196-202.
6. Statistika DTP v RF [Elektronnyy resurs] / Dorozhno-transportnaya avariynost' v Rossiyskoy Federatsii za 2021 god. - Rezhim dostupa: <https://media.mvd.ru/files/embed/3935922>
7. Sklyarov N.V. Analiz problem sovershenstvovaniya avtotekhnicheskikh ekspertiz dorozhno-transportnykh proisshestviy // Avtomobil'nyy transport. - Vyp. 29. - 2011. - S. 250 - 253.
8. Abramowski M. Analysis of the possibility of using video recorder for the assessment speed of vehicle before the accident // Proceedings of the Institute of Vehicles. - №4(104). - 2015. - R. 87-98.
9. Volkov V.S., Kastyrin D.YU. Sovershenstvovanie ekspertizy dorozhno-transportnykh proisshestviy s primeneniem kvadrokopteroz // Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktikatom. - 2015. - №4. - CH. 1 - S. 271-276.
10. Bublik G.P., Dorovatovskiy N.V. Vozmozhnost' graficheskogo postroeniya plana mesta proisshestiya po fotosnimku // Ekspertnaya praktika i novye metody issledovaniya. - M.: VNIISE. - 1988. - Vyp. 9. - S. 4-7.
11. ZHarkikh S.S. Ispol'zovanie graficheskogo redaktora soreldraw v transportno-trasologicheskoy ekspertize // Teoriya i praktika sudebnoy ekspertizy. - 2016. - №1(41).
12. Morozov A.A. Raspoznavanie trekhmernykh ob"ektov po stereoskopicheskim nablyudeniya // Radio-tekhnika. - 2012. - №9. - S. 72-75.
13. Petrov S.M., Boyarov A.G. Opredelenie po videozapisyam, fiksiruyushchim sobytie dorozhno-transportnogo proisshestiya, polozheniya i parametrov dvizheniya ego uchastnikov. - Moskva: FBU RFTSSE pri Minyuste Rossii. - 2016. - 87 s.
14. Molodtsov V.A., Gus'kov A.A. Rassledovanie i ekspertiza DTP: Metodich. ukazaniya. - Tambov: FGBOU VPO «TGTU», 2014. - 52 s.
15. Blyumin S.L., Shuykova I.A. Modeli i metody prinyatiya resheniy v usloviyakh neopredelennosti. - Lipeck: LEGI, 2001.
16. Kurakina E.V. Ob effektivnosti provedeniya issledovaniy mest kontsentratsii DTP // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov SPBGASU. - 2018. - №2(67). - S. 231-237.
17. Puchkin V.A. Osnovy ekspertnogo analiza dorozhno-transportnykh proisshestviy: Bazy dannykh. Ekspertnaya tekhnika. Metody resheniy. - Rostov n/d: IPO YUFU, 2010. - S. 181-192.
18. Evtukov S.A., Brylev I.S. Algoritm korrektyrovki normativnykh znacheniy vremeni narastaniya zamedleniya, ustanovivshegosya zamedleniya dvukhkolesnykh mekhanicheskikh transportnykh sredstv // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - №3(50). - 2015. - S. 3-12.
19. Evtukov S.A., Brylev I.S. Problemy provedeniya avtotekhnicheskikh ekspertiz s uchastiem motosiklistov/Fundamental'nye i prikladnye nauki NorthCharleston, SC, USA - 2013. b/n - S. 125-129.
20. Brylev I.S. Eksperimental'nye issledovaniya parametrov zamedleniya transportnykh sredstv kategorii L3 // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov SPBGASU. - №2(49). - 2015. - S. 131-137.

#### **Evtukov Sergey Arkadyevich**

St. Petersburg state University of architecture and civil engineering  
Address: 190005, Russia, St. Petersburg  
Doctor of technical sciences  
E-mail: s.a.evt@mail.ru

#### **Vorozheikin Igor Vyacheslavovich**

St. Petersburg state University of architecture and civil engineering  
Address: 190005, Russia, St. Petersburg  
Graduate student  
E-mail: igor.vorozheikin@mail.ru

#### **Evtukov Stanislav Sergeevich**

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

Научная статья

УДК 656.07

doi:10.33979/2073-7432-2023-3-5(82)-99-107

Т.В. КОНОВАЛОВА, Л.Б. МИРОТИН, Е.А. ЛЕБЕДЕВ, С.Л. НАДИРЯН, В.В. СОСКОВА

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЮГА РОССИИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

**Аннотация.** Приведены результаты научно-прикладных исследований транспортного обеспечения экономической деятельности Краснодарского края, как туристического и сельскохозяйственного региона и транспортного узла на юге России, имеющего инфраструктуру всех видов транспорта. Показаны проблемы негативного влияния транспортного комплекса на санаторно-курортную и туристическую территорию края. Предложены пути снижения транспортной нагрузки на экологию края его густонаселенных и прибрежных территорий.

**Ключевые слова:** логистика автомобильный транспорт, фидерные перевозки, контрейлерные перевозки, вредные выбросы, экология

### Введение

Целью данной работы является снижение техногенного влияния автомобильного транспорта на автодорогах Краснодарского края путем организации фидерных перевозок массовых перевозок внутренним водным транспортом и организации контрейлерного маршрута

Обоснование цели и пути ее достижение раскрыты в более 20 публикациях авторов, касающимися экологии МО Новороссийска и Краснодарского края, организации фидерных перевозок массовых грузов, изменения транспортных схем с целью оптимизации перевозочного процесса [1-20].

### Материалы и методы

Были использованы открытые данные Росстата, отраслевых структур федерального и краевого уровня, результаты исследований, проведенных в сфере транспортной деятельности различных авторов. Применены статистический и ретроспективный анализ данных.

### Теория / Расчет

Краснодарский край располагает уникальным сочетанием рекреационных ресурсов, спрос на использование которых постоянно растет. Динамика турпотока в Краснодарский край отображена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Динамика турпотока Краснодарского края [21-24]

На территории края работают предприятия различных отраслей: химической, машиностроение, металлургической, нефтедобычи и ее переработки и т.д. в крае сосредоточена инфраструктура всех видов транспорта и основные морские порты юга России (два глубоководных и семь мелководных). Проходят два международных транспортных коридора (МТК)

«Север-Юг» (ответвления NSA2 и NSA8) и МТК «Трассиб» (ответвление TSA4) [25], в структуре транспортных потоков которых преобладает самый экологически и аварийно-опасный вид транспорта – автомобильный [26]. Поэтому грузооборот этого вида транспорта постоянно растет (рис. 2)

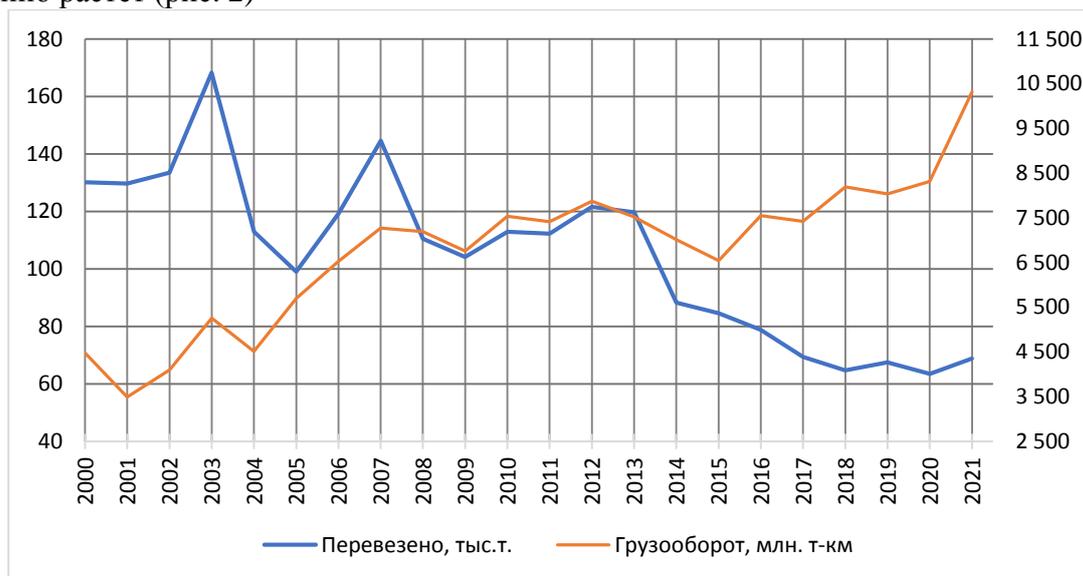


Рисунок 2 – Динамика перевозки грузов автомобильным транспортом, млн.т и млн. т-км [27]

Как видно из графика, дальность перевозки растет при общем снижении объемов перевезенного груза, что противоречит технологически отведенному месту автомобильного транспорта в системе грузоперевозок – перевозка на «первой и последней миле» цепей поставок и основным положениям Транспортной стратегии РФ до 2035 года (ТС РФ 2035) [28].

Высокую долю в валовом региональном продукте (ВРП) края занимает агропромышленный комплекс (АПК), который так же является транспортноёмкой отраслью, особенно, в части использования автомобильного транспорта. Основой грузовой базой агрокомплексов края и соседних с ним административных образований (Ростовская область, Поволжье, Ставропольский край) являются грузопотоки зерна. Их транспортное обслуживание осуществляется через порты Азово-Черноморского бассейна. Общий объем перевалки в которых достигает до 85 % от всего экспорта зерновых Россией [29]. И на автотранспорт приходится практически половина доставляемого объема перевалки. Это вызвано тем, что мелководными портами Азово-Черноморского водного бассейна практически утеряны транспортно-технологические связи между собой и, что особенно важно, с глубоководным морским портом г. Новороссийска, который так же утратил свои функции порта-хаб: передача на рейде выполняется лишь наливного груза (углеводородов). Поэтому вся грузовая база, которая шла раньше и должна идти сейчас в порт-хаб (г. Новороссийск) по воде (из мелководных портов гейтвей) и передаваться на более крупные суда на рейде – без посредничества наземных видов транспорта, сейчас вынужденно доставляется железнодорожным и, преимущественно, автомобильным транспортом.

Динамика перевалки зерна на основных зерновых терминалах Новороссийска показана на рисунке 3.

После начала эксплуатации Крымского моста (с 2018 года) резко увеличились транспортные потоки грузовых автопоездов на всех магистральных автодорогах края, входящих в единую опорную транспортную систему (ОПТС) региона и страны.

Сложившаяся под влиянием рыночных отношений транспортно-логистическая схема транспортировки массовых транзитных грузов по территории Краснодарского края, с преобладанием автомобильного транспорта, привела к тому, что автодорога А-146 «Краснодар-Верхнебаканск» стала самой загруженной и токсичной для всей агломерации МО г. Новороссийска и населенных пунктов, по территории или возле которых она проходит. В послед-

нее время порт г. Новороссийска испытывает трудности, вызванные несоответствием существующей транспортно-коммуникационной системы наземных видов транспорта (железнодорожного и автомобильного) потребностям развивающейся портовой инфраструктуры - ее пропускной способности.



**Рисунок 3 - Динамика перевалки зерна на основных зерновых терминалах Новороссийска**

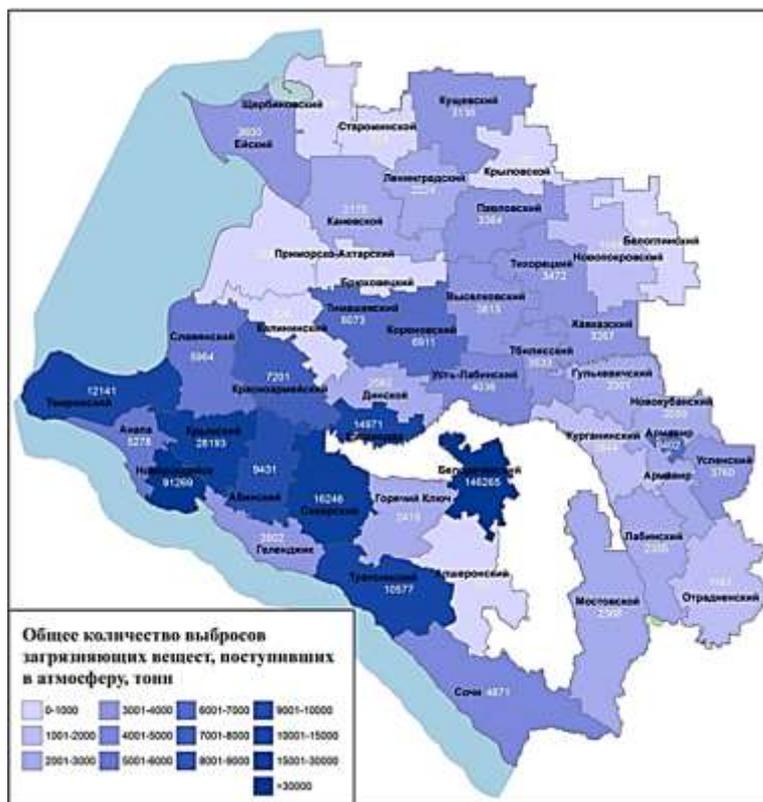
Ситуация на А-146 значительно осложнилась за последние десять лет, когда экспортные возможности России резко увеличились в части экспорта сельхозпродукции (зерна). Грузопоток этого вида груза стал стабильным, массовым и растущим. Такая же динамика наблюдается и в развитии санаторно-курортной и туристической индустрии края. Рост потоков грузовой базы в направлении портовой инфраструктуры водного транспорта края значительно превышает и опережает пропускную способность транспортно-коммуникационной системы наземных видов транспорта этих направлений и, особенно, автодороги А-146.

Такое же положение складывается и на автодороге М-4 «Дон» на участке Краснодар – Джубга – Адлер, в период летних температурных ограничений и оползневых разрушений горных участков из-за обильных осадков. Хотя Сочинский порт, способен принимать и отправлять грузы с использованием внутреннего водного транспорта. Тем более, что железнодорожный путь, идущий в г. Сочи и Адлер, не является транзитным и имеет резервы пропускной способности.

Установлено, что неэффективное использование существующей транспортно-коммуникационной инфраструктуры различных видов транспорта и, в особенности наземных – приводит к ежегодной потере 3-4 % валового регионального продукта (ВРП) [30].

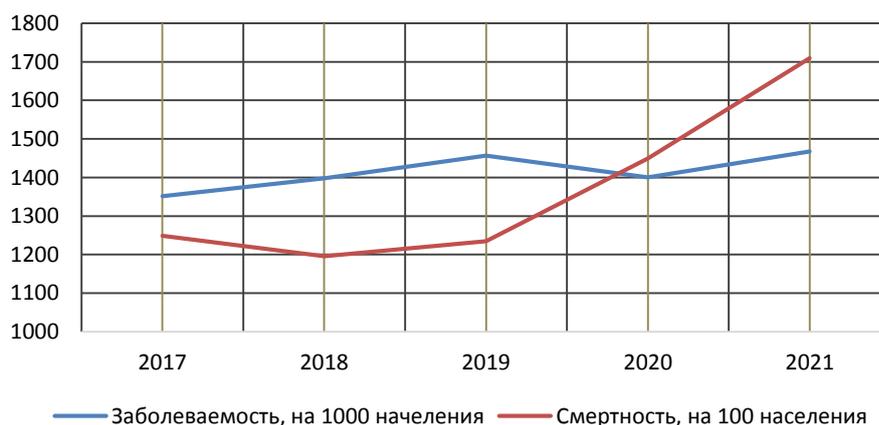
В совокупности, все вышеперечисленное привело к тому, что Росприроднадзором Краснодарский край назван в числе самых загрязнённых территорий в России по объёму вреда [31]. Это подтверждено и Министерством природных ресурсов Краснодарского края, которым в докладе «О состоянии природопользования и об охране окружающей среды Краснодарского края в 2021 году» была опубликована картограмма, представленная на рисунке 4.

Основная масса выбросов загрязняющих веществ от передвижных и стационарных источников приходится на густонаселенные районы края и Азово-Черноморского побережья, которые являются основными санаторно-курортными и туристическими территориями края, что отрицательно влияет на здоровья жителей и отдыхающих. В том же документе город Краснодар был отмечен как территория с «неблагоприятной» экологией. При этом транспортная нагрузка на все приведенные территориальные образования была охарактеризована как «Высокая» и «Очень высокая» [32, стр. 360-360].



**Рисунок 4 - Схема распределения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу муниципальных образований Краснодарского края в 2021 году [32]**

В этом же докладе отмечено, что за последние 7 лет на территории Краснодарского края наблюдается отрицательный прирост населения – смертность на 100 населения растет, как и заболеваемость по нескольким группам болезней (рис. 5), в частности по болезням сердечно-сосудистой, дыхательной систем, новообразованиям.



**Рисунок 5 – Динамика смертности и заболеваемости населения Краснодарского края**

На основе полученных результатов научно-прикладных исследований и выполненных расчетов предложены конкретные направления диверсификации транспортных грузопотоков на и через санаторно-курортную и туристическую территорию края по автодорогам М-4 «Дон» и А-146, которые являются вместе с ведущими к ним автодорогами основными элементами единой опорной транспортной сети (ЕОТС) юга России.

Изменение технологической схемы транспортного обслуживания грузопотоков массовых грузов (зерна, контейнеров) доставляемых или вывозимых из морского порта г. Новороссийска, путем переноса функций по приему-передаче грузов с наземных видов транспорта (автомобильного и железнодорожного) на водный - в мелководный порт г. Азова. Это позволяет значительно сократить экологическую нагрузку его на окружающую среду санаторно-

курортной и туристической рекреационной территории края, освободить автодороги от грузовых автопоездов и снизить на них плотность транспортных потоков. Смена порта передачи грузов с наземных видов транспорта на водный позволяет снизить общий пробег грузовых автопоездов по территории Краснодарского края. Схема изменения направлений движения автопоездов приведена на рисунке 6.

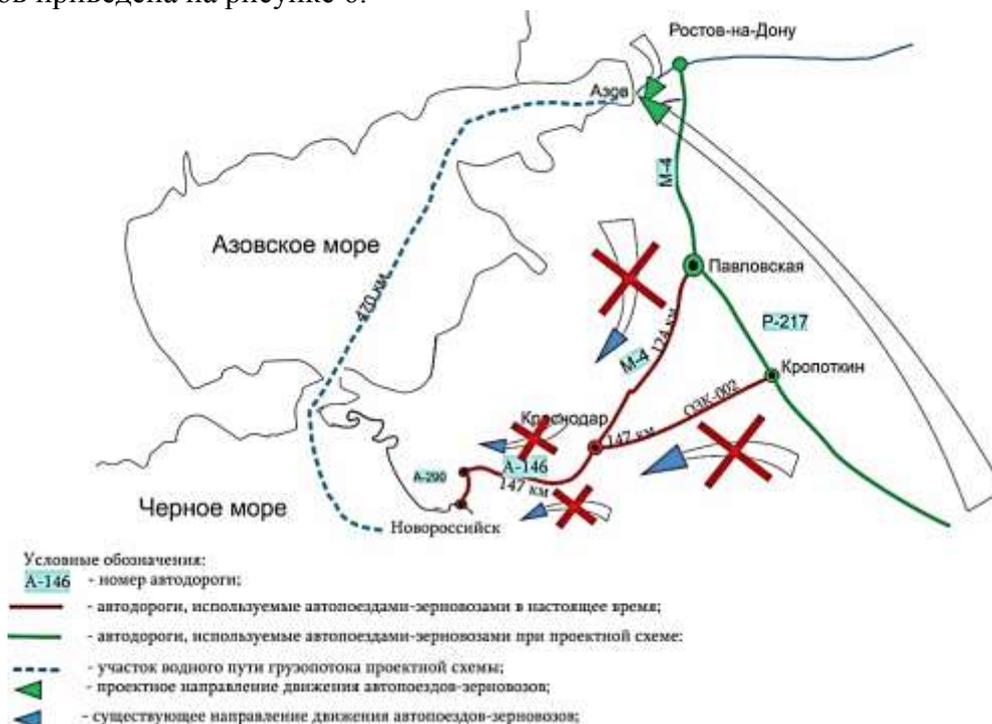


Рисунок 6 - Схема изменения направлений движения автопоездов

Внедрение указанной транспортной схемы снижает техногенное влияние автомобильного транспорта на санаторно-курортную и туристическую среду края, обеспечивает мультипликативный эффект и снижает:

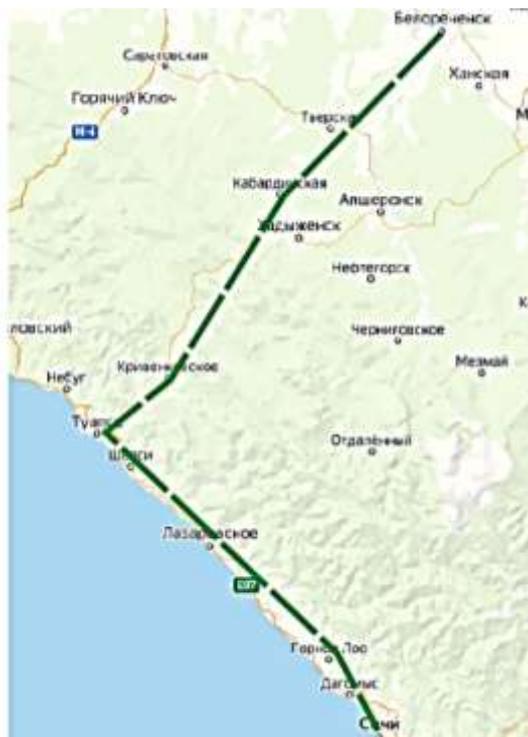


Рисунок 7 – Контейнерный маршрут Белореченск – Сочи

- пробег автопоездов по территории Краснодарского края - на 54 %;

- расход топлива (на территории края) - на 36,3 %;
- общие затраты на перевозку (на территории края) - на 21,2 %.

Организация контейнерного маршрута (Белореченск-Адлер) позволяет вывести автопоезда с автодороги М-4 «Дон» (до транспортной развязки на Джубгу) и далее вдоль побережья до конечного пункта, исключая тем самым вредные выбросы и простои грузопотока из-за природных условий на горных участках: оползни, снег, гололед, туман, а в летнее время – из-за температурных ограничений.

Город Белореченск является географическим центром Краснодарского края, связан автодорогами всех направлений, имеет возможности обустройства контейнерного терминала для организации погрузочно-разгрузочных операций и удобное железнодорожное сообщение с побережьем от г. Туапсе до г. Адлер.

Ориентировочные затраты (исходя их публикуемых данных) составят, по разным источникам, от 180 млн. руб. [33] до 1.2 млрд руб. [34] и будут заключаться в организации и технологическом обустройстве контрейлерного терминала. Анализ состояния загруженности данного участка СКЖД показывает наличие его резервов.

Его протяженность составляет 209 км (рис. 7).

Зарубежный опыт использования контрейлерных маршрутов с общей протяженностью 2800 км на трансальпийских перевозках [35] из расчета на 100 км его пути обеспечивает за год работы:

- снижение экологических издержек на 7 800 млн. €;
- снижение издержек на ремонт автодорог на 17 800 млн. €.

### **Выводы**

Реализация полученных результатов научно-прикладных исследований, позволяют:

- 1) снизить техногенное влияние автомобильного транспорта на санаторно-курортную и туристическую среду Краснодарского края с незначительными финансовыми затратами;
- 2) снизить плотность транспортных потоков автопоездов на автодорогах края и их потенциальную опасность для участников дорожного движения;
- 3) снизить транспортные затраты в цепях поставок;
- 4) обеспечить мультипликативный эффект транспортно-логистической системы (ТЛС) региона и перспективы ее развития.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Миротин Л.Б., Лебедев Е.А., Федосеенко С.М. Предложения по восстановлению транспортной логистики Республики Крым // Вестник транспорта, 2015. - №9. – С. 21-24.
2. Миротин Л.Б., Федосеенко С.М., Лебедев Е.А. Пути диверсификации и реинжиниринг транспорта Юга России // Вестник транспорта. - 2015. - №12. – С. 10-11.
3. Лебедев Е.А., Миротин Л.Б. Развитие транспортно-коммуникационных возможностей Юга России: Сборник трудов №18. Современный транспорт, инфраструктура, инновации, интеллектуальные системы: Материалы международной конференции Международной академии Транспорта. – 2015. – С. 164-173.
4. Миротин Л.Б., Лебедев Е.А., Яменсков А.И., Федосеенко С.М. Новороссийский транспортный узел в России: проблемы и пути их решения // М.: Вестник транспорта. – 2016. - №1.
5. Миротин Л.Б., Федосеенко С.М., Лебедев Е.А. Развитие транспортной системы Азово-Черноморского бассейна // М.: Бюллетень транспортной информации. – 2016. - №6.
6. Лебедев Е.А., Миротин Л.Б., Васильев Н.А. // Особенности формирования транспортного пути Азия – Европа. - М.: Вестник транспорта. – 2018. - №12.
7. Лебедев Е.А., Миротин Л.Б., Коновалова Т.В., Васильев Н.А. Снижение плотности грузовых транспортных потоков автодорог юга России // Логистика: современные тенденции развития: Материалы XVIII международной научно-практической конференции. – Ч. 1. – СПб. - 2019.
8. Лебедев Е.А., Миротин Л.Б., Коновалова Т.В., Мультипликативная оценка эффективности функционирования транспортно-логистических систем (ТЛС) региона // Развитие экономической науки на транспорте: Сборник VII Международной научно-практической конференции. – СПб: Петербургский гос. ун-т путей сообщения Императора Александра I. - 2019.
9. Миротин Л.Б., Лебедев Е.А., Яменсков А.И., Чеховская Е.Е. Автомобильный транспорт и экология МО г. Новороссийск // Вестник транспорта. – 2016. – №9. – С. 13-15.
10. Лебедев Е.А., Миротин Л.Б., Коновалова Т.В., Васильев Н.А. Пути реинжиниринга и развития транспортной системы юга России // НАУЧНО-технические аспекты инновационного развития транспортного комплекса: V Международная научно-практическая конференция. - 2019. - Донецк.
11. Лебедев Е., Миротин Л. Мультипликативный эффект фидерных перевозок водного транспорта востребован, но не предусмотрен // Логистика. – 2019. – №11(156). – С. 24-28.
12. Лебедев Е.А., Миротин Л.Б., Торгашов А.А., Кочегура Д.Ю. Сложности в работе постов автоматизированного весового и габаритного контроля на автодорогах // Вестник транспорта. – 2020. – №1. – С. 21-28.
13. Лебедев Е.А., Миротин Л.Б. Транспортно-технологическая и экологическая культура в Южном регионе России // Вестник транспорта. – 2021. – №1. – С. 26-28.
14. Лебедев Е.А., Миротин Л.Б. Фидерные перевозки грузов и их мультипликативный эффект: монография [Электронный ресурс] / под общ. ред. Л. Б. Миротина. - Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. - 192 с. – Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1832074>.
15. Лебедев Е.А., Миротин Л.Б., Коновалова Т.В., Кочегура Д.Ю. Значение водного внутреннего транспорта (ВВТ) в цепях поставок России и её регионов // Вестник транспорта. – 2022. – №3. – С. 2-6.
16. Лебедев Е.А., Миротин Л.Б., Коновалова Т.В., Кочегура Д.Ю. Транспортно-коммуникационное обеспечение развития российской цивилизации // Вестник транспорта. – 2022. – №5. – С. 2-4.
17. Лебедев Е.А., Миротин Л.Б., Коновалова Т.В. Водный транспорт – один из важнейших факторов экологической безопасности страны. – Москва.

18. Лебедев Е.А., Миротин Л.Б., Карпенко А.Н., Соскова В.В. Обеспечение сохранности автодорог Юга России на основе транспортно-коммуникационного взаимодействия всех видов транспорта // Вестник транспорта. – 2022. – №9. – С. 15-19.
19. Коновалова Т.В., Миротин Л.Б., Лебедев Е.А., Надирян С.Л., Миронова М.П., Соскова В.В. Развитие сотрудничества ДНР со странами Каспийского региона с использованием внутренних водных путей Российской Федерации // Вестник транспорта. – 2022. – №9. – С. 32-35.
20. Миротин Л.Б., Лебедев Е.А., Надирян С.Л., Миронова М.П., Соскова В.В. Интеграция ДНР в транспортно-логистическую систему Юга России // Научно-технические аспекты инновационного развития транспортного комплекса: Сборник научных трудов по материалам VII Международной научно-практической конференции. – Донецк: Донецкая академия транспорта. - 2022. – С. 158-161.
21. Турпоток на Кубани в 2019 году составил около 17 млн человек – ТАСС [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://tass.ru/obschestvo/7449535>
22. Турпоток на Кубань в 2020 году составил 11,5 млн туристов – ТАСС [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://tass.ru/obschestvo/10221085>
23. Краснодарский край возглавил рейтинг туристической привлекательности регионов России по итогам 2021 года Министерство курортов, туризма и олимпийского наследия [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://kurort.krasnodar.ru/news/common/s/common/e/207126>
24. Курорты Кубани установили рекорд по турпотоку – РИА Новости [Электронный ресурс] / Режим доступа: 29.12.2022 <https://ria.ru/20221229/kuban-1842236581.html>
25. Инвестиционный портал Краснодарского края [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://investkuban.ru/region/branch/kurorty-i-turizm/>
26. Регионы России. Социально-экономические показатели // Стат.сб. – М.: Росстат. - 2022. – 1122 с.
27. Федеральная служба государственной статистики. Транспорт [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/statistics/transport>
28. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года. Утверждена Распоряжением Правительства Российской Федерации №3363-р от 2 ноября 2021 года «Об утверждении Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года» [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://mintrans.gov.ru/documents/8/11577?ysclid=lcrwzgxniw871505453>
29. Высокий урожай и диверсификация экспорта зерна - Морские вести России [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.morvesti.ru/themes/1694/86511/>
30. Давыдович А.Р., Баль Н.В., Малышев А.В. Транспортная инфраструктура Краснодарского края: современное состояние и перспективы развития // Экономика, предпринимательство и право. – 2022. – Т. 12. – №8. – С. 2227-2240. – DOI 10.18334/epp.12.8.115126.
31. Глава Росприроднадзора назвала Кубань в числе загрязненных регионов РФ-РБК [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://kuban.rbc.ru/krasnodar/freenews/620e04349a794765cdb04d62>
32. О состоянии природопользования и об охране окружающей среды Краснодарского края в 2021 году: Доклад. - Краснодар, 2021. – 424 с.
33. Скорченко М.Ю. Зарубежный опыт организации регулярного контейнерного сообщения [Электронный ресурс] / Транспортные системы и технологии. - 2018. - №1. - Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/zarubezhnyy-opyt-organizatsii-regulyarnogo-konteylernogo-soobscheniya>
34. Покровская О.Д. Экономическое сравнение вариантов организации контейнерного терминала на сортировочной станции [Электронный ресурс] / БРНИ. - 2020. - №4. - Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskoe-sravnenie-variantov-organizatsii-konteylernogo-terminala-na-sortiro>
35. Нюркин А.В., Нюркин С.И., Телегин А.И. Зарубежный опыт контейнерных перевозок грузов в западной Европе [Электронный ресурс] / Научные проблемы водного транспорта. - 2017. - №53. - Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/zarubezhnyy-opyt-konteylernih-perevozok-gruzov-v-zapadnoy-evrope>

**Коновалова Татьяна Вячеславовна**

Кубанский государственный технологический университет

Адрес: 350072, Россия, г. Краснодар, ул. Московская, 2

К.э.н., заведующая кафедрой транспортных процессов и технологических комплексов (ТПиТК), проректор по учебной работе, доцент

Email: [tan\\_kon@mail.ru](mailto:tan_kon@mail.ru)

**Миротин Леонид Борисович**

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет

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

Д.т.н., профессор Московского автомобильно-дорожного института

Email: [mirotin2004@mail.ru](mailto:mirotin2004@mail.ru)

**Лебедев Евгений Александрович**

Кубанский государственный технологический университет

Адрес: 350072, Россия, г. Краснодар, ул. Московская, 2

Д.т.н., профессор кафедры ТПиТК

Email: [lebedew49@mail.ru](mailto:lebedew49@mail.ru)

**Надирян София Леоновна**

Кубанский государственный технологический университет

Адрес: 350072, Россия, г. Краснодар, ул. Московская, 2

Старший преподаватель кафедры ТПиТК

Email: [sofi008008@yandex.ru](mailto:sofi008008@yandex.ru)

**Соскова Валерия Витальевна**

Кубанский государственный технологический университет

Адрес: 350072, Россия, г. Краснодар, ул. Московская, 2

Студент

Email: zig.2398@gmail.com

T.V. KONOVALOVA, L.B. MIROTIN, E.A. LEBEDEV, S.L. NADIRYAN, V.V. SOSKOVA

## PROBLEMS OF THE IMPACT OF MOTOR TRANSPORT ON THE ECOLOGY OF THE KRASNODAR TERRITORY AND WAYS TO SOLVE THEM

**Abstract.** *The results of scientific and applied research of transport support for the economic activity of the Krasnodar Territory, as a tourist and agricultural region and a transport hub in the south of Russia, which has the infrastructure of all types of transport, are presented. The problems of the negative impact of the transport complex on the sanatorium-resort and tourist territory of the region are shown. Ways to reduce the environmental, social and transport burden on its densely populated and coastal territories are proposed.*

**Keywords:** *logistics, road transport, feeder transportation, piggyback transportation, harmful emissions, ecology*

### BIBLIOGRAPHY

1. Mirotin L.B., Lebedev E.A., Fedoseenko S.M. Predlozheniya po vosstanovleniyu transportnoy logistik Respubliki Krym // Vestnik transporta, 2015. - №9. - S. 21-24.
2. Mirotin L.B., Fedoseenko S.M., Lebedev E.A. Puti diversifikatsii i reinzhiniring transporta Yuga Rossii // Vestnik transporta. - 2015. - №12. - S. 10-11.
3. Lebedev E.A., Mirotin L.B. Razvitie transportno-kommunikatsionnykh vozmozhnostey Yuga Rossii: Sbornik trudov №18. Sovremennyy transport, infrastruktura, innovatsii, intellektual'nye sistemy: Materialy mezhdunarodnoy konferentsii Mezhdunarodnoy akademii Transporta. - 2015. - S. 164-173.
4. Mirotin L.B., Lebedev E.A., YAmenskov A.I., Fedoseenko S.M. Novorossiyskiy transportnyy uzel v Rossii: problemy i puti ikh resheniya // M.: Vestnik transporta. - 2016. - №1.
5. Mirotin L.B., Fedoseenko S.M., Lebedev E.A. Razvitie transportnoy sistemy Azovo-Chernomorskogo basseyna // M.: Byulleten' transportnoy informatsii. - 2016. - №6.
6. Lebedev E.A., Mirotin L.B., Vasil'ev N.A. // Osobennosti formirovaniya transportnogo puti Aziya - Evropa. - M.: Vestnik transporta. - 2018. - №12.
7. Lebedev E.A., Mirotin L.B., Konovalova T.V., Vasil'ev N.A. Snizhenie plotnosti gruzovykh transportnykh potokov avtodorog yuga Rossii // Logistika: sovremennye tendentsii razvitiya: Materialy XVIII mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - CH. 1. - SPb. - 2019.
8. Lebedev E.A., Mirotin L.B., Konovalova T.V., Mul'tiplikativnaya otsenka effektivnosti funktsionirovaniya transportno-logisticheskikh sistem (TLS) regiona // Razvitie ekonomicheskoy nauki na transporte: Sbornik VII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - SPb: Peterburgskiy gos. un-t putey soobshcheniya Imperatora Aleksandra I. - 2019.
9. Mirotin L.B., Lebedev E.A., YAmenskov A.I., Chekhovskaya E.E. Avtomobil'nyy transport i ekologiya MO g. Novorossiysk // Vestnik transporta. - 2016. - №9. - S. 13-15.
10. Lebedev E.A., Mirotin L.B., Konovalova T.V., Vasil'ev N.A. Puti reinzhiniringa i razvitiya transportnoy sistemy yuga Rossii // NAUCHNO-tehnicheskie aspekty innovatsionnogo razvitiya transportnogo kompleksa: V Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya. - 2019. - Donetsk.
11. Lebedev E., Mirotin L. Mul'tiplikativnyy effekt fidernykh perevozk vodnogo transporta vostrebovan, no ne predusmotren // Logistika. - 2019. - №11(156). - S. 24-28.
12. Lebedev E.A., Mirotin L.B., Torgashov A.A., Kochegura D.YU. Slozhnosti v rabote postov avtomatizirovannogo vesovogo i gabaritnogo kontrolya na avtodorogakh // Vestnik transporta. - 2020. - №1. - S. 21-28.
13. Lebedev E.A., Mirotin L.B. Transportno-tehnologicheskaya i ekologicheskaya kul'tura v Yuzhnom regione Rossii // Vestnik transporta. - 2021. - №1. - S. 26-28.
14. Lebedev E.A., Mirotin L.B. Fidernye perevozki gruzov i ikh mul'tiplikativnyy effekt: monografiya [Elektronnyy resurs] / pod obsch. red. L. B. Mirotina. - Moskva; Vologda: Infra-Inzheneriya, 2021. - 192 s. - Rezhim dostupa: <https://znanium.com/catalog/product/1832074>.
15. Lebedev E.A., Mirotin L.B., Konovalova T.V., Kochegura D.YU. Znachenie vodnogo vnutrennego transporta (VVT) v tsepyakh postavok Rossii i eio regionov // Vestnik transporta. - 2022. - №3. - S. 2-6.
16. Lebedev E.A., Mirotin L.B., Konovalova T.V., Kochegura D.YU. Transportno-kommunikatsionnoe obespechenie razvitiya rossiyskoy tsivilizatsii // Vestnik transporta. - 2022. - №5. - S. 2-4.
17. Lebedev E.A., Mirotin L.B., Konovalova T.V. Vodnyy transport - odin iz vazhneyshikh faktorov ekologicheskoy bezopasnosti strany. - Moskva.
18. Lebedev E.A., Mirotin L.B., Karpenko A.N., Soskova V.V. Obespechenie sokhrannosti avtodorog Yuga Rossii na osnove transportno-kommunikatsionnogo vzaimodeystviya vsekh vidov transporta // Vestnik transporta. - 2022. - №9. - S. 15-19.

19. Konovalova T.V., Mirotin L.B., Lebedev E.A., Nadyryan S.L., Mironova M.P., Soskova V.V. Razvitie sotrudnichestva DNR so stranami Kaspiyskogo regiona s ispol'zovaniem vnutrennikh vodnykh putey Rossiyskoy federatsii // Vestnik transporta. - 2022. - №9. - S. 32-35.
20. Mirotin L.B., Lebedev E.A., Nadyryan S.L., Mironova M.P., Soskova V.V. Integratsiya DNR v transportno-logisticheskuyu sistemu Yuga Rossii // Nauchno-tekhnicheskie aspekty innovatsionnogo razvitiya transportnogo kompleksa: Sbornik nauchnykh trudov po materialam VII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Donetsk: Donetskiy akademiya transporta. - 2022. - S. 158-161.
21. Turpotok na Kubani v 2019 godu sostavil okolo 17 mln chelovek - TASS [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://tass.ru/obschestvo/7449535>
22. Turpotok na Kuban` v 2020 godu sostavil 11,5 mln turistov - TASS [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://tass.ru/obschestvo/10221085>
23. Krasnodarskiy kray vozglavil reyting turisticheckoy privlekatel'nosti regionov Rossii po itogam 2021 goda Ministerstvo kurortov, turizma i olimpiyskogo naslediya [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://kurort.krasnodar.ru/news/common/s/common/e/207126>
24. Kurorty Kubani ustanovili rekord po turpotoku - RIA Novosti [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: 29.12.2022 <https://ria.ru/20221229/kuban-1842236581.html>
25. Investitsionnyy portal Krasnodarskogo kraja [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://investkuban.ru/region/branch/kurorty-i-turizm/>
26. Regiony Rossii. Sotsial'no-ekonomicheskie pokazateli // Stat.sb. - M.: Rosstat. - 2022. - 1122 s.
27. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki. Transport [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://rosstat.gov.ru/statistics/transport>
28. Transportnaya strategiya Rossiyskoy Federatsii do 2030 goda s prognozom na period do 2035 goda. Utverzhdena Rasporyazheniem Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii №3363-r ot 2 noyabrya 2021 goda «Ob utverzhdenii Transportnoy strategii Rossiyskoy Federatsii do 2030 goda s prognozom na period do 2035 goda» [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://mintrans.gov.ru/documents/8/11577?ysclid=1crwzgxniw871505453>
29. Vysokiy urozhay i diversifikatsiya eksporta zerna - Morskie vesti Rossii [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <http://www.morvesti.ru/themes/1694/86511/>
30. Davydovich A.R., Bal' N.V., Malyshev A.V. Transportnaya infrastruktura Krasnodarskogo kraja: sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya // Ekonomika, predprinimatel'stvo i pravo. - 2022. - T. 12. - №8. - S. 2227-2240. - DOI 10.18334/epp.12.8.115126.
31. Glava Rosprirodnadzora nazvala Kuban` v chisle zagryaznennykh regionov RF-RBK [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://kuban.rbc.ru/krasnodar/freenews/620e04349a794765cdb04d62>
32. O sostoyanii prirodopol'zovaniya i ob okhrane okruzhayushchey sredy Krasnodarskogo kraja v 2021 godu: Doklad. - Krasnodar, 2021. - 424 s.
33. Skorchenko M.Yu. Zarubezhnyy opyt organizatsii regul'yarnogo kontreylernogo soobshcheniya [Elektronnyy resurs] / Transportnye sistemy i tekhnologii. - 2018. - №1. - Rezhim dostupa: <https://cyberleninka.ru/article/n/zarubezhnyy-opyt-organizatsii-regulyarnogo-kontreylernogo-soobshcheniya>
34. Pokrovskaya O.D. Ekonomicheskoe sravnenie variantov organizatsii kontreylernogo terminala na sortirovochnoy stantsii [Elektronnyy resurs] / BRNI. - 2020. - №4. - Rezhim dostupa: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskoe-sravnenie-variantov-organizatsii-kontreylernogo-terminala-na-sortirovochnoy-stantsii>
35. Nyurkin A.V., Nyurkin S.I., Telegin A.I. Zarubezhnyy opyt kontreylernykh perevozok gruzov v zapadnoy Evrope [Elektronnyy resurs] / Nauchnye problemy vodnogo transporta. - 2017. - №53. - Rezhim dostupa: <https://cyberleninka.ru/article/n/zarubezhnyy-opyt-kontreylernykh-perevozok-gruzov-v-zapadnoy-evrope>

**Konovalova Tatyana Vyacheslavovna**  
Kuban State Technological University  
Address: 350072, Russia, Krasnodar  
Candidate of economic sciences  
Email: tan\_kon@mail.ru

**Nadyryan Sofia Levonovna**  
Kuban State Technological University  
Address: 350072, Russia, Krasnodar  
Senior Lecturer  
Email: sofi008008@yandex.ru

**Mirotin Leonid Borisovich**  
Moscow Automobile and Road State  
Technical University  
Address: 125319, Russia, Moscow  
Doctor of technical sciences  
Email: mirotin2004@mail.ru

**Soskova Valeriya Vitalevna**  
Kuban State Technological University  
Address: 350072, Russia, Krasnodar  
Student  
Email: zig.2398@gmail.com

**Lebedev Evgeniy Aleksandrovich**  
Kuban State Technological University  
Address: 350072, Russia, Krasnodar  
Doctor of technical sciences  
Email: lebedew49@mail.ru

Научная статья  
УДК 351.811.12  
doi:10.33979/2073-7432-2023-3-5(82)-108-117

С.А. ЖБАНОВА

## ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОЛИТИКА В СФЕРЕ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ И ТРАНСПОРТНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

***Аннотация.** Автор проводит анализ современного состояния правовой основы в сфере контроля (надзора) в области безопасности дорожного движения, рассматривает проблемы развития городских транспортных системах, изучает положительный опыт применения информационных систем автоматической фиксации нарушений правил дорожного движения.*

***Ключевые слова:** безопасность дорожного движения, государственная политика, транспортные системы, контроль (надзор), информационные системы, автоматическая фиксация*

### **Введение**

Инициативы по обеспечению безопасности дорожного движения строятся на основе анализа показателей его состояния, которые, в первую очередь, представляет количество ДТП, погибших и пострадавших в них. Непосредственный процесс, связанный с осуществлением мероприятий и принятием мер по защите участников дорожного движения от ДТП и их последствий также должен иметь определённую форму, характеризоваться динамичностью и высокой степенью соответствия реалиям современной жизни и складывающейся обстановки.

«Актуальная задача – это повышение безопасности дорожного движения. Отмечу, что за последние 10 лет смертность на дорогах снизилась почти вдвое, это, конечно, результат, это хороший результат. Надо укреплять эти положительные тенденции», – сказал Путин, выступая на расширенной коллегии МВД [1].

По словам президента необходимо повышать техническое оснащение трасс, культуру поведения на дорогах, проводить образовательные мероприятия для предупреждения детского травматизма и смертности на дорогах. Нацпроект «Безопасные качественные дороги» предполагает, что смертность в ДТП снизится к 2030 году до четырех человек на 100 тыс. населения.

### **Материал и методы**

Количество погибших на дорогах сократилось за последние пять лет более чем на 20 %. «Это весомый результат. И это происходит на фоне увеличения количества автотранспортных средств», – подчеркнул глава МВД Владимир Колокольцев в ноябре 2022 года [1].

Термин обеспечение безопасности дорожного движения официально закреплён на законодательном уровне. Согласно ст. 2 ФЗ «О безопасности дорожного движения» обеспечение безопасности дорожного движения - деятельность, направленная на предупреждение причин возникновения дорожно-транспортных происшествий, снижение тяжести их последствий [2].

Все юридические лица и индивидуальные предприниматели эксплуатирующие транспортные средства обязаны обеспечивать безопасность дорожного движения (далее – БДД). Однако, в зависимости от рода деятельности организации и эксплуатируемого транспорта, требования по обеспечению БДД к различным организациям отличаются. Соответственно, отличается перечень необходимых мероприятий по обеспечению БДД, и отличается перечень документов необходимых для обеспечения БДД в этих организациях. Для того чтобы понять, чем отличаются мероприятия по обеспечению БДД в различных организациях, обра-

тимся к Федеральному закону РФ № 196-ФЗ «О безопасности дорожного движения» [2]. Статья 20 закона «О безопасности дорожного движения» делит все организации эксплуатирующие транспортные средства на 2 группы: Юридические лица и индивидуальные предприниматели эксплуатирующие легковые автомобили для собственных нужд. Юридические лица и индивидуальные предприниматели осуществляющие коммерческие перевозки, или осуществляющие перевозки для собственных нужд автобусами и грузовыми автомобилями.

Регрессивное требование по ОСАГО. Как видно из смысла федерального законодательства обязанности по обеспечению БДД для различных организаций отличаются. Соответственно есть отличия и в проводимых мероприятиях по обеспечению БДД. В одной из следующих статей разберем различие в документальном обеспечении работы по организации БДД для перечисленных юридических лиц и ИП.

При создании и утверждении федеральной нормы, закрепляющей принципы безопасности на дорогах, законотворцы ориентировались, прежде всего, на защиту здоровья, жизни и собственности в частном и общественном аспекте. Основной упор делается на предупреждение аварий, облегчение последствий от возможных казусов.

### ***Теория***

Для полного понимания сути нормы важно корректно понимать значения терминов, которые встречаются в ее тексте. Дорожным движением называют комплекс отношений и событий, возникающих при передвижении на дороге - идет ли речь об авто или людях, передвигающихся пешком. Степень защищенности всех задействованных лиц относится к безопасности дорожного движения.

Под дорожно-транспортным происшествием понимают казус на дороге, повлекший урон собственности, жизни или здоровью гражданина. В обеспечение безопасности входит система действий для предупреждения дорожных казусов и снижения вреда от них. Дорогой считается земляная или искусственно разостланная полоса, предназначенная для движения транспорта. Она может состоять из одной или более полос для езды, трамвайных рельсов и разделительных участков. Под транспортным средством понимают устройство, перевозящие в специальном кузове людей, грузы или механизмы. Человек, который им управляет или тот, который инструктирует ученика во время урока по вождению, называется водителем. Место, где можно запарковать авто, оборудуют и отгораживают соответствующим образом. Оно также выступает частью дороги. Аварийно-опасным участком называется отрезок пути длиной в километр за пределами населенных зон, где за условный период произошло минимум пять различных (или три однотипных) аварий, повлекших урон здоровью или смерть. В населенной зоне этот отрезок короче - 200 м.

Жизнь и здоровье всех, кто вышел или выехал на дорогу - безусловный приоритет и несоизмеримо большая ценность, нежели экономические и хозяйственные достижения. При обеспечении безопасности государство ориентируется на сохранность законных частных и общественных прав и интересов.

Все, что имеет отношение к поведению находящихся на дорогах, регулируются настоящим Федеральным законом и сопряженными с ним актами.

О сохранности собственной жизни обязан думать каждый, выходя или выезжая на улицу, но при этом он также вправе рассчитывать на защиту от общества и государства. Основная обязанность по обеспечению общей безопасности движения возложена на исполнительную власть, местное самоуправление, немалый вклад вносят общественные объединения. Обеспечение включает: регулирование деятельности транспорта и дорожного хозяйства, также разработка и утверждение норм безопасности; организация движения; мероприятия по безопасности; обучение езде и нормам движения; медицинские мероприятия; сертификация и декларирование; лицензирование; страхование. Также в понятие обеспечения входят меры по надзору. Это относится к перевозчикам; фирмам, занимающимся экспедированием; ремонтникам; проектировщикам; строительным компаниям; службам по испытанию и проверке качества; автошколам; производителям технических систем, сервисным центрам, обслу-

живающим их; изготовителям регистрационных знаков; компаниям, производящим бланки водительских прав.

Порядок лицензирования разработан Правительством РФ. Не только власти ответственны за безопасность сидящих за рулем и идущих пешком. Во всем, что так или иначе относится к этому вопросу, вправе принять участие общественные организации. Сюда входит также расследование происшествий. Полномочные представители объединений вправе сами передать материалы дела в прокуратуру и отстаивать себя при судебном разбирательстве. Если руководители объединения захотят провести некое мероприятие по безопасности, в соответствии с уставом, власти не вправе запретить им это. Иногда власти сами привлекают общественных деятелей для проведения профилактических мероприятий, но исключительно на добровольной основе.

Исполнительная власть ведет учет степени безопасности на всей территории РФ. Берутся количественные показатели: аварий и пострадавших; нарушителей; административных и уголовных нарушений в отношении дорожного движения. Принимаются во внимание также другие данные, непосредственно относящиеся к вопросу. Уменьшить количество смертей и травм на дорогах возможно с помощью профилактики. С этой целью Правительство РФ организует федеральные и местные программы за счет финансов из государственной казны и иных источников.

Строители, разработчики и проектировщики дорог на территории РФ обязаны ориентироваться на безопасность тех, кто будет пользоваться созданной ими дорогой. В своей деятельности они опираются на нормы соответствия техническим регламентам и другим нормам государственного строительного надзора или иной уполномоченной структуры. Ответственность за соответствие этим нормам вменяется руководству проекта, а при реконструкции и строительных работах - на исполнителей работ. Недопустимо снижать капитальные затраты, если это негативно скажется на безопасности дороги.

У ремонтных организаций приоритет тот же - безопасность. Насколько состояние ремонтируемой соответствует установленному регламенту, фиксируется актом контрольного осмотра, для правомочности которого обязательно присутствие представителя исполнительной власти. Ответственность за это ложится на плечи лиц, проводящих работы по ремонту и содержанию дороги. Обустройство дорог объектами сервиса Для удобства путешественников на трассах устанавливают отделения сервисных служб, найти которые можно с помощью специальных знаков, например, сигнализирующих о расположении ближайшей клиники, заведения питания, отеля или отделения связи. Также с помощью последних предоставляют информацию по безопасности.

Иногда движение на некоторых отрезках пути ограничивают или вообще прекращают. Такие полномочия есть у исполнительных властей, ответственных за предоставление госуслуг и дорожное хозяйство; представителей местного самоуправления. Такой порядок утвержден Федеральным законом №257-ФЗ [2]. Каждый автовладелец следит за состоянием своего авто и садится за руль только той машины, которая признана соответствующей техническим нормам. Для этого необходимо своевременное посещение автоцентров для планового осмотра и страхование гражданской ответственности. Последнее без осмотра невозможно.

Весь транспорт, использующийся в пределах РФ, подлежит установленному законом техническому осмотру. При этом должны соблюдаться следующие требования: При проведении техобслуживания и ремонта ориентируются на соблюдение безопасности движения. Соответствие нормам, правилам и процедурам заводов-изготовителей транспорта; Организации и частные предприниматели, предоставляющие услуги технического ремонта и обслуживания, обязаны соответствовать установленным законом нормам. Соответствие техническим нормам подтверждается официальным документом, который обязательно выдает исполнитель работ и услуг.

Запрещено использовать транспорт: неисправный; имеющий серьезные повреждения, влияющие на качество управления; незастрахованный; ведомый нетрезвым водителем. Неисправности, при которых запрещено выезжать на дорогу, содержатся в соответствующем

перечне, утвержденном Правительством РФ. Запрет может налагаться только специально уполномоченным должностным лицом.

Федеральная и местная власть, также общественные деятели обязуются регулярно проводить мероприятия по организации движения. Этот вопрос затрагивает и парковочные места. При их разбивке и оборудовании ориентируются на нормы Федерального закона №257-ФЗ [2] и сопряженные с ним акты. Отдельно стоит сказать о знаках и ограничении заезда. Если встала необходимость установления знака или расчерчивания разметки, благодаря которым въезд любого транспорта будет запрещен, то об этом граждан извещают посредством официальных источников не меньше, чем за двадцать дней до введения новшества.

Любые виды деятельности по ОДД в пределах РФ ориентируются на соответствующий Федеральный закон, посвященный организации дорожного движения, с учетом всех последних изменений. Перечень документов, на которые предстоит ориентироваться, утверждается Правительством РФ. Недопустимы никакие изменения, если их проведение отрицательно скажется на безопасности движения. Любые изменения организации движения проводятся только должностным лицом, наделенным таким правом. Выполнение его распоряжений обязательны для всех участников движения.

Любой человек, желающий пройти курсы вождения или устроиться на работу по этому профилю, обязан подтвердить, что с его здоровьем это возможно. То же самое относится к ситуации, если встал вопрос о лишении кого-то права садиться за руль. Это связано не только с психической вменяемостью, но также с риском возникновения патологий, выступающих абсолютным противопоказанием к вождению машин. Не все из них выявляются при плановых осмотрах, поэтому водители при необходимости посещают также внеочередные освидетельствования. Перед и после каждого рейса водитель обязан получить допуск от врачей. Свободны от предрейсового осмотра только выезжающие по вызову оперативных служб. Послерейсовый обязателен для тех, кто возит опасные грузы или пассажиров. Любой обязательный осмотр, производят за счет самого обследуемого, исключение - работники транспорта, выезжающие на рейсы, в их случае обследование спонсирует наниматель. После осмотра выписывают заключение по утвержденной форме с обязательным указанием всех показаний или ограничений к вождению. Один экземпляр остается у учреждения, проводившего освидетельствование, а другой выдают на руки обследованному. Понятие обеспечения безопасности дорог с медицинской точки зрения включает также ряд мероприятий санитарно-просветительской направленности. Их цель - пропаганда трезвой езды, обучение навыкам медицинской помощи. Пострадавшим в авариях оказывают первую, медико-санитарную и специализированную помощь. Также обязательно предоставляется скорая медпомощь непосредственно на месте аварии и по пути следования в клинику.

Деятельность субъектов обеспечения БДД должна быть построена на основе ряда принципов, среди которых применительно к данному вопросу настоящей статьи должен быть отнесен принцип взаимодействия.

Федеральным законом «О безопасности дорожного движения» определены средства обеспечения безопасности на дорогах. Так к числу таких направлений относится нормативно-правовое регулирование. Вместе с тем, важное значение имеет координация их деятельности посредством определения перспективных целей, постановки задач, определения особенностей реализации предоставленного круга полномочий. Здесь же к субъектам помимо органов власти относятся также физические и юридические лица, чья деятельность непосредственно оказывает влияние на обеспечение безопасности дорожного движения [3].

Государство призвано создать благоприятные условия для безопасного и бесперебойного движения транспортных средств и пешеходов, и только за тем привлекать к ответственности нарушителей требований безопасности в дорожном движении. Формы и методы профилактической работы во все исторические периоды деятельности государства были различными, но, по сути, вся работа сводилась к информационному воздействию на участников дорожного движения с целью выработки у них правомерного поведения и отказа от возможных неправомерных деяний. В наши дни, когда научно-технический прогресс продвинулся дале-

ко вперед, а количество владельцев автотранспортных средств продолжает неуклонно расти, что диктует пересмотр подходов к решению вопросов профилактики безопасности дорожного движения.

Если говорить о проблемах развития городских транспортных системах, то в первую очередь мы можем обозначить: рост числа ДТП, выбросов загрязняющих веществ и транспортного шума; неэффективность перемещения пассажиро- и грузопотоков и др.

К числу основных направлений государственного регулирования в сфере организации транспорта и сбалансированного развития территориальных транспортных систем мы можем отнести:

- совершенствование территориального и территориально-транспортного планирования;
- организация муниципальной парковки и политика парковки;
- улучшение общественного транспорта и немоторизованных перевозок;
- введение ограничений на автомобильный транспорт;
- оптимизация работы грузовика;
- совершенствование технических средств и методов организации перевозок;
- правовая, организационная и методологическая поддержка в решении транспортных проблем;
- развитие дорожных сетей.

Нужно заметить, что проблема безопасности дорожного движения стоит довольно остро на протяжении длительного периода времени, разработка нормативных актов велась с появления первых транспортных средств и не прекращается до настоящего времени.

Рассмотрим в рамках настоящего вопроса правовую основу осуществления контроля за эксплуатационно-техническим состоянием дорог, одним из направлений которого является контроль за их сезонным содержанием.

Так, основополагающим нормативным актом, на основе которого базируются все последующие нормативные акты, регулирующие деятельность подразделений по обеспечению безопасности дорожного движения является Конвенция о дорожном движении, принятая в Вене в 1968 году. Согласно Конституции Российской Федерации общепризнанные принципы и нормы международного права и международные договоры РФ являются частью ее правовой системы.

В связи с этим делаем вывод, что основополагающими нормативными актами, регулирующими деятельность Государственной инспекции безопасности дорожного движения и являющимися фундаментальными в нормативной базе, являются международные нормы и положения Конституции Российской Федерации.

На основе данных нормативных актов разрабатываются дальнейшие законодательные акты, которые регламентируют все направления деятельности Госавтоинспекции, постараемся охватить основные из них и рассмотреть значимые моменты.

В ходе анализа правовой основы в сфере контроля (надзора) в области безопасности дорожного движения мы можем выделить следующие основополагающие нормативные правовые акты:

- Статья 30 Федерального закона от 10 декабря 1995 г. №196-ФЗ «О безопасности дорожного движения» (в ред. Федерального закона от 11 июня 2021 г. №170-ФЗ) [3];
- Федеральный закон от 31 июля 2020 г. №248-ФЗ «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации» [4];
- Положение о федеральном государственном контроле (надзоре) в области безопасности дорожного движения (утв. постановлением Правительства Российской Федерации от 30 июня 2021 г. №1101) [5];
- Приказ МВД России от 8 декабря 2021 г. №1012 «Об утверждении индикативных показателей для федерального государственного контроля (надзора) в области безопасности дорожного движения» [6];

- Приказ МВД России от 13 декабря 2021 г. №1025 «Об утверждении перечня индикаторов риска нарушения обязательных требований при осуществлении федерального государственного контроля (надзора) в области безопасности дорожного движения» [7];

- Приказ МВД России от 11 января 2022 г. №39 «Об утверждении форм проверочных листов (списков контрольных вопросов, ответы на которые свидетельствуют о соблюдении или несоблюдении контролируемым лицом обязательных требований), применяемых должностными лицами МВД России и его территориальных органов при осуществлении федерального государственного контроля (надзора) в области безопасности дорожного движения» [8];

- Приказ МВД России от 1 августа 2022 г. № 570 «Об утверждении форм документов, используемых должностными лицами Министерства внутренних дел Российской Федерации и его территориальных органов, уполномоченными на осуществление федерального государственного контроля (надзора) в области безопасности дорожного движения» [9].

Если мы говорим о сфере Государственного контроля (надзора) за реализацией органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органами местного самоуправления, их должностными лицами полномочий, связанных с обеспечением безопасности дорожного движения и соблюдением требований в области обеспечения безопасности дорожного движения, то перечень нормативных правовых актов может быть представлен следующим образом:

- Федеральный закон от 21 декабря 2021 г. №414-ФЗ «Об общих принципах организации публичной власти в субъектах Российской Федерации» [10];

- Федеральный закон от 6 октября 2003 г. №131-ФЗ «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» [11];

- Положение о государственном контроле (надзоре) за реализацией органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органами местного самоуправления, их должностными лицами полномочий, связанных с обеспечением безопасности дорожного движения и соблюдением требований в области обеспечения безопасности дорожного движения, утвержденное постановлением Правительства Российской Федерации от 16 марта 2022 г. №384 [12].

Условия реальной жизни сложно представить без автомобиля, для современного человека наличие транспортного средства – это способность увеличения своего личного потенциала по выполнению деятельности, поэтому их количество на дорогах нашей страны с каждым годом растёт. К сожалению, с вышеуказанным фактом пропорционально и увеличивается число аварий (дорожно-транспортные происшествия, причинение физического, материального и морального вреда гражданину). Полученный ущерб оказывает негативное влияние не только на отдельного человека, но и на государство в целом, а к тому же подрывая экономические и демографические направления реализации. Стоит учитывать и эффективность использования средств автоматической фиксации. Рассмотрим на примере, сотрудник, осуществляющий контроль в данной сфере, допустим за 1 час, способен остановить транспортное средство и зафиксировать правонарушение, совершённое водителем около 5-6 раз при благоприятных обстоятельствах, в свою очередь автоматизированный комплекс за данный промежуток времени фиксирует все правонарушения, вне зависимости потока и количества.

На современном этапе развития в государстве возникают новые направления.

Рассмотрим реализацию применения комплекса видеонаблюдения и видеоаналитики, которое отлично зарекомендовало себя на дорогах России - VOCORD Tahion (профессиональное программное обеспечение). С помощью данной системы возможно решение следующих задач:

1. Осуществлять действия по мониторингу дорожной обстановки в режиме реального времени (измерение скорости - мгновенной, средней);

2. Фиксация транспортных средств, попадающих в зону видимости камер фотофиксации (автоматическая фиксация нарушений ПДД - более 15 видов: несоблюдение скоростного режима, движение по встречной полосе или движение во встречном направле-

нии по дороге с односторонним движением, проезд на запрещающий сигнал светофора, заезд за стоп-линию, выезд на перекресток в случае образования затора за ним, выезд на полосу реверсивного движения при запрещающем сигнале светофора, запрещенные маневры и нарушения требований дорожных знаков и разметки, нарушение правил остановки, стоянки транспортных средств, движение по обочине и въезд в технологические разрывы разделительной полосы на автомагистралях, выезд и движение на полосу для общественного транспорта и другие);

3. Эффективный механизм распознавания государственного номера автомобиля;

4. Использования принципа детализации объектов: пешеход на проезжей части, движение задним ходом, оставленные вещи.

5. Собираение дорожно-транспортной статистики.

6. Проверка по базам розыска.

При возникновении ситуаций с неблагоприятным исходом система имеет возможность отследить конкретный случай и проинформировать сервисные службы об инциденте, что бы заранее подготовить механизм действий по предотвращению.

Ещё одним неотъемлемым плюсом вышеуказанной системы является осуществление контроля в любое время суток, даже в условиях, усложняющих видимость (ночь, туман). Так же имеется возможность мгновенной фиксации обстановки на автомобильной дороге, даже при большой загруженности.

Архитектура системы VOCORD Tаhion — выражается через иерархическую структуру с неограниченным количеством пользователей, которая позволяет осуществлять оперативный механизм реагирования.

Согласно федеральному проекту «Безопасные и качественные дороги», к 2024 году количество комплексов фотовидеофиксации в России должно вырасти на 211 % к уровню 2017 года, что в абсолютных цифрах составит свыше 19000 комплексов. На конец 2019 года система фотовидеофиксации в стране представлена 12000 стационарными, 3500 портативными и 1500 мобильными комплексами, фиксирующими несколько десятков нарушений ПДД в автоматическом режиме [15-17].

Комплекс фотовидеофиксации «Вокорда» детектируют нарушения за счет видеоаналитических алгоритмов, архивируя фотоснимки и видеозаписи в качестве доказательной базы. Данные о правонарушении передаются в центры обработки данных по проводным и беспроводным каналам связи (3G, 4G, Wi-Fi). В ЦАФАПы, ЦОДы отправляются данные:

1) точное установление местонахождения интересующего объекта (ситуации);

2) распознанный номер транспортного средства с фотографиями знака крупным планом, а также самого автомобиля и дорожной обстановки;

3) динамичный процесс фиксации самого процесса совершения нарушения;

4) дата, время и место совершения правонарушения;

5) фиксация скоростного режима.

Камеры видеофиксации VOCORD Tгаffіc также являются источником данных об основных параметрах транспортного потока. Они служат удобным инструментом сбора статистики транспортного потока. Полученные данные можно выгружать в виде аналитических таблиц, выбирая нужные фильтры. Иметь представление о характере движения в зоне контроля в различные временные промежутки:

1) количество проехавших машин;

2) средняя плотность потока;

3) классификация транспортных средств;

4) минимальная/максимальная/средняя скорость движения;

5) средняя скорость движения транспортного потока.

Помимо указанных преимуществ, данная система обладает и дополнительными свойствами:

1) системами весогабаритного контроля (АСВГК), контролирующими соблюдение правил грузоперевозок для увеличения сохранности дорог;

2) системами метеомониторинга, оповещающих о погодных условиях и их влиянии на дорожную обстановку в режиме реального времени;

3) автоматизированными системами управления дорожным движением (АСУДД), позволяющим управлять транспортными потоками дистанционно и другими.

Комплексы фотовидеофиксации нарушений ПДД VOCORD Traffic имеют готовые интеграции с различными автоматизированными информационными системами, а также WIM-системами «Тензо-М», САМЕА, IBS, Kapsch. При интеграции комплексов с АИС ЦАФАП комплексы могут вести поиск транспортных средств по базам розыска, судебных приставов и прочим.

### **Результаты и обсуждение**

Таким образом, рассмотрев несколько примеров автоматической работы систем, по выявлению правонарушений с помощью камер фотовидеофиксации, мы можем сделать вывод о том, что это эффективный вспомогательный механизм, способствующий быстрому и точному реагированию, а так же упрощает процесс привлечения лиц-нарушителей к административной ответственности, установления факта о наличии реального состава действий выходящих противоправными, равно как конкретное установления транспортного средства, задействованного в нарушении правил дорожного движения [13, 14].

Безопасность, это определенное состояние общественной жизни государства, которое напрямую связано с отношениями, возникающими между государством в лице его государственных органов и гражданами, по поводу недопустимости нарушения их прав и свобод и создания всех необходимых условий для нормального функционирования жизнедеятельности. Данное направление деятельности является одним из составных элементов всей безопасности в государстве. Посредством целенаправленных действий и мероприятий, проводимых государственными органами, достигается баланс между интересами общества и государственными.

### **Вывод**

Все россияне, которые садятся за руль или выходят на улицу, вправе рассчитывать, что на дороге им гарантирована безопасность, если они сами будут соблюдать правила и не ущемят чужие частные или общественные интересы. Ни один закон не может конфликтовать с правом свободы передвижения, которое дает Конституция РФ. Обо всех факторах, могущих ограничить это право, гражданина обязаны своевременно предупреждать, равно как и предоставлять актуальные данные по предоставляемым услугам в сфере обеспечения безопасности. В случае возникновения казуса человек вправе рассчитывать на бесплатную врачебную помощь и возмещение полученного урона, в том числе - морального. Если гражданин столкнется с произволом представителей властей, он вправе обратиться в суды и обжаловать их решения. Государство всегда и везде охраняет и поддерживает своих граждан, в том числе и на дорогах. Однако при этом не стоит забывать, что собственная сохранность - основной приоритет каждого из участников движения и его же основная степень ответственности. Только осторожность и полное соблюдение правил уберегут от неприятных событий на дороге.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Официальный сайт Президента РФ [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/69465>
2. Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон от 08.11.2007 № 257-ФЗ. - Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
3. О безопасности дорожного движения: Федеральный закон от 10.12.1995 №196-ФЗ (ред. 01.11.2022). - Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
4. О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации: Федеральный закон от 31 июля 2020 г. №248-ФЗ. - Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
5. Положение о федеральном государственном контроле (надзоре) в области безопасности дорожного движения: Постановление Правительства РФ от от 30 июня 2021 г. №1101. - Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

6. Об утверждении индикативных показателей для федерального государственного контроля (надзора) в области безопасности дорожного движения: приказ МВД России от 8 декабря 2021 г. №1012. - Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

7. Об утверждении перечня индикаторов риска нарушения обязательных требований при осуществлении федерального государственного контроля (надзора) в области безопасности дорожного движения: приказ МВД России от 13 декабря 2021 г. №1025. - Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

8. Об утверждении форм проверочных листов (списков контрольных вопросов, ответы на которые свидетельствуют о соблюдении или несоблюдении контролируемым лицом обязательных требований), применяемых должностными лицами МВД России и его территориальных органов при осуществлении федерального государственного контроля (надзора) в области безопасности дорожного движения: Приказ МВД России от 11 января 2022 г. №39. - Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

9. Об утверждении форм документов, используемых должностными лицами Министерства внутренних дел Российской Федерации и его территориальных органов, уполномоченными на осуществление федерального государственного контроля (надзора) в области безопасности дорожного движения: Приказ МВД России от 1 августа 2022 г. №570. - Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

10. Об общих принципах организации публичной власти в субъектах Российской Федерации: Федеральный закон от 21 декабря 2021 г. №414-ФЗ. - Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

11. Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации: Федеральный закон от 6 октября 2003 г. №131-ФЗ. - Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

12. Положение о государственном контроле (надзоре) за реализацией органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органами местного самоуправления, их должностными лицами полномочий, связанных с обеспечением безопасности дорожного движения и соблюдением требований в области обеспечения безопасности дорожного движения: Постановление Правительства РФ от 16 марта 2022 г. №384. - Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

13. Якунин Н.Н., Фролов О.Ю., Якунина Н.В. и др. Результаты исследования кадрового обеспечения автотранспортного комплекса региона (на примере Республики Башкортостан) // Мир транспорта и технологических машин. – 2022. – №1(76). – С. 103-111.

14. Vinichenko V.A. Technology of personnel training for the transport industry [Электронный ресурс] / International Conference Technological Educational Vision (TEDUVIS 2020). - 2021. Vol. 97. - 01006. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1051/shsconf/20219701006>.

15. Прохорова А.М. Использование психофизиологических и психологических показателей в профессиональном отборе водителей, осуществляющих пассажирские и грузовые перевозки [Электронный ресурс] / Современная наука. – 2020. – №2. – С. 53-58. – Режим доступа: <https://doi.org/10.53039/2079-4401.2020.2.2.014>.

16. Козлова Н.С., Митрофанова И.В., Паньков И.Э. Управление подбором кадров на предприятиях железнодорожного транспорта в соответствии с их личностными характеристиками // Вестник Самарского муниципального института управления. – 2015. – №2. – С. 72-80.

17. Zaranka J., Pečeliunas R., Žuraulis V.A. Safety-Based Selection Methodology for Professional Drivers: Behaviour and Accident Rate Analysis [Электронный ресурс] / Int. J. Environ. Res. Public Health. - 2021. - №18. - 12487. – Режим доступа: <https://doi.org/10.3390/ijerph182312487>.

**Жбанова Светлана Александровна**

Орловский юридический институт МВД России имени В.В. Лукьянова

Адрес: 302027, Россия, г. Орёл, ул. Игнатова, 2

К.э.н., заместитель начальник кафедры организации деятельности ГИБДД

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

---

S.A. ZHBANOVA

## STATE POLICY IN THE FIELD OF TRAFFIC MANAGEMENT AND TRANSPORT PLANNING

**Abstract.** *The author analyzes the current state of the legal framework in the field of control (supervision) in the field of road safety, examines the problems of development of urban transport systems, studies the positive experience of using information systems for automatic recording of violations of traffic rules, analyzes the terms of road safety.*

**Keywords:** *road safety, state policy, transport systems, control (supervision), information systems; automatic fixation*

### BIBLIOGRAPHY

1. Ofitsial`nyy sayt Prezidenta RF [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/69465>

2. Ob avtomobil'nykh dorogakh i o dorozhnoy deyatel'nosti v Rossiyskoy Federatsii i o vnesenii izme-neniy v otde'l'nye zakonodatel'nye akty Rossiyskoy Federatsii: Federal'nyy zakon ot 08.11.2007 № 257-FZ. - Dostup iz sprav.-pravovoy sistemy «Konsul'tantPlyus».
3. O bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya: Federal'nyy zakon ot 10.12.1995 №196-FZ (red. 01.11.2022). - Dostup iz sprav.-pravovoy sistemy «Konsul'tantPlyus».
4. O gosudarstvennom kontrole (nadzore) i munitsipal'nom kontrole v Rossiyskoy Federatsii: Federal'nyy zakon ot 31 iyulya 2020 g. №248-FZ. - Dostup iz sprav.-pravovoy sistemy «Konsul'tantPlyus».
5. Polozhenie o federal'nom gosudarstvennom kontrole (nadzore) v oblasti bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya: Postanovlenie Pravitel'stva RF ot ot 30 iyunya 2021 g. №1101. - Dostup iz sprav.-pravovoy sistemy «Konsul'tantPlyus».
6. Ob utverzhenii indikativnykh pokazateley dlya federal'nogo gosudarstvennogo kontrolya (nadzora) v oblasti bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya: prikaz MVD Rossii ot 8 dekabrya 2021 g. №1012. - Dostup iz sprav.-pravovoy sistemy «Konsul'tantPlyus».
7. Ob utverzhenii perechnya indikatorov riska narusheniya obyazatel'nykh trebovaniy pri osushchestvlenii federal'nogo gosudarstvennogo kontrolya (nadzora) v oblasti bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya: prikaz MVD Rossii ot 13 dekabrya 2021 g. №1025. - Dostup iz sprav.-pravovoy sistemy «Konsul'tantPlyus».
8. Ob utverzhenii form proverochnykh listov (spiskov kontrol'nykh voprosov, otvety na kotorye svidetel'stvuyut o soblyudenii ili nesoblyudenii kontroliruemykh litsom obyazatel'nykh trebovaniy), primenyaemykh dolzhnostnymi litsami MVD Rossii i ego territorial'nykh organov pri osushchestvlenii federal'nogo gosudarstvennogo kontrolya (nadzora) v oblasti bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya: Prikaz MVD Rossii ot 11 yanvarya 2022 g. №39. - Dostup iz sprav.-pravovoy sistemy «Konsul'tantPlyus».
9. Ob utverzhenii form dokumentov, ispol'zuemykh dolzhnostnymi litsami Ministerstva vnutrennikh del Rossiyskoy Federatsii i ego territorial'nykh organov, upolnomochennymi na osushchestvlenie federal'nogo gosudarstvennogo kontrolya (nadzora) v oblasti bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya: Prikaz MVD Rossii ot 1 avgusta 2022 g. №570. - Dostup iz sprav.-pravovoy sistemy «Konsul'tantPlyus».
10. Ob obshchikh printsipakh organizatsii publichnoy vlasti v sub'ektakh Rossiyskoy Federatsii: Federal'nyy zakon ot 21 dekabrya 2021 g. №414-FZ. - Dostup iz sprav.-pravovoy sistemy «Konsul'tantPlyus».
11. Ob obshchikh printsipakh organizatsii mestnogo samoupravleniya v Rossiyskoy Federatsii: Federal'nyy zakon ot 6 oktyabrya 2003 g. №131-FZ. - Dostup iz sprav.-pravovoy sistemy «Konsul'tantPlyus».
12. Polozhenie o gosudarstvennom kontrole (nadzore) za realizatsiyey organami ispolnitel'noy vlasti sub'ektov Rossiyskoy Federatsii i organami mestnogo samoupravleniya, ikh dolzhnostnymi litsami polnomochiy, svyazannykh s obespecheniem bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya i soblyudeniem trebovaniy v oblasti obespecheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya: Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 16 marta 2022 g. №384. - Dostup iz sprav.-pravovoy sistemy «Konsul'tantPlyus».
13. YAkunin N.N., Frolov O.Yu., Yakunina N.V. i dr. Rezul'taty issledovaniya kadrovogo obespecheniya avtotransportnogo kompleksa regiona (na primere Respubliki Bashkortostan) // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. - 2022. - №1(76). - S. 103-111.
14. Vinichenko V.A. Technology of personnel training for the transport industry [Elektronnyy resurs] / International Conference Technological Educational Vision (TEDUVIS 2020). - 2021. Vol. 97. - 01006. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1051/shsconf/20219701006>.
15. Prokhorova A.M. Ispol'zovanie psikhofiziologicheskikh i psikhologicheskikh pokazateley v professional'nom otbore voditeley, osushchestvlyayushchikh passazhirskie i gruzovye perevozki [Elektronnyy resurs] / *Sovremennaya nauka*. - 2020. - №2. - S. 53-58. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.53039/2079-4401.2020.2.2.014>.
16. Kozlova N.S., Mitrofanova I.V., Pan'kov I.E. Upravlenie podborom kadrov na predpriyatiyakh zheleznodorozhnogo transporta v sootvetstvii s ikh lichnostnymi kharakteristikami // *Vestnik Samarskogo munitsipal'nogo instituta upravleniya*. - 2015. - №2. - S. 72-80.
17. Zaranka J., Peceliunas R., Zuraulis V.A. Safety-Based Selection Methodology for Professional Drivers: Behaviour and Accident Rate Analysis [Elektronnyy resurs] / *Int. J. Environ. Res. Public Health*. - 2021. - №18. - 12487. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.3390/ijerph182312487>.

**Zhbanova Svetlana Alexandrovna**

Oryol Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia

Adress: 302027, Russia, Orel, Ignatova str., 2

Candidate of economic sciences

E-mail: svetlanasamotina@mail.ru

Научная статья

УДК 656.1

doi:10.33979/2073-7432-2023-3-5(82)-118-129

С.Е. БЕБИНОВ, Л.С. ТРОФИМОВА, А.П. ЖИГАДЛО

## КОНЦЕПЦИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ТРЕБОВАНИЙ К ПЕРСОНАЛУ ПАССАЖИРСКОГО АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА, СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПОДГОТОВКИ И ПЕРЕПОДГОТОВКИ

***Аннотация.** На основании выполненных исследований предложена новая трактовка понятия «персонал пассажирского автомобильного транспорта». Разработан новый концептуальный подход к требованиям для персонала пассажирского автомобильного транспорта, совершенствованию его подготовки и переподготовки, основанный на взаимосвязи производительности труда водителя и слесаря по ремонту, зависящей от уровня сформированности профессиональных навыков в конкретных условиях эксплуатации и обеспечивающей плановую выработку автобуса в соответствии с требованиями безопасности дорожного движения и перевозки пассажиров. Представлена единая система персонала, как элемента ВАДС. Новый концептуальный подход предназначен для практики работы пассажирского автотранспортного предприятия и прогнозирования потребностей в персонале для транспортной отрасли.*

***Ключевые слова:** взаимодействие элементов системы ВАДС, выработка подвижного состава, квалификационные и профессиональные требования, пассажирские автомобильные перевозки, производительность труда, формирование персонала*

### **Введение**

Производительность процесса пассажирских автомобильных перевозок (ПАП) определяется соответствием персонала автопредприятия квалификационным и профессиональным требованиям. Классический подход к оценке производительности труда для эффективного комплектования штата специалистов определен результатами исследований Л.А. Бронштейна, М.Н. Бедняка, Б.С. Клейнера, И.Д. Ключкова, Г.А. Кононовой. Вопросам формирования персонала посвящены труды В.И. Кузнецова, М.П. Улицкого и др. Концептуальная основа кадрового подбора заключается в формировании трудового коллектива для обеспечения долгосрочного перспективного планирования деятельности пассажирского автопредприятия по труду и кадрам. Решаются задачи производительности труда, регулирования численности основного и вспомогательного персонала пассажирского автомобильного предприятия, уровня заработной платы и прохождения повышения квалификации работниками.

Результаты ранее выполненного исследования классического подхода определили проблему разработки требований к персоналу пассажирского автопредприятия через оценку и прогноз производительности труда. Для прогнозирования производительности персонала ПАП используют стоимостный метод, основанный на финансовой эффективности автопредприятия в приведенном значении на одного работника основной деятельности (водитель, слесарь). Для определения прогнозных значений выработки подвижного состава пассажирского автопредприятия используется натуральный метод планирования производительности, учитывающий объем пассажироперевозок по времени, количеству пассажиров, пассажирокилометров или пробегу на одного водителя. Трудовой метод планирования производительности труда учитывает объем и трудоемкость планируемых работ по техническому обслуживанию (ТО) и техническому ремонту (ТР) подвижного состава для каждого работника цеха или участка.

Изучение ранее выполненных исследований показало, что прогнозное изменение производительности труда на пассажирском автопредприятии зависит и от пассажироместимости подвижного состава, скорости сообщения и эксплуатационной скорости автобусов на маршрутах.

Современные условия организации пассажирских перевозок формируют новые требования к персоналу транспортной отрасли в целом. Растущая загрузка производства и персо-

нала ставит перед руководством задачи по организации целенаправленного комплектования кадров [1]. В результате, прогнозирование перевозок формирует корпоративную систему развития персонала, нацеленную на достижение показателей деятельности, соответствующих индикаторам стратегического планирования отрасли.

Н.Н. Якунин, Н.В. Якунина, В.В. Котов, О.В. Кабанова [2] предложили связать современное стратегическое планирование персонала автомобильного транспорта с прогнозом подготовки кадров в учебных организациях. Такой подход открывает новые возможности кадрового обеспечения автотранспортного предприятия, по показателю профильности образования.

Н.Н. Якунин, О.Ю. Фролов, Н.В. Якунина, В.В. Котов [3] в результате исследования соотношения работников, имеющих и не имеющих профильное образование, выявили преимущественную численность первых в автотранспортных предприятиях организационно-правовой формы юридического лица, по сравнению с индивидуальными предпринимателями. Повышение профильности кадрового обеспечения коммерческих ПАП юридических лиц определяет качество технической эксплуатации подвижного состава. В результате снижается количество неисправностей автобусов, способствуя достижению показателей выработки. Индивидуальные предприниматели в большей части вынуждены осуществлять ТО и ТР на договорной основе в специализированных предприятиях.

В связи с этим в работе [4] установлено, что тенденции современных процессов, происходящих на транспорте, влияют на дальнейшую трансформацию человеческих ресурсов отрасли и создают предпосылки для обновления и дополнения существующих образовательных технологий.

Современное направление индивидуализации формирования персонала железнодорожного и автомобильного транспорта основано на дополнительном мониторинге психологических особенностей работников. Авторы [5-7] сделали вывод, что используемые методы выявляют связи между особенностями психики работников и результатами трудовой деятельности.

В работах [8, 9] была создана концептуальная модель функционирования делового климата на основе входных факторов – симптоматических, психологических и социальных для управления транспортным бизнесом в условиях нестабильности и кризисов.

В зарубежной практике формированию персонала пассажирских автопредприятий содействуют рекрутинговые агентства [10]. В ходе электронного онлайн тестирования определяется вероятностная производительность труда работника в качестве основного фактора развития предприятия. Учитываются такие показатели, как образование, профессиональная подготовленность, опыт работы, возраст, способность к инновациям и лояльность [11].

N. Kabilmiharbi, N.K. Khamis, N. Noh [12] сделали вывод, что безопасность перевозок можно обеспечить использованием мультимодального мониторинга различных типов контроля для повышения достоверности и надежности оценки вождения.

А.Н. Новиков, А.П. Трясцин, Ю.Н. Баранов [13] разработали математическую модель, представляющую персонал автомобильного транспорта в виде двухрежимного объекта управления, обеспечивающего безопасность дорожного движения. В качестве критерия эффективности функционирования системы выбраны результаты контрольных проверок подготовки (переподготовки) водителей транспортных средств и других категорий работников.

Ряд исследователей [14-16] приходят к выводу, что основу разработки требований к персоналу пассажирского автомобильного транспорта, совершенствования подготовки и переподготовки должны составлять изменение спроса и показатели измерения спроса на поездки.

Особое внимание уделено вопросам взаимосвязи требований к персоналу и применению современных типов транспортных средств, основанных на беспилотных технологиях и автоматизированных управлениях [17, 18].

Следует согласиться с результатами ранее выполненных исследований, о том, что выявленные индивидуальные психологические особенности характеризуют не профессиональные способности работника, а его готовность к выполнению трудовой деятельности [19]. В

отношении разработки требований к персоналу автомобильного автопредприятия, совершенствованию подготовки и переподготовки появляется ряд противоречий, что требует дополнительного изучения этого вопроса. В первую очередь, нормирование профессионального отбора работников, определенное Приказом Министерства транспорта Российской Федерации от 31 июля 2020 г. № 282 [23] не предполагает дополнительную оценку каких-либо индивидуальных особенностей. Во-вторых, психологические свойства и качества человека имеют большое разнообразие. Различные схемы сочетания этих показателей по-разному проявляются в учебной и трудовой деятельности. Поэтому сложно с достаточной степенью достоверности определить индивидуальные характеристики, влияющие на производительность труда персонала. Психологические особенности работников эффективнее учитывать не на этапе подбора, а в процессе повышения квалификации и трудовой деятельности, внося своевременные коррективы в организацию труда.

В связи с вышеизложенным тема является актуальной. Цель настоящей статьи – представить разработанный новый концептуальный подход к требованиям для персонала пассажирского автомобильного транспорта, совершенствованию его подготовки и переподготовки, основанный на взаимосвязи производительности труда водителя и слесаря по ремонту, зависящих от уровня сформированности профессиональных навыков в конкретных условиях эксплуатации автобуса.

В задачи научного исследования входит: по результатам изучения теории и практики эксплуатации подвижного состава сформулировать авторское понимание термина «персонал пассажирского автомобильного транспорта»; определить место и роль требований к персоналу пассажирского автомобильного транспорта, совершенствования подготовки и переподготовки в развитии экономики РФ за счет выявленного влияния нормативных правовых положений на показатели, характеризующие требования к персоналу; представить взаимосвязь элементов ВАДС с учетом показателей, определяющих результат совершенствования подготовки и переподготовки кадров в системе обеспечения безопасности дорожного движения и перевозки пассажиров автомобильным транспортом.

#### ***Материал и методы***

Представленная в настоящей статье концепция для разработки требований к персоналу пассажирского автомобильного транспорта, совершенствования подготовки и переподготовки формируется на основе методов системного анализа, современной научной теории текущего планирования работы автотранспортных предприятий с учетом неопределенности. В исследованиях используется разработанный подход к планированию работы автотранспортного предприятия, который учитывает взаимосвязь производительности труда работников и выработку подвижного состава грузового автомобильного транспорта [20]. В ранее выполненных исследованиях [20] представлены концептуальные подходы к планированию деятельности предприятий автомобильного транспорта по показателям, определяющим производительность труда работников и подвижного состава для перевозки груза в междугородном сообщении.

Концептуальный подход сформирован на основе результатов исследований нормативных правовых положений, влияющих на показатели, характеризующие требования к персоналу пассажирского автомобильного транспорта, совершенствованию его подготовки и переподготовки. Взаимосвязь производительности персонала на пассажирском автомобильном транспорте по выработке с квалификационными и профессиональными требованиями определяется имеющимися у работников профессиональными навыками, по их количественной оценке. В настоящем исследовании представлено применение количественной оценки водительских навыков в качестве показателя, связывающего производительность с требованиями к персоналу пассажирского автомобильного транспорта, совершенствованию подготовки и переподготовки. Ранее таких исследований ПАП не выполнялось [21].

#### ***Теория***

Проведенное исследование фундаментальных основ научных исследований текущего планирования работы грузовых автотранспортных предприятий в условиях неопределенности

развития [22], научных публикаций ученых и практических работников дало возможность авторского понимания термина «персонал пассажирского автомобильного транспорта» – это работники, осуществляющие трудовые функции по эксплуатации подвижного состава при перевозке пассажиров и поддержанию подвижного состава в технически исправном состоянии в соответствии с профессиональными и квалификационными требованиями, таким образом, чтобы их производительность труда в единицу времени обеспечивала плановую выработку подвижного состава в соответствии с требованиями безопасного движения и перевозки пассажиров.

Процесс формирования персонала автопредприятия обеспечивает производительность труда на пассажирском автомобильном транспорте за счет показателей выработки, определяемых в соответствии с действующей Транспортной стратегией РФ до 2030 г. с прогнозом до 2035 г. Планирование показателей пассажирских автомобильных перевозок обосновано в Распоряжении Правительства РФ от 27.11.2021 г. № 3363-р [24] (рис. 1).

В результате исследования формирования персонала пассажирского автопредприятия для обеспечения выработки автобусов по времени, объему пассажироперевозок, пассажирообороту и пробегу, выявлено, что квалификация определяется формированием кадров в соответствии с Приказом Министерства транспорта РФ от 29.07.2020 г. № 264 [25], а для выполнения выработки в человеко-часах работ по ТО и ТР уровень квалификации установлен Постановлением Министерства труда РФ от 15.11.1999 г. № 45 [26]. При приеме на работу контролируются профессиональные и квалификационные характеристики работника по имеющимся у него документам (рис. 1). Право водителя на управление автобусом подтверждается наличием водительского удостоверения категории «D» или подкатегории «D1». Уровень профессиональной квалификации работников определяется дипломом о полученном образовании и свидетельством о повышении квалификации. Рабочий стаж устанавливается по содержанию записей в трудовой книжке соискателя.

Для обеспечения выработки по времени, пассажирообороту и объему пассажирских автомобильных перевозок, пробегу, принимаемые на работу водители автобусов допускаются к самостоятельной трудовой деятельности после прохождения испытания по технологии выполнения перевозок, продолжительность которого регулируются статьей 70 Федерального закона от 30.12.2022 г. № 197-ФЗ «Трудовой кодекс Российской Федерации» [27]. Содержание аттестационного периода устанавливается руководством пассажирского автопредприятия в зависимости от организации транспортного процесса и маршрутов ПАП. Для совершенствования подготовки, переподготовки работник направляется на дополнительное обучение техническим и тактическим навыкам с последующей независимой количественной оценкой квалификации.

Изучение условий ПАП выявило, что технология выполнения перевозок пассажиров определяет технологию выполнения рабочих функций водителей. Производительность персонала на пассажирском автомобильном транспорте обуславливает выработку подвижного состава по времени, количеству пассажиров, объему пассажирских перевозок и пробегу. Полученные результаты показывают, что выработка в значительной степени определяется профессиональными и квалификационными требованиями к водителям и контролерам технического состояния транспортных средств, которые регулируются Приказом Министерства транспорта РФ от 31.07.2020 г. № 282 и соответствуют пункту 2 статьи 20 Федерального закона от 10.12.1995 г. № 196-ФЗ «О безопасности движения» [28] (рис. 1).

В результате исследования нормативной и правовой базы определено нормирование профессиональных знаний и умений водителя. Предъявляются профессиональные и квалификационные требования к знанию правил дорожного движения (ПДД), основам законодательства, регулирующим страхование перевозчика и организацию регулярных и нерегулярных ПАП. Водитель автобуса должен знать психофизиологические особенности управления транспортным средством, способы безопасного управления автобусом и контроля дорожной ситуации. Важно, чтобы работник обладал знаниями, способствующими обеспечению безопасной перевозки детей, а также меры ответственности за нарушение законодательства. Но-

вым в разработанной концепции является взаимосвязь знаний, умений и водительских навыков персонала с производительностью труда в конкретных условиях эксплуатации.



Рисунок 1 – Схема влияния нормативных правовых положений на показатели, характеризующие требования к персоналу

Среди умений, для обеспечения выработки водитель автобуса должен обладать возможностью безопасно управлять транспортным средством в различных дорожных и природно-климатических условиях с соблюдением ПДД. Во время движения по маршруту необходимо уметь контролировать техническое состояние автобуса и при необходимости устранять мелкие неисправности. Важно обеспечивать безопасные условия для посадки и высадки пассажиров, в том числе и с ограниченными возможностями здоровья.

Проведенным научным исследованием выявлено влияние на выработку по времени, пассажирообороту, объему пассажироперевозок и пробегу умения водителя автобуса использовать установленное цифровое оборудование, для контроля движения по маршруту, в том числе различные типы современных тахографов. Пользование дополнительным оборудованием регулируется Федеральным законом от 02.03.2021 г. № 258-ФЗ «Об экспериментальных правовых режимах в сфере цифровых инноваций в Российской Федерации» [29]. Цифровые инновации в пассажирских перевозках применяются в соответствии с Распоряжением Правительства РФ от 21.12.2021 № 3744-р [30] в рамках проекта «Зеленый цифровой коридор пассажира». Этот проект способствует повышению безопасности и эксплуатационной скорости пассажирского автомобильного транспорта с использованием современных возможностей цифровизации отрасли с перспективой дальнейшего использования искусственного интеллекта. Выработке по времени, объему пассажироперевозок, пассажирообороту и пробегу способствует внедрение в процесс ПАП цифровых сервисов, дающих возможность пассажиру вести мониторинг и контроль движения автобуса на маршруте, построению персонального маршрута, безналичной оплаты услуг перевозчика и т.д. В свою очередь водитель имеет доступ к цифровому диспетчерскому регулированию, контролю характеристик движения ав-

тобуса на маршруте. Использование электронного путевого листа позволяет значительно сократить время на подготовительно-заключительные работы.

Приказом Министерства транспорта РФ от 31.07.2020 г. № 282 [31] для обеспечения трудоемкости выполняемых ремонтных работ с учетом условий эксплуатации контролеру технического состояния предъявляется требование к знаниям технических и эксплуатационных характеристик, устройства автобусов, стандартов, применяемых для выполнения работ по контролю технического состояния транспортных средств.

Проведенное исследование показало, что нормативная выработка в человеко-часах по ТО и ТР определяется требованиями к персоналу пассажирского автомобильного транспорта в соответствии с квалификационными и профессиональными требованиями, установленными Постановлением Минтруда РФ от 15.11.1999 г. № 45 [32]. Выработка человеко-часов по ТО и ТР обеспечивает безопасность эксплуатации автобусов на маршрутах, поэтому необходимо оценивать требования к персоналу в общей системе взаимосвязей производительности труда водителя и слесаря. Такой подход обеспечит взаимосвязь знаний, умений и навыков персонала с производительностью труда в конкретных условиях эксплуатации.

Оплата труда работников пассажирского автотранспортного предприятия регулируется внутренними нормативными документами. Преимущественно применяется тарифная система. Для определения условий тарификации и присвоения квалификационных разрядов руководствуются постановлениями Министерства труда РФ от 10.11.1992 г. № 31 [33] и от 21.08.1998 г. № 37 [34]. Нормирование рабочего времени осуществляется в соответствии с требованиями приказа Минтранса от 16.10.2020 г. № 424 [35].

Соответствие персонала, обеспечивающего эксплуатацию пассажирского автомобильного транспорта, квалификационным и профессиональным требованиям подтверждается лицензированием деятельности юридических лиц и предпринимателей, осуществляющих ПАП автобусами. Лицензирование ПАП регулируется Федеральным законом от 04.05.2011 г. № 99-ФЗ [36]. Процедура осуществляется в отношении выполнения перевозок автобусами категорий М2 и М3. Эта норма закреплена в Постановлении Правительства РФ от 07.10.2020 г. № 1616 [37]. Формирование персонала пассажирского автомобильного предприятия обеспечивается соответствием ПАП лицензионным требованиям. К перевозкам допускаются автобусы, оборудованные спутниковой навигацией, приборами учета режима движения и прошедшие технический контроль, регулируемый статьей 20 Федерального закона «О безопасности дорожного движения».

### ***Результат***

Проведенным научным исследованием выявлено, что концепция разработки требований к персоналу пассажирского автомобильного транспорта, совершенствованию подготовки и переподготовки направлена на формирование производительности труда, соответствующей условиям эксплуатации конкретного автобуса. Значение этой производительности должно быть не меньше выработки подвижного состава. Для этого предлагается базовая оценка развития водительских навыков, способствующих безопасности движения автобуса и его выработки. Индикатор планирования объема перевозок на пассажирском автомобильном транспорте определяется Транспортной стратегией Российской Федерации. Выработка пассажирского автомобильного транспорта, соответствующая условиям эксплуатации, достигается производительностью персонала. Этот показатель регулируется выработкой по времени, пробегу, пассажирообороту, объему пассажироперевозок и трудоемкостью выполнения ремонтных работ с учетом условий эксплуатации.

Таким образом производительность персонала связана с рядом факторов: соответствие профессиональным и квалификационным нормам, выработкой по времени, трудоемкостью и количеству перевезенных пассажиров, трудоемкостью выполнения ремонтных работ, условиями эксплуатации подвижного состава. Действуя совместно, изучаемые характеристики составляют систему, основанную на взаимодействии элементов: водитель, автомобиль, дорога, среда движения (ВАДС). Характер этого взаимодействия, определяющий безопасность дорожного движения и перевозки пассажиров для разработки требований к персоналу

пассажирского автомобильного транспорта, совершенствованию подготовки и переподготовки представлен на рисунке 2.



*Рисунок 2 – Взаимосвязь элементов ВАС для обеспечения безопасности дорожного движения и перевозки пассажиров при разработки требований к персоналу пассажирского автомобильного транспорта, совершенствованию подготовки и переподготовки*

Отражены результаты исследования связей между элементами системы ВАС, которые обеспечивают производительность персонала в качестве системообразующего фактора. Так воздействие на системообразующий фактор элемента «Водитель» осуществляется в результате его соответствия профессиональным и квалификационным требованиям и владением водительскими навыками, имеющими количественную оценку. Этот элемент системы подвержен разнообразным внешним (утомление, время суток, погодные условия, интенсивность движения) и внутренним (уровень здоровья, работоспособность, мотивация) влияниям, имеет высокую адаптивность.

Производительность персонала, представляющая собой взаимосвязи производительности труда водителя и слесаря, связана с рядом факторов, составляющих систему, основанную на взаимодействии элементов: водитель, автомобиль, дорога, среда движения. За счет этого качества удерживаются в уравновешенном состоянии изменяющиеся связи между улично-дорожной сетью (УДС), автобусом и средой движения, которые являются менее подвижными элементами системы. Системный элемент «Автобус» определяется подбором персонала, обеспечивающим технически исправное состояние подвижного состава. Элемент системы «Дорога» связан с выработкой через состояние улично-дорожной сети, которое определяется категориями дорог на маршруте, характеристиками дорожного покрытия, интенсивностью транспортного потока, расположением объектов инфраструктуры и т.д.

### **Выводы**

1. Планирование на пассажирском автомобильном транспорте определяется объемом перевозок, установленным Транспортной стратегией Российской Федерации и зависит от производительности персонала, которая под влиянием условий эксплуатации является вероятностным показателем, измеряемым выработкой по времени, пробегу, пассажирообороту, объему пассажироперевозок и трудоемкостью выполнения ремонтных работ с учетом условий эксплуатации.

2. Производительность персонала (водителей и контролеров технического состояния) определяется соответствием квалификационным и профессиональным требованиям, установленным приказом Министерства транспорта РФ № 282 от 31.07.2020 г. и измеряется в ходе подготовки и переподготовки кадров для соответствующих условий эксплуатации по-

движного состава. Единая система персонала пассажирского автомобильного транспорта представляет собой совокупность водителей, контролеров технического состояния и слесарей. Необходимо, чтобы производительность по ТО и ТР, которая измеряется в ходе подготовки и переподготовки кадров для обслуживания автобусов, закрепленных за конкретными водителями, соответствовала квалификационным и профессиональным требованиям, установленным Постановлением Минтруда РФ от 15.11.1999 № 45.

3. Производительность персонала пассажирского автопредприятия связана с рядом факторов, составляющих систему, основанную на взаимодействии элементов: водитель, автомобиль, дорога, среда движения. Введение единой системы персонала, как элемента системы ВАДС обеспечит безопасность ПАП и дорожного движения.

4. Практическая значимость результатов исследования заключается в применении нового концептуального подхода для работы пассажирского автотранспортного предприятия и прогнозирования потребностей в персонале для транспортной отрасли.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бирюкова О.Ю. Совершенствование корпоративной системы развития кадрового потенциала ОАО «РЖД» на основе централизации процессов принятия стратегических решений // Возрастная роль человеческого потенциала в условиях глобализации экономики: Материалы международной научно-практической конференции. – Москва: ООО «Институт исследований и развития профессиональных компетенций». – 2019. – С. 3-6.
2. Якунин Н.Н., Якунина Н.В., Котов В.В. и др. Анализ кадрового обеспечения автотранспортного комплекса региона (на примере Оренбургской области) // Информационные технологии и инновации на транспорте: Материалы VII Международной научно-практической конференции. – В 2-х томах. – Т. 1. – Орел: Орловский государственный университет. – 2021. – С. 108-123.
3. Якунин Н.Н., Фролов О.Ю., Якунина Н.В. и др. Результаты исследования кадрового обеспечения автотранспортного комплекса региона (на примере Республики Башкортостан) // Мир транспорта и технологических машин. – 2022. – №1(76). – С. 103-111.
4. Vinichenko V.A. Technology of personnel training for the transport industry [Электронный ресурс] / International Conference Technological Educational Vision (TEDUVIS 2020). – 2021. Vol. 97. – 01006. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1051/shsconf/20219701006>.
5. Прохорова А.М. Использование психофизиологических и психологических показателей в профессиональном отборе водителей, осуществляющих пассажирские и грузовые перевозки [Электронный ресурс] / Современная наука. – 2020. – №2. – С. 53-58. – Режим доступа: <https://doi.org/10.53039/2079-4401.2020.2.2.014>.
6. Козлова Н.С., Митрофанова И.В., Паньков И.Э. Управление подбором кадров на предприятиях железнодорожного транспорта в соответствии с их личностными характеристиками // Вестник Самарского муниципального института управления. – 2015. – №2. – С. 72-80.
7. Zaranka J., Pe'celiunas R., Žuraulis V.A. Safety-Based Selection Methodology for Professional Drivers: Behaviour and Accident Rate Analysis [Электронный ресурс] / Int. J. Environ. Res. Public Health. – 2021. – №18. – 12487. – Режим доступа: <https://doi.org/10.3390/ijerph182312487>.
8. Anyigba H., Borodulina S., Pantina T., Trofimova L. The Impact of COVID-19 Phobia on Business Climate in the Transportation Sector: Evidence from Russia. In: Manakov A., Edigarian, A. (eds) International Scientific Siberian [Электронный ресурс] / Transport Forum TransSiberia - 2021. – Vol. 402. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-96380-4>.
10. Kurylo P., Idzikowski A., Cyganiuk J., Paduchowicz R. Recruitment, selection and adaptation of staff in enterprise [Электронный ресурс] / System Safety: Human - Technical Facility - Environment. – 2019. – Vol. 1. – P. 1020-1027. – Режим доступа: <https://doi.org/10.2478/czoto-2019-0129>.
11. Nguyen P. GA-GDEMATEL: A Novel Approach to Optimize Recruitment and Personnel Selection Problems [Электронный ресурс] / Mathematical Problems in Engineering. – 2022. – P. 1-17. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1155/2022/3106672>.
12. Kabilmiharbi N., Khamis N.K., Noh N. Commonly used assessment method to evaluate mental work-load for multiple driving distractions: a systematic review [Электронный ресурс] / Iranian Journal of Public Health. – 2022. – №51. – Режим доступа: <https://doi.org/10.18502/ijph.v51i3.8924>.
13. Новиков А.Н., Трясцин А.П., Баранов Ю.Н. и др. Оценка эффективности функционирования системы подготовки кадров, связанных с обеспечением безопасности дорожного движения // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2014. – №4(44). – С. 188-195.
14. Lopez R., Wong Y. Process and determinants of mobility decisions – A holistic and dynamic travel behaviour framework [Электронный ресурс] / Travel Behaviour and Society. – 2019. – №17. – P. 120-129. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2019.08.003>.

15. Mack E., Agrawal S., Wang S. The impacts of the COVID-19 pandemic on transportation employment: A comparative analysis // *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*. - 2021. – Vol. 12. - 100470. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.trip.2021.100470>.
16. Shetty A., Li S. Tavafoghi H., Qin J., Poolla K., Varaiya P. An analysis of labor regulations for transportation network companies [Электронный ресурс] / *Economics of Transportation*, Elsevier. – Vol. 32. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.ecotra.2022.100284>.
17. Sun X., Wandelt S., Zhang A. technological and educational challenges towards pandemic-resilient aviation. *Transport policy* [Электронный ресурс] / 2021. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2021.09.010>.
18. Shubham A., Schuster A., Britt N., Mack E., Tidwell M., Cotten S. Building on the past to help prepare the workforce for the future with automated vehicles: A systematic review of automated passenger vehicle deployment timelines [Электронный ресурс] / *Technology in Society*. - 2022. - №72. - 102186. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.102186>.
19. Гуревич К.М. Дифференциальная психология и психодиагностика: избранные труды. – СПб.: Питер, 2008. – 336 с.
20. Трофимова Л.С., Жигадло А.П. Планирование деятельности предприятий автомобильного транспорта по показателям, определяющим производительность труда работников и подвижного состава [Электронный ресурс] / *Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета*. – 2022. – Т. 19. - №1(83). – С. 74-83. – Режим доступа: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2022-19-1-74-83>.
21. Bebinov, S., Porkhacheva, S., Simul, M. Improving the efficiency of driver training with account for infrastructure characteristics of large cities [Электронный ресурс] / *Transportation Research Procedia*. – 2020. - №14. - P. 44-51. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.10.006>.
22. Трофимова Л.С. Математическая модель функционирования автотранспортного предприятия при перевозке грузов в городе // *Мир транспорта и технологических машин*. – 2020. – №2(69). – С. 69-79.
23. Об утверждении профессиональных и квалификационных требований, предъявляемых при осуществлении перевозок к работникам юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, указанных в абзаце первом пункта 2 статьи 20 Федерального закона «О безопасности дорожного движения»: Приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 31 июля 2020 г. № 282 [Электронный ресурс] / ЭПС «Система ГАРАНТ». – Режим доступа: <https://base.garant.ru/74938765/>.
24. О Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года: Распоряжение Правительства РФ от 27.11.2021 № 3363-р [Электронный ресурс] / СПС Консультант Плюс. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_404958/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_404958/).
25. Об утверждении Порядка прохождения профессионального отбора и профессионального обучения работниками, принимаемыми на работу, непосредственно связанную с движением транспортных средств автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта: Приказ Минтранса России от 29.07.2020 № 264 (Зарегистрировано в Минюсте России 23.11.2020 № 61064) [Электронный ресурс] / СПС Консультант Плюс. – Режим доступа: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_368502/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_368502/).
26. Единый тарифно-квалификационный справочник работ и профессий рабочих [Электронный ресурс] / Вып. 2. – Ч. 2. - СПС Консультант Плюс. – Режим доступа: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc](https://www.consultant.ru/document/cons_doc)
27. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 19.12.2022) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2023) [Электронный ресурс] / СПС Консультант Плюс. – Режим доступа: [https://www.consultant.ru/document/Cons\\_doc\\_law\\_34683/](https://www.consultant.ru/document/Cons_doc_law_34683/).
28. О безопасности дорожного движения: Федеральный закон от 10.12.1995 № 196-ФЗ [Электронный ресурс] / СПС Консультант Плюс. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_8585/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8585/).
29. Об экспериментальных правовых режимах в сфере цифровых инноваций в Российской Федерации: Федеральный закон от 31.07.2020 № 258-ФЗ (ред. от 02.07.2021) [Электронный ресурс] / СПС Консультант Плюс. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_358738/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_358738/).
30. Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации транспортной отрасли Российской Федерации до 2030 года: Распоряжение Правительства РФ от 21.12.2021 № 3744-р [Электронный ресурс] / СПС Консультант Плюс. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW)
31. ЭПС «Система ГАРАНТ» [Электронный ресурс] / СПС Консультант Плюс. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_404958/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_404958/).
32. СПС Консультант Плюс [Электронный ресурс] / СПС Консультант Плюс. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_404958/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_404958/).
33. Об утверждении тарифно-квалификационных характеристик по общеотраслевым профессиям рабочих: Постановление Министерства труда РФ от 10.11.1992 № 31 (ред. от 24.11.2008) [Электронный ресурс] / СПС Консультант Плюс. – Режим доступа: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_85715/cfc75930b9](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_85715/cfc75930b9)
34. Квалификационный справочник должностей руководителей, специалистов и других служащих: Постановление Министерства труда РФ от 21.08.1998 № 37 (ред. от 27.03.2018) [Электронный ресурс] / СПС Консультант Плюс. – Режим доступа: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_58804/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_58804/)
35. Об утверждении Особенности режима рабочего времени и времени отдыха, условий труда водителей автомобилей (Зарегистрировано в Минюсте России 09.12.2020 №61352): Приказ Министерства транспорта

РФ от 16.10.2020 №424 (ред. от 12.01.2022) [Электронный ресурс] / СПС Консультант Плюс. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_370425/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_370425/)

36. О лицензировании отдельных видов деятельности: Федеральный закон от 04.05.2011 № 99-ФЗ [Электронный ресурс] / СПС Консультант Плюс. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_)

37. О лицензировании деятельности по перевозкам пассажиров и иных лиц автобусами (вместе с «Положением о лицензировании деятельности по перевозкам пассажиров и иных лиц автобусами»): Постановление Правительства РФ от 07.10.2020 №1616 (ред. от 23.12.2021) [Электронный ресурс] / СПС Консультант Плюс. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_364706/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_364706/)

38. СПС Консультант Плюс [Электронный ресурс] / СПС Консультант Плюс. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_364706/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_364706/)

**Бебинов Сергей Евгеньевич**

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)

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

К.п.н., доцент кафедры «Организация перевозок и безопасность движения»

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

**Трофимова Людмила Семеновна**

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)

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

Д.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Организация перевозок и безопасность движения»

E-mail: [trofimova\\_ls@mail.ru](mailto:trofimova_ls@mail.ru)

**Жигadlo Александр Петрович**

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)

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

К.т.н., д.п.н., доцент, ректор

E-mail: [ap\\_zhigadlo@mail.ru](mailto:ap_zhigadlo@mail.ru)

---

S.E. BEBINOV, L.S. TROFIKOVA, A.P. ZHIGADLO

## CONCEPT FOR DEVELOPING REQUIREMENTS FOR PASSENGER ROAD TRANSPORT PERSONNEL, IMPROVING TRAINING AND RETRAINING

***Abstract.** Based on the research carried out, a new interpretation of the concept of «passenger road transport personnel» is proposed. A new conceptual approach has been developed to the requirements for the personnel of passenger road transport, to improve its training and retraining, based on the relationship between the productivity of the driver and the repairman, depending on the level of professional skills in specific operating conditions and ensuring the planned production of the bus in accordance with traffic safety requirements and transportation of passengers. A unified personnel system is presented as an element of the VADS. The new conceptual approach is intended for the practice of the work of a passenger motor transport enterprise and forecasting the needs for personnel for the transport industry.*

***Keywords:** interaction of elements of the VADS system, development of rolling stock, qualification and professional requirements, passenger road transportation, labor productivity, personnel formation*

### BIBLIOGRAPHY

1. Biryukova O.Yu. Sovershenstvovanie korporativnoy sistemy razvitiya kadrovogo potentsiala OAO «RZHD» na osnove tseentralizatsii protsessov prinyatiya strategicheskikh resheniy // Vozrastanie roli chelovecheskogo potentsiala v usloviyakh globalizatsii ekonomiki: Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Moskva: OOO «Institut issledovaniy i razvitiya professional'nykh kompetentsiy». - 2019. - S. 3-6.

2. Yakunin N.N., Yakunina N.V., Kotov V.V. i dr. Analiz kadrovogo obespecheniya avtotransportnogo kompleksa regiona (na primere Orenburgskoy oblasti) // Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte: Materialy VII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - V 2-kh tomakh. - T. 1. - Orel: Orlovskiy gosudarstvennyy universitet. - 2021. - S. 108-123.

3. YAkunin N.N., Frolov O.Yu., YAkunina N.V. i dr. Rezul'taty issledovaniya kadrovogo obespecheniya avtotransportnogo kompleksa regiona (na primere Respubliki Bashkortostan) // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. - 2022. - №1(76). - S. 103-111.
4. Vinichenko V.A. Technology of personnel training for the transport industry [Elektronnyy resurs] / International Conference Technological Educational Vision (TEDUVIS 2020). - 2021. Vol. 97. - 01006. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1051/shsconf/20219701006>.
5. Prokhorova A.M. Ispol'zovanie psikhofiziologicheskikh i psikhologicheskikh pokazateley v professional'nom otbore voditeley, osushchestvlyayushchikh passazhirskie i gruzovye perevozki [Elektronnyy resurs] / *Sovremennaya nauka*. - 2020. - №2. - S. 53-58. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.53039/2079-4401.2020.2.2.014>.
6. Kozlova N.S., Mitrofanova I.V., Pan'kov I.E. Upravlenie podborom kadrov na predpriyatiyakh zheleznodorozhnogo transporta v sootvetstvii s ikh lichnostnymi kharakteristikami // *Vestnik Samarskogo munitsipal'nogo instituta upravleniya*. - 2015. - №2. - S. 72-80.
7. Zaranka J., Peceliunas R., Zuraulis V.A. Safety-Based Selection Methodology for Professional Drivers: Behaviour and Accident Rate Analysis [Elektronnyy resurs] / *Int. J. Environ. Res. Public Health*. - 2021. - №18. - 12487. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.3390/ijerph182312487>.
8. Anyigba H., Borodulina S., Pantina T., Trofimova L. The Impact of COVID-19 Phobia on Business Climate in the Transportation Sector: Evidence from Russia. In: Manakov, A., Edigarian, A. (eds) *International Scientific Siberian* [Elektronnyy resurs] / *Transport Forum TransSiberia* - 2021. - Vol. 402. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-96380-4>.
10. Kurylo R., Idzikowski A., Cyganiuk J., Paduchowicz R. Recruitment, selection and adaptation of staff in enterprise [Elektronnyy resurs] / *System Safety: Human - Technical Facility - Environment*. - 2019. - Vol. 1. - R. 1020-1027. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.2478/czoto-2019-0129>.
11. Nguyen P. GA-GDEMATEL: A Novel Approach to Optimize Recruitment and Personnel Selection Problems [Elektronnyy resurs] / *Mathematical Problems in Engineering*. - 2022. - R. 1-17. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1155/2022/3106672>.
12. Kabilmiharbi N., Khamis N.K., Noh N. Commonly used assessment method to evaluate mental work-load for multiple driving distractions: a systematic review [Elektronnyy resurs] / *Iranian Journal of Public Health*. - 2022. - №51. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.18502/ijph.v51i3.8924>.
13. Novikov A.N., Tryastin A.P., Baranov Yu.N. i dr. Otsenka effektivnosti funktsionirovaniya sistemy podgotovki kadrov, svyazannykh s obespecheniem bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya // *Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. - 2014. - №4(44). - S. 188-195.
14. Lopez R., Wong Y. Process and determinants of mobility decisions - A holistic and dynamic travel behaviour framework [Elektronnyy resurs] / *Travel Behaviour and Society*. - 2019. - №17. - R. 120-129. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2019.08.003>.
15. Mack E., Agrawal S., Wang S. The impacts of the COVID-19 pandemic on transportation employment: A comparative analysis // *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*. - 2021. - Vol. 12. - 100470. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1016/j.trip.2021.100470>.
16. Shetty A., Li S., Tavafoghi N., Qin J., Poolla K., Varaiya R. An analysis of labor regulations for transportation network companies [Elektronnyy resurs] / *Economics of Transportation*, Elsevier. - Vol. 32. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1016/j.ecotra.2022.100284>.
17. Sun X., Wandelt S., Zhang A. technological and educational challenges towards pandemic-resilient aviation. *Transport policy* [Elektronnyy resurs] / 2021. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2021.09.010>.
18. Shubham A., Schuster A., Britt N., Mack E., Tidwell M., Cotten S. Building on the past to help prepare the workforce for the future with automated vehicles: A systematic review of automated passenger vehicle deployment timelines [Elektronnyy resurs] / *Technology in Society*. - 2022. - №72. - 102186. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.102186>.
19. Gurevich K.M. *Differentsial'naya psikhologiya i psikhodiagnostika: izbrannye trudy*. - SPb.: Pi-ter, 2008. - 336 s.
20. Trofimova L.S., Zhigadlo A.P. Planirovanie deyatelnosti predpriyatiy avtomobil'nogo transporta po pokazatelyam, opredelyayushchim proizvoditel'nost' truda rabotnikov i podvizhnogo sostava [Elektronnyy resurs] / *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo avtomobil'no-dorozhnogo universiteta*. - 2022. - T. 19. - №1(83). - S. 74-83. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2022-19-1-74-83>.
21. Bebinov, S., Porkhacheva, S., Simul, M. Improving the efficiency of driver training with account for infrastructure characteristics of large cities [Elektronnyy resurs] / *Transportation Research Procedia*. - 2020. - №14. - R. 44-51. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.10.006>.
22. Trofimova L.S. Matematicheskaya model' funktsionirovaniya avtotransportnogo predpriyatiya pri perevozke gruzov v gorode // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. - 2020. - №2(69). - S. 69-79.
23. Ob utverzhenii professional'nykh i kvalifikatsionnykh trebovaniy, pred'yavlyaemykh pri osushchestvlenii perevozok k rabotnikam yuridicheskikh lits i individual'nykh predprinimateley, ukazannykh v abzatsе pervom punkta 2 stat'i 20 Federal'nogo zakona «O bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya»: Prikaz Ministerstva transporta Rossiyskoy Federatsii ot 31 iyulya 2020 g. № 282 [Elektronnyy resurs] / *EPS «Sistema GARANT»*. - Rezhim dostupa: <https://base.garant.ru/74938765/>.

24. O Transportnoy strategii Rossiyskoy Federatsii do 2030 goda s prognozom na period do 2035 goda: Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 27.11.2021 № 3363-r [Elektronnyy resurs] / SPS Konsul'tant Plyus. - Rezhim dostupa: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_404958/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_404958/).
25. Ob utverzhdenii Poryadka prokhozheniya professional'nogo otbora i professional'nogo obucheniya rabotnikami, prinimaemymi na rabotu, neposredstvenno svyazannuyu s dvizheniem transportnykh sredstv avtomobil'nogo transporta i gorodskogo nazemnogo elektricheskogo transporta: Prikaz Mintransa Rossii ot 29.07.2020 № 264 (Zaregistrirvano v Minyuste Rossii 23.11.2020 № 61064) [Elektronnyy resurs] / SPS Konsul'tant Plyus. - Rezhim dostupa: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_368502/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_368502/).
26. Edinyy tarifno-kvalifikatsionnyy spravochnik rabot i professiy rabochikh [Elektronnyy resurs] / Vyp. 2. - CH. 2. - SPS Konsul'tant Plyus. - Rezhim dostupa: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_77843/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_77843/).
27. Trudovoy kodeks Rossiyskoy Federatsii ot 30.12.2001 № 197-FZ (red. ot 19.12.2022) (s izm. i dop., vstup. v silu s 01.03.2023) [Elektronnyy resurs] / SPS Konsul'tant Plyus. - Rezhim dostupa: [https://www.consultant.ru/document/Cons\\_doc\\_law\\_34683/](https://www.consultant.ru/document/Cons_doc_law_34683/).
28. O bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya: Federal'nyy zakon ot 10.12.1995 № 196-FZ [Elektronnyy resurs] / SPS Konsul'tant Plyus. - Rezhim dostupa: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_8585/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8585/).
29. Ob eksperimental'nykh pravovykh rezhimakh v sfere tsifrovyykh innovatsiy v Rossiyskoy Federatsii: Federal'nyy zakon ot 31.07.2020 № 258-FZ (red. ot 02.07.2021) [Elektronnyy resurs] / SPS Konsul'tant Plyus. - Rezhim dostupa: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_358738/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_358738/).
30. Ob utverzhdenii strategicheskogo napravleniya v oblasti tsifrovoy transformatsii transportnoy otrasli Rossiyskoy Federatsii do 2030 goda: Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 21.12.2021 № 3744-r [Elektronnyy resurs] / SPS Konsul'tant Plyus. - Rezhim dostupa: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_404958/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_404958/).
31. EPS «Sistema GARANT» [Elektronnyy resurs] / SPS Konsul'tant Plyus. - Rezhim dostupa: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_404958/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_404958/).
32. SPS Konsul'tant Plyus [Elektronnyy resurs] / SPS Konsul'tant Plyus. - Rezhim dostupa: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_404958/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_404958/).
33. Ob utverzhdenii tarifno-kvalifikatsionnykh kharakteristik po obshcheotraslevym professiyam rabochikh: Postanovlenie Ministerstva truda RF ot 10.11.1992 № 31 (red. ot 24.11.2008) [Elektronnyy resurs] / SPS Konsul'tant Plyus. - Rezhim dostupa: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_85715/cfc75930b9](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_85715/cfc75930b9)
34. Kvalifikatsionnyy spravochnik dolzhnostey rukovoditeley, spetsialistov i drugikh sluzhashchikh: Postanovlenie Ministerstva truda RF ot 21.08.1998 № 37 (red. ot 27.03.2018) [Elektronnyy resurs] / SPS Konsul'tant Plyus. - Rezhim dostupa: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_58804/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_58804/)
35. Ob utverzhdenii Osobennostey rezhima rabochego vremeni i vremeni otdykha, usloviy truda voditeley avtomobiley (Zaregistrirvano v Minyuste Rossii 09.12.2020 №61352): Prikaz Ministerstva transporta RF ot 16.10.2020 №424 (red. ot 12.01.2022) [Elektronnyy resurs] / SPS Konsul'tant Plyus. - Rezhim dostupa: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_370425/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_370425/)
36. O litsenzirovanii otdel'nykh vidov deyatelnosti: Federal'nyy zakon ot 04.05.2011 № 99-FZ [Elektronnyy resurs] / SPS Konsul'tant Plyus. - Rezhim dostupa: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_)
37. O litsenzirovanii deyatelnosti po perevozkam passazhirov i inyykh lits avtobusami (vmeste s «Polozheniem o litsenzirovanii deyatelnosti po perevozkam passazhirov i inyykh lits avtobusami»): Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 07.10.2020 №1616 (red. ot 23.12.2021) [Elektronnyy resurs] / SPS Konsul'tant Plyus. - Rezhim dostupa: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_364706/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_364706/)
38. SPS Konsul'tant Plyus [Elektronnyy resurs] / SPS Konsul'tant Plyus. - Rezhim dostupa: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_364706/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_364706/)

**Bebinov Sergey Evgenyevich**

Siberian State Automobile and Road University (SibADI)

Address: 644080, Russia, Omsk, Mira Ave., 5

Candidate of pedagogical sciences

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

**Trofimova Liudmila Semenovna**

Siberian State Automobile and Highway University (SibADI)

Address: 644080, Russia, Omsk, Mira Ave., 5

Doctor of technical sciences

E-mail: [trofimova\\_ls@mail.ru](mailto:trofimova_ls@mail.ru)

**Zhigadlo Alexander Petrovich**

Siberian State Automobile and Highway University (SibADI)

Address: 644080, Russia, Omsk, Mira Ave., 5

Candidate of technical sciences, Doctor of pedagogical sciences

E-mail: [ap\\_zhigadlo@mail.ru](mailto:ap_zhigadlo@mail.ru)

Научная статья

УДК 621.113

doi:10.33979/2073-7432-2023-3-5(82)-130-136

В.В. ЕПИФАНОВ, М.Ю. ОБШИВАЛКИН

## ПРОЦЕССНАЯ МОДЕЛЬ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА В СИСТЕМЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ БЕСПИЛОТНОГО АВТОТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

***Аннотация.** В статье представлена базовая модель процессов обеспечения и управления качеством в системе функционирования беспилотного автотранспортного средства. В модели показана взаимосвязь всех процессов, позволяющих реализовать требования потребителей. Представлена функциональная модель основного процесса «Обеспечить качество в системе функционирования беспилотного автотранспортного средства». Целью построения функциональной модели указанного процесса является определение всех составляющих, которые влияют на обеспечение качества обслуживания потребителей в перевозках беспилотными автотранспортными средствами.*

***Ключевые слова:** беспилотное автотранспортное средство, система, процессный подход, модель, потребитель*

### **Введение**

Очевидно, что беспилотное автотранспортное средство (БАС) необходимо рассматривать как отдельный объект, действующий в рамках единой транспортной системы. Причем определенное время БАС в транспортной системе будет работать в совокупности с автомобилями, управляемыми водителями и другими участниками движения. Необходимо создать систему функционирования БАС (СФБАС), включающую транспортно-цифровую инфраструктуру [1, 2].

Применительно к СФБАС речь идет не только о дороге, а о дорожно-транспортной инфраструктуре БАС [3-5]. Дорожно-транспортная инфраструктура включает комплекс улично-дорожной сети, инженерных сооружений, технических средств, достаточный для бесперебойного функционирования БАС. Такой инфраструктуры в городах Российской Федерации сегодня нет. Кроме того БАС будут зависеть не только от физической, но и от цифровой (сетевой) инфраструктуры. В мире БАС, транспортные средства будут взаимодействовать и обмениваться данными друг с другом, а также обмениваться данными с инфраструктурой, такими как светофоры и указатели для пешеходов. Чтобы этот обмен был надежным, нужно полностью учитывать как необходимые данные, так и их передачу [6-8]. Важно решить задачи по созданию наиболее реальной к применению в условиях дорожно-транспортной инфраструктуры архитектуры системы беспилотного автотранспорта и разработке требований построения цифровой (сетевой) инфраструктуры беспилотных автомобилей.

### **Материал и методы**

Важным требованием к созданию СФБАС является обеспечение качества ее деятельности. В настоящее время отсутствуют требования к качеству СФБАС как системы взаимосвязанных процессов и положений, регламентирующих вопросы управления и качества движения и перевозок в системе СФБАС.

Обеспечение качества в системе СФБАС включает определение и идентификацию процессов, реализуемых в системе: маркетинг, мониторинг, обучение персонала, мероприятия по предупреждению отклонений и др. [9].

В основу менеджмента качества положены принципы всеобщего менеджмента качества (TQM) [10].

Одним из принципов TQM является процессный подход, который позволяет организации управлять взаимосвязями и взаимозависимостями между процессами СФБАС [11, 12].

Преимущество процессного подхода состоит в непрерывности управления на стыке отдельных процессов в рамках системы процессов, а также при их комбинации и взаимодействии [13].

Основным выходом (результатом) построения отдельных процессов и совокупности всех процессов являются стандарты организации и управление документацией в СФБАС, в которых четко определен объем последовательности действий при проектировании и эксплуатации системы. Процессный подход к проектированию и деятельности СФБАС позволит выявить все процессы, связанные с транспортными услугами для пользователей БАС, установить входные и выходные параметры и операции, действия, приемы, документацию для реализации процессов.

### Теория / Расчет

На основе цикла Деминга «Р-D-C-A» (планирование-действие-проверка-корректировка), циклически повторяющегося принятия решения для постоянного улучшения качества процессов, нами предложена процессная модель обеспечения качества в системе СФБАС (рис. 1) [14]. В модели показана взаимосвязь всех процессов, реализуемых системой СФБАС:

- процессами, реализуемыми заказчиком СФБАС;
- процессами мониторинга удовлетворенности потребителей СФБАС (пассажиры личного и общественного беспилотного автотранспорта) и изучения рынка;
- процессами планирования транспортных услуг в СФБАС;
- процессами обеспечения качества в СФБАС;
- процессами реализации транспортной и цифровой инфраструктурой СФБАС;
- процессами управления СФБАС;
- транспортными процессами СФБАС;
- процессами мониторинга и регулирования в системе СФБАС;
- процессами непрерывного улучшения качества в системе СФБАС.

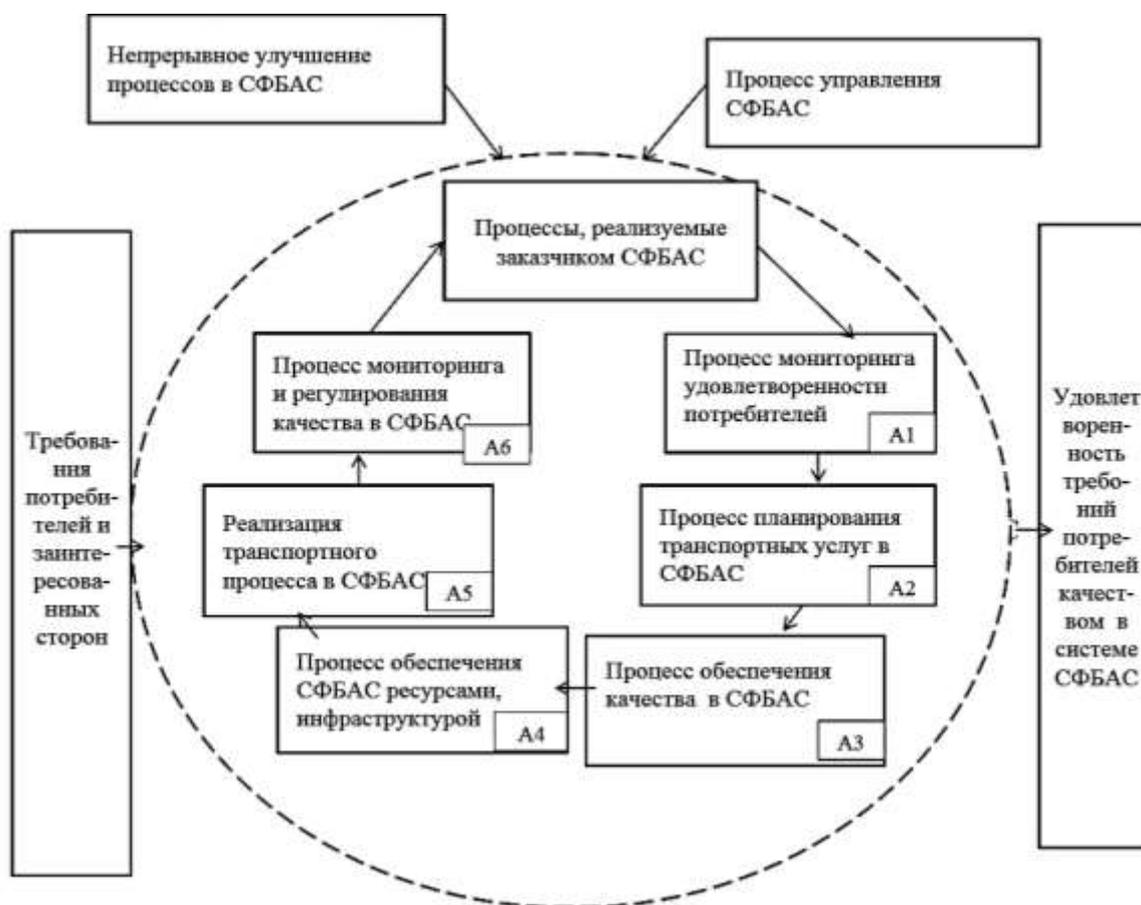


Рисунок 1 – Модель управления качеством в системе СФБАС

Выявленные на входе управляемой системы требования потребителей посредством реализации совокупности вышеуказанных процессов позволяют получить на выходе требуемую удовлетворенность потребителей качеством транспортных услуг в системе СФБАС. Требования

ния потребителей СФБАС могут быть определены на основе различных опросов, бенчмаркинга, публикаций и т.д. [15]. Кроме того, важной задачей является обоснование комплекса критериев (параметров) качества в СФБАС, которого на сегодняшний день нет [16, 17].

К потребителям в системе СФБАС относятся юридические и физические лица, осуществляющие грузовые и пассажирские перевозки БАС. Пассажирские перевозки включают перевозки общественным и личным транспортом. Мониторинг удовлетворенности пассажиров беспилотными средствами означает оценку информации о выполнении перевозчиками требований потребителя.

Качество деятельности СФБАС предлагаем определять через качество транспортных услуг, реализуемых СФБАС. Это логично, так как потребителя интересует прежде всего потребительское качество, а задача разработчиков и эксплуатантов обеспечить его в СФБАС.

Федеральные и региональные органы власти совместно с разработчиком должны законодательно предоставить свидетельства принятых обязательств по обеспечению качества транспортных услуг в СФБАС посредством [18]:

- законодательных и других обязательных положений и требований по созданию и эксплуатации СФБАС;
- доведения до сведения разработчиков и перевозчиков важности выполнения требований потребителя в области качества транспортных услуг;
- формирования политики и целей в области качества перевозок БАС;
- установление анализа и ответственности со стороны руководства СФБАС;
- обеспечения СФБАС требуемыми ресурсами, в том числе финансовыми.

Разработчик и Управляющая компания (эксплуатант), согласно этой модели, должны выполнять мероприятия по постоянному повышению качества транспортных услуг путем:

- установления необходимой компетентности персонала, выполняющего работу, которая влияет на соответствие транспортного процесса требованиям потребителей СФБАС;
- обеспечения подготовки и принятия других действий для достижения необходимой компетентности персонала;
- оценки результативности и эффективности предпринятых действий;
- осведомленности персонала об актуальности и важности его деятельности и вкладе в достижение целей в области качества транспортных услуг в СФБАС;
- поддержки рабочих записей об образовании, подготовке, навыках и опыте персонала.

Управляющая компания определяет, обеспечивает и поддерживает в рабочем состоянии транспортную и цифровую инфраструктуру, необходимую для достижения соответствия СФБАС требованиям потребителей. Инфраструктура включает:

- улично-дорожную сеть;
- транспортную сеть для общественного транспорта;
- технические средства для управления дорожным движением и транспортом;
- системные цифровые средства;
- здания, остановки, стоянки, паркинги, рабочее пространство и связанные с ними средства труда;
- оборудование для процессов (как технические средства, так и программное обеспечение);
- службы обеспечения (например, связь или информационные системы).

Кроме того, управляющая компания в лице центра управления качеством определяет:

- требования потребителей к СФБАС;
- законодательные и другие обязательные требования, применимые к транспортным услугам в СФБАС;
- любые дополнительные требования.

Управляющая компания планирует и применяет процессы мониторинга, измерения, анализа, необходимые для улучшения транспортных услуг в СФБАС требованиям потребителя. Эти процессы позволяют достичь запланированных результатов, используя процессные

модели. Если запланированные результаты не достигнуты, должны быть предприняты соответствующие корректирующие действия.

Исследовать процессы обеспечения качества в СФБАС предлагается с применением методологии функционального моделирования IDEF 0, предназначенной для формализации и описания бизнес-процессов [19, 20]. Процессы идентифицированы и описаны согласно РД 50.1.028:

- процессы менеджмента, реализуемые для планирования, мониторинга, управления и постоянного улучшения деятельности СФБАС;
- бизнес-процессы СФБАС;
- процессы менеджмента ресурсов, необходимых для деятельности СФБАС.

Взаимодействие процессов, входные и выходные данные, а также критерии и методы, применяемые для обеспечения результативности процессов, описаны в картах процессов.

Согласно методологии IDEF 0 на каждый процесс разрабатывается карта процесса, состоящая из схемы процесса (функциональной модели) и таблицы с ее описанием [21].

Функциональная модель (ФМ) основного процесса «Обеспечить качество в СФБАС» представлена на рисунке 2. Целью построения функциональной модели указанного процесса является определение всех составляющих элементов, влияющих на обеспечение качества обслуживания потребителей в перевозках БАС.



Рисунок 2 – Контекстная диаграмма основного процесса «Обеспечить качество в СФБАС»

На входе данного процесса заказчиком определяются долгосрочные и среднесрочные цели организации работы СФБАС. Заказчиком является орган региональной власти (например, министерство транспорта и дорог региона). Заказчик проводит конкурсы среди организаций на разработку, создание и эксплуатацию СФБАС. Также входами являются федеральные и региональные законодательные акты по организации и выполнения транспортных услуг в СФБАС.

Организация - разработчик создает техническое задание на построение СФБАС, в котором устанавливаются основные параметры и взаимосвязь всех подсистем СФБАС.

Управляющая компания (эксплуатант) создает весь комплекс СФБАС. Управляющая компания – это орган в составе министерства транспорта и дорог или отдельное юридическое лицо, который координирует работу всех организаций по созданию и эксплуатации СФБАС.

Потребители – юридические и физические лица, владеющие подвижным составом БАС и осуществляющие перевозки, в том числе общественным транспортом. Требования потребителей к качеству перевозок БАС формируются на основе опросов, рекламных кампаний, данных дилеров по продаже БАС и других источников.

Центр организации и управления дорожным движением (ЦОУДД) формирует требования к управлению и инфраструктуре СФБАС. В ЦОУДД входят интеллектуальная транспортная система, система управления общественным транспортом, система менеджмента качества.

Внешняя среда учитывает требования пешеходных потоков, климатические условия, в которых действует СФБАС.

Управление процессом осуществляется на основе комплекса нормативно-технической документации, связанной с элементами СФБАС и менеджмента качества.

Менеджмент ресурсов заключается в обеспечении финансовыми, материальными и человеческими ресурсами. Проектирование процесса осуществляют специалисты по системам качества и разработчика.

#### **Результаты и обсуждение**

На выходе процесса заказчик имеет оформленные договоры с организациями на разработку и эксплуатацию СФБАС.

Разработчик представляет проект на создание СФБАС с учетом требований к качеству перевозок.

Управляющая компания оформляет стандарты организации в рамках требований системы менеджмента качества по взаимосвязи и эксплуатации элементов СФБАС. В стандартах организации закрепляют все операции, действия, приемы перевозок БАС и мероприятия по постоянному улучшению качества транспортных услуг.

Потребители готовят подвижной состав (БАС) с соответствующими эксплуатационными характеристиками принимают к реализации комплекс мероприятий, направленный на улучшение качества транспортных услуг по перевозке грузов и пассажиров.

ЦОУДД разрабатывает стандарты организации по управлению и эксплуатации инфраструктуры СФБАС. Инфраструктура учитывает требования внешней среды.

#### **Выводы**

На основе процессного подхода разработаны функциональные модели и их декомпозиции для всех процессов повышения качества перевозок в системе СФБАС (рис. 1). На основании разработанных процессов осуществляется управление качеством СФБАС с применением документированных процедур и технических средств.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Гусев С.И., Епифанов В.В. Структура системы функционирования беспилотного автотранспортного средства // Вестник УлГТУ. – 2020. – №1. – С. 47-51.
2. Епифанов В.В., Гусев С.И., Никитина Е.Н. Проблемы функционирования беспилотных автотранспортных средств // Мир транспорта и технологических машин. – 2022. – №4-2(79). – С. 132-138.
3. Шадрин С.С. Методология создания систем управления движением автономных колесных транспортных средств, интегрированных в интеллектуальную транспортную среду: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – М., 2017. – 34 с.
4. Климов А.А., Покусаев О.Н., Куприяновский В.П., Намиот Д.Е. Архитектура автономных (беспилотных) автомобилей и инфраструктура для их эксплуатации // Современные информационные технологии и ИТ-технологии. – 2018. – Т. 14. - №3. – С. 711-720.
5. Минделл Д. Восстание машин отменяется! Мифы о роботизации. – М.: Альпина нонфикшн, 2016. – 310 с.
6. Задорожная А.А., Киричек Р.В. Функциональная архитектура сетевой инфраструктуры беспилотного автотранспорта [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://conf-ntores.etu.ru>.
7. Могилевкин И.М. Транспорт и коммуникации. Прошлое, настоящее, будущее. – М.: Наука, 2005. – 357 с.
8. Комаров В.В., Гараган С.А. Архитектура и стандартизация телематических и интеллектуальных транспортных систем. Зарубежный опыт и отечественная практика. – М.: НТБ «Энергия», 2012. – 158 с.

9. Системы, методы и инструменты менеджмента качества: учебное пособие / М.М. Кане, Б.В. Иванов, В.Н. Корешков, А.Г. Схиртладзе. – СПб.: Питер, 2008. – 560 с.
10. Байда Е.А. Система менеджмента качества – составляющая инновационной политики организации // Научные записки НГУЭУ. - 2009. – 104 с.
11. Боярова А.В. Проблемы внедрения и сертификации системы менеджмента качества для российских предприятий - поставщиков автомобильной промышленности // Известия СПбГУЭФ. - 2010. - №5(65). - С. 91-93.
12. Процессный подход к разработке и внедрению систем менеджмента качества: Опорный материал к лекционному курсу. Учебно-научный центр сертификации «Металлсертификат» МИСиС. – М.: МИСиС, 2003. – 175 с.
13. Исаев С.В. Каких ошибок следует избегать при разработке и сертификации СМК // Методы менеджмента качества. – 2004. – №9. – С. 40-43.
14. Адлер Ю.П. Восемь принципов, которые изменяют мир // Разработка и сертификация систем качества в России. Стратегия, проблемы, рынок услуг: Сборник статей и справочных материалов к внедрению стандартов ИСО серии 9000 версии 2000 г. – М.: РИА «Стандарты и качество». - 2001. – 156 с.
15. Гудков В.А. Качество пассажирских перевозок: возможность исследования методами социологии: учебное пособие. – Волгоград: ВолгГТУ, 2008. – 163 с.
16. Тлегунов Б.Н. Анализ методов оценки и показателей качества системы городского пассажирского транспорта // Альтернативные источники энергии на автомобильном транспорте: проблемы и перспективы рационального использования: Международная научно-практическая конференция. – Воронеж, 2013. – С. 169-172.
17. Порядин А.В. Выбор показателей оценки качества пассажирских перевозок // Уральский государственный лесотехнический университет. – Екатеринбург, 2009. – 54 с.
18. Шадрин С.С. Методология создания систем управления движением автономных колесных транспортных средств, интегрированных в интеллектуальную транспортную среду: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – М., 2017. – 34 с.
19. Р. 50.1.028-2001. Методология функционального моделирования IDEF0: Руководящий документ. – М.: Госстандарт России, 2001. – 74 с.
20. Information Integration For Concurrent Engineering (IICE). IDEF0. – Based Systems, Inc. – Texas, USA, 1995. – 345 с.
21. Методика и порядок работ по определению, классификации и идентификации процессов, описание процессов на базе методологии IDEF 0. ТК РБ 4.2-МР-05-2002. – Минск, 2002. – 45 с.

**Епифанов Вячеслав Викторович**

Ульяновский государственный технический университет  
Адрес: 432700, Россия, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, 32  
Д.т.н., профессор кафедры «Автомобили»  
E-mail: v.epifanov73@mail.ru

**Обшивалкин Михаил Юрьевич**

Ульяновский государственный технический университет  
Адрес: 432700, Россия, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, 32  
К.т.н., заведующий кафедрой «Автомобили»  
E-mail: muo@ulstu.ru

---

V. V. EPIFANOV, M. Yu. OSHIVALKIN

**PROCESS MODEL OF QUALITY ASSURANCE IN THE SYSTEM OF  
FUNCTIONING OF AN UNMANNED VEHICLE**

***Abstract.** The article presents a basic model of quality assurance and management processes in the system of functioning of an unmanned vehicle. The model shows the relationship of all processes that allow to implement the requirements of consumers. A functional model of the main process «To ensure quality in the system of functioning of an unmanned vehicle» is presented. The purpose of constructing a functional model of this process is to determine all the components that affect the quality of customer service in transportation by unmanned vehicles.*

***Keywords:** unmanned vehicle, system, process approach, model, consumer.*

**BIBLIOGRAPHY**

1. Gusev S.I., Epifanov V.V. Struktura sistemy funktsionirovaniya bespilotnogo avtotransportnogo sredstva // Vestnik UIGTU. - 2020. - №1. - S. 47-51.
2. Epifanov V.V., Gusev S.I., Nikitina E.N. Problemy funktsionirovaniya bespilotnykh avtotransportnykh sredstv // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2022. - №4-2(79). - S. 132-138.

3. Shadrin S.S. Metodologiya sozdaniya sistem upravleniya dvizheniem avtonomnykh kolesnykh transportnykh sredstv, integrirovannykh v intellektual'nyuyu transportnyuyu sredu: avtoref. dis. ... d-ra tekhn. nauk. - M., 2017. - 34 s.
4. Klimov A.A., Pokusaev O.N., Kupriyanovskiy V.P., Namiot D.E. Arkhitektura avtonomnykh (bespilotnykh) avtomobiley i infrastruktura dlya ikh ekspluatatsii // *Sovremennyye informatsionnyye tekhnologii i IT-tekhnologii*. - 2018. - T. 14. - №3. - S. 711-720.
5. Mindell D. Vosstanie mashin otmenyaetsya! Mify o robotizatsii. - M.: Al'pina nonfikshn, 2016. - 310 s.
6. Zadorozhnyaya A.A., Kirichek R.V. Funktsional'naya arkhitektura setevoy infrastruktury bespilotnogo avto-transporta [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://conf-ntores.etu.ru>.
7. Mogilevkin I.M. Transport i kommunikatsii. Proshloe, nastoyashchee, budushchee. - M.: Nauka, 2005. - 357 s.
8. Komarov V.V., Garagan S.A. Arkhitektura i standartizatsiya telematicheskikh i intellektual'nykh transportnykh sistem. Zarubezhnyy opyt i otechestvennaya praktika. - M.: NTB «Energija», 2012. - 158 s.
9. Sistemy, metody i instrumenty menedzhmenta kachestva: uchebnoe posobie / M.M. Kane, B.V. Ivanov, V.N. Koreshkov, A.G. Skhirtladze. - SPb.: Piter, 2008. - 560 s.
10. Bayda E.A. Sistema menedzhmenta kachestva - sostavlyayushchaya innovatsionnoy politiki organizatsii // *Nauchnye zapiski NGUEU*. - 2009. - 104 s.
11. Boyarova A.V. Problemy vnedreniya i sertifikatsii sistemy menedzhmenta kachestva dlya rossiyskikh predpriyatiy - postavshchikov avtomobil'noy promyshlennosti // *Izvestiya SPbGUEF*. - 2010. - №5(65). - S. 91-93.
12. Protsessnyy podkhod k razrabotke i vnedreniyu sistem menedzhmenta kachestva: Opornyy material k lektsionnomu kursu. Uchebno-nauchnyy tsentr sertifikatsii "Metallsertifikat" MISiS. - M.: MISiS, 2003. - 175 s.
13. Isaev S.V. Kakikh oshibok sleduet izbegat' pri razrabotke i sertifikatsii SMK // *Metody me-nedzhmenta kachestva*. - 2004. - №9. - S. 40-43.
14. Adler Yu.P. Vosem' printsipov, kotorye izmenyayut mir // *Razrabotka i sertifikatsiya sistem kache-stva v Rossii. Strategiya, problemy, rynek uslug: Sbornik statey i spravochnykh materialov k vnedreniyu standartov ISO serii 9000 versii 2000 g.* - M.: RIA «Standarty i kachestvo». - 2001. - 156 s.
15. Gudkov V.A. Kachestvo passazhirskikh perevozok: vozmozhnost' issledovaniya metodami sotsiologii: uchebnoe posobie. - Volgograd: VolgGTU, 2008. - 163 s.
16. Tlegenov B.N. Analiz metodov otsenki i pokazateley kachestva sistemy gorodskogo passazhirskogo transporta // *Al'ternativnye istochniki energii na avtomobil'nom transporte: problemy i perspektivy ratsional'nogo ispol'zovaniya: Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. - Voronezh, 2013. - S. 169-172.
17. Poryadin A.V. Vybor pokazateley otsenki kachestva passazhirskikh perevozok // *Ural'skiy gosudarstvennyy lesotekhnicheskii universitet*. - Ekaterinburg, 2009. - 54 s.
18. Shadrin S.S. Metodologiya sozdaniya sistem upravleniya dvizheniem avtonomnykh kolesnykhtransportnykh sredstv, integrirovannykh v intellektual'nyuyu transportnyuyu sredu: avtoref. dis. ... d-ra tekhn. nauk. - M., 2017. - 34 s.
19. R. 50.1.028-2001. Metodologiya funktsional'nogo modelirovaniya IDEF0: Rukovodyashchiy dokument. - M.: Gosstandart Rossii, 2001. - 74 s.
20. Information Integration For Concurrent Engineering (IICE). IDEF0. - Based Systems, Inc. - Texas, USA, 1995. - 345 s.
21. Metodika i poryadok rabot po opredeleniyu, klassifikatsii i identifikatsii protsessov, opisanie protsessov na baze metodologii IDEF 0. TK RB 4.2-MR-05-2002. - Minsk, 2002. - 45 s.

**Epifanov Vyacheslav Viktorovich**

Ulyanovsk State Technical University  
Adress: 432700, Russia, Ulyanovsk, Severny Venets str.  
Doctor of technical sciences  
E-mail: v.epifanov73@mail.ru

**Obshivalkin Mikhail Yurievich**

Ulyanovsk State Technical University  
Adress: 432700, Russia, Ulyanovsk, Severny Venets str.  
Candidate of technical sciences  
E-mail: muo@ulstu.ru

Научная статья

УДК 653.113

doi:10.33979/2073-7432-2023-3-5(82)-137-144

Ю.Н. РИЗАЕВА, С.Н. СУХАТЕРИНА, М.В. ПУПЫШЕВ, Ю.В. САВВИН

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПЕРЕВОЗОК

**Аннотация.** Авторами предложен механизм, направленный на улучшение планирования и организации технологических перевозок на предприятии, позволяющий максимально эффективно использовать свой и привлеченный парк подвижного состава. Применение механизма дает возможность повысить эффективность работы автотранспорта за счет использования нового подхода в назначении и контроле заявок с внедрением набора сервисов, подкрепленных базой собственного и привлеченного автотранспорта. Синхронизация работы подвижного состава и пунктов погрузки/разгрузки позволит сократить нетехнологические простои автотранспорта.

**Ключевые слова:** технологические перевозки, эффективность, собственный и привлеченный автотранспорт, цифровизация

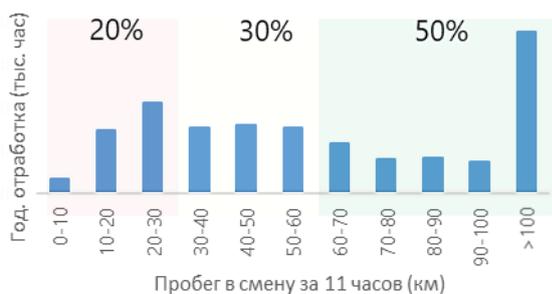
### Введение

Для повышения эффективности работы производственного предприятия необходимо правильно спланировать и организовать технологические перевозки, требуемые для выполнения производственного процесса. Цифровизация промышленности и экономики предлагает инструменты для улучшения работы технологического транспорта. Авторами проанализирован процесс планирования, назначения и контроля выполнения заявки на перевозку грузов. Выявлено длительные нетехнологические простои подвижного состава в связи с неправильной организацией транспортного процесса при выполнении перевозок.

### Материал и методы

Авторами проведен анализ работы автотранспорта на крупном промышленном предприятии в зависимости от пробега за смену. На рисунках 1 и 2 представлен результат анализа работы автомобильной техники предприятия. Работа автомобильного транспорта предприятия считается эффективной при пробеге больше 60 км за 11 часов, от 30 до 60 км – неэффективной, до 30 км крайне неэффективной.

Результаты анализа работы самосвальной техники грузоподъемностью от 45 тонн следующие: 50 % транспортных средств, задействованных на перевозках массовых и технологических грузов на анализируемом предприятии, работают эффективно, 20 % крайне неэффективно.



**Рисунок 1 - Результаты анализа работы самосвальной техники грузоподъемностью от 45 тонн**



**Рисунок 2 - Результаты анализа работы самосвальной техники грузоподъемностью до 40 тонн и бортовых автомобилей**

Результаты анализа работы самосвальной техники грузоподъемностью до 40 тонн и бортовых ТС: 22 % транспортных средств, задействованных на перевозках массовых, техно-

логических грузов, а также выполняют разовые (непостоянные) заявки производственных подразделений, работает эффективно, а 43 % крайне неэффективно.

Для поиска корневых причин неэффективности и предложения вариантов повышения производительности автотранспорта авторами был проанализирован транспортный процесс выполнения перевозок от момента подачи заявок (возникновения потребности) до фиксации факта выполнения работ.

**Теория / Расчет**

Для организации процесса технологических перевозок предприятие располагает списочным парком подвижного состава, который числится на балансе организации. Учитывая волатильный характер поступающих заявок на перевозку грузов, неравномерность объема перевозок за сутки, привлечение специализированного подвижного состава, эффективно обеспечить выполнение транспортного процесса возможно, используя собственный и привлеченный автотранспорт. Это наиболее оптимальный выбор, позволяющий сочетать положительные стороны организации доставки.

Для планирования транспортного процесса в настоящее время необходимо использовать возможности инфокоммуникационных и интеллектуальных технологий для назначения транспорта на заявку. Это позволит применить индивидуальный подход к каждой заявке и использовать максимальное разнообразие сервиса по доступной стоимости.

На рисунке 3 представлена схема существующего механизма планирования и назначения собственного и привлеченного подвижного состава для осуществления технологических перевозок на анализируемом авторами предприятия.

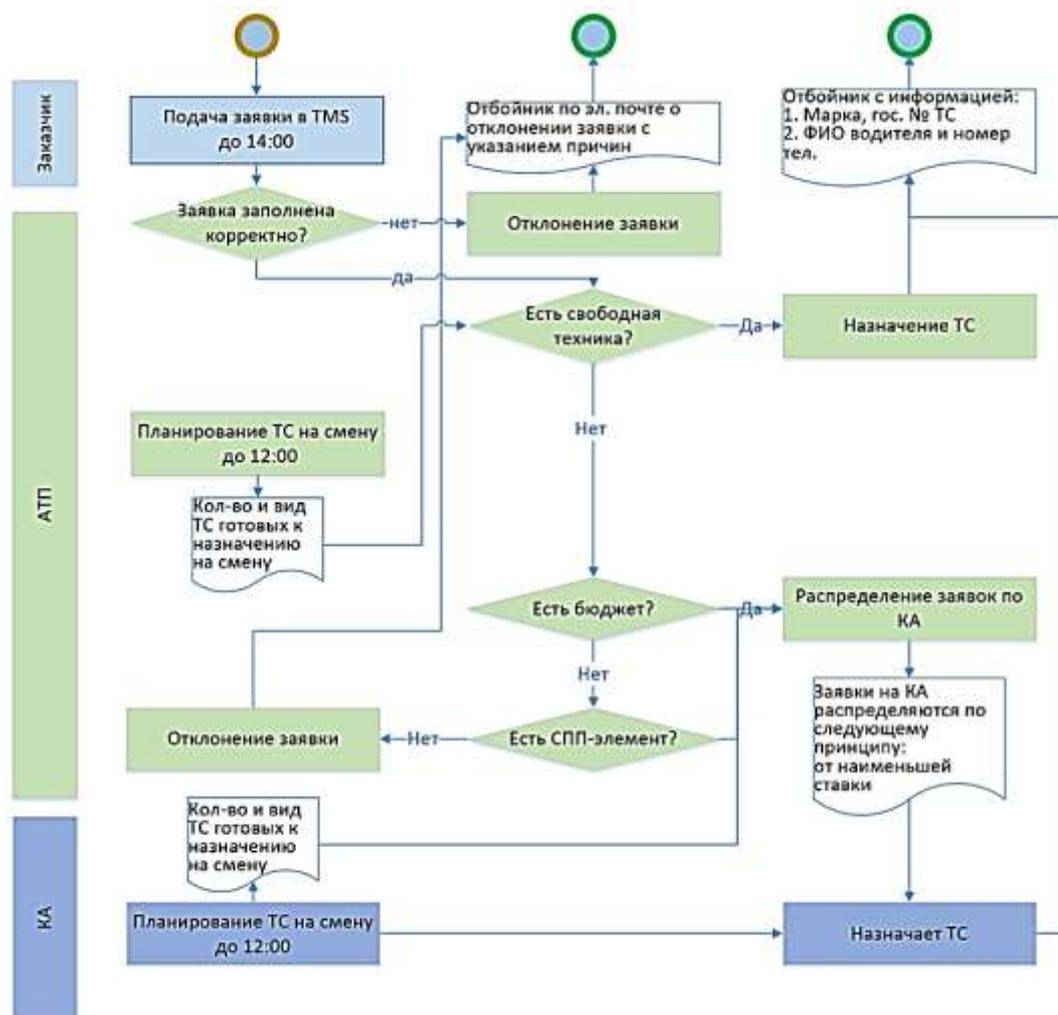


Рисунок 3 - Текущий процесс планирования и назначения транспортных средств

В существующей TMS-системе предприятия планирование и назначение автотранспорта осуществляется в полу ручном режиме:

- собственное АТП и транспортно-логистические компании (КА) в TMS-системе до 12:00 выставляют свободные позиции транспорта (исправный подвижной состав с водителем) на предстоящие смены. Таким образом насыщается база собственного и привлеченного транспорта;
- заказчики (производственные подразделения) подают заявки в TMS-системе по установленной форме до 14:00 на ночную и следующую дневную смены;
- диспетчер АТП проверяет корректность поданных заявок;
- диспетчер АТП в TMS-системе загружает собственный транспорт (перетягивая заявки на свободные позиции транспорта). Когда собственный транспорт загружен полностью, далее загружается транспорт сторонних транспортно-логистических компаний по принципу наименьшей цены (от дешевого к более дорогому).

Основной недостаток текущего процесса в неполной утилизации ресурсов автотранспорта.

На рисунке 4 представлена схема предлагаемого механизма планирования и назначения собственного и привлеченного подвижного состава для осуществления технологических перевозок на анализируемом авторами предприятии.

Предлагается в автоматическом режиме с использованием TMS-системы осуществлять проверку на корректность и распределение заявок. Весь ПУЛ заявок пересчитывать на рейсы (ездки) в зависимости от необходимого объема перевозки. По каждой заявке определять общее количество требуемого типа транспортных средств. Таким образом, назначается собственный парк, а дефицит покрывается привлечением со стороны.

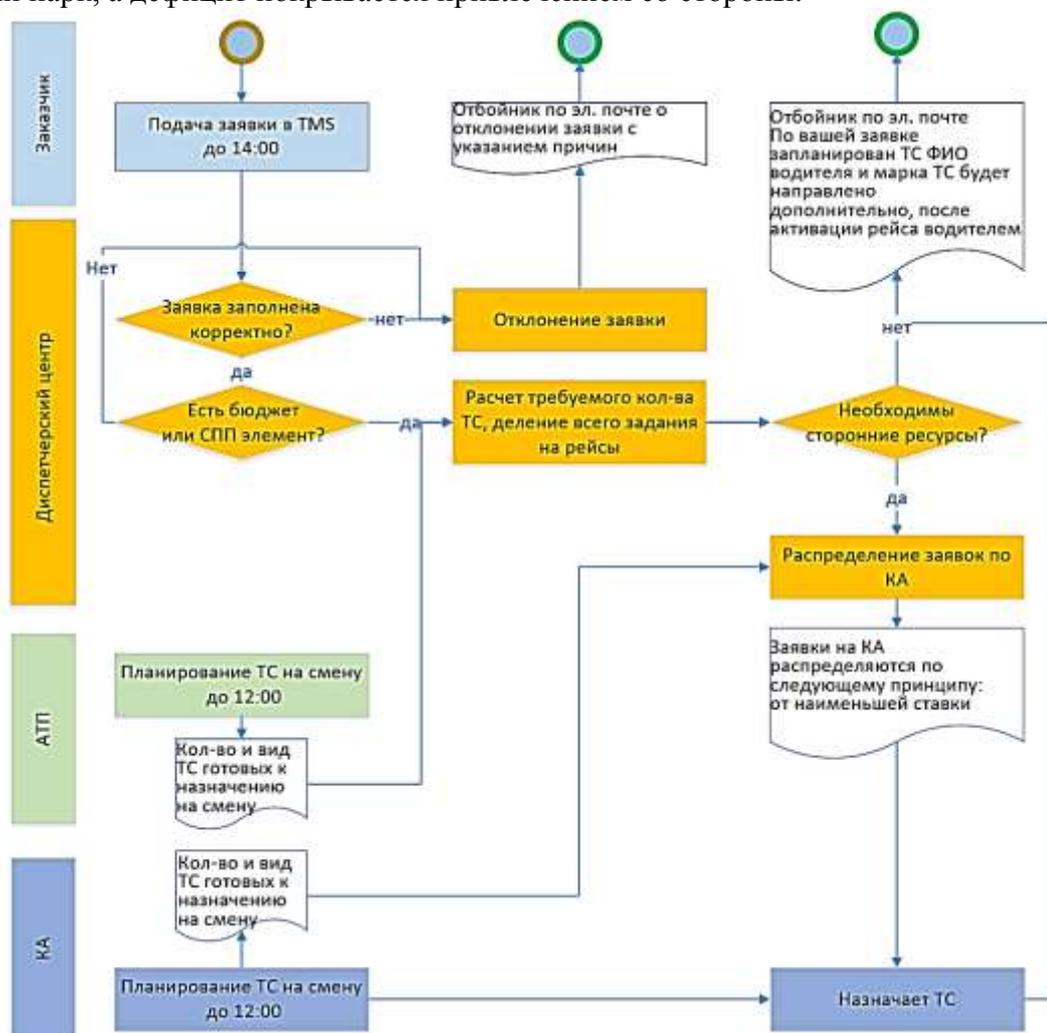


Рисунок 4 - Предлагаемый процесс планирования и назначения транспортных средств

После назначения транспорта с помощью диспетчеризации осуществляется процесс контроля выполнения заявки следующим образом (рис. 5).

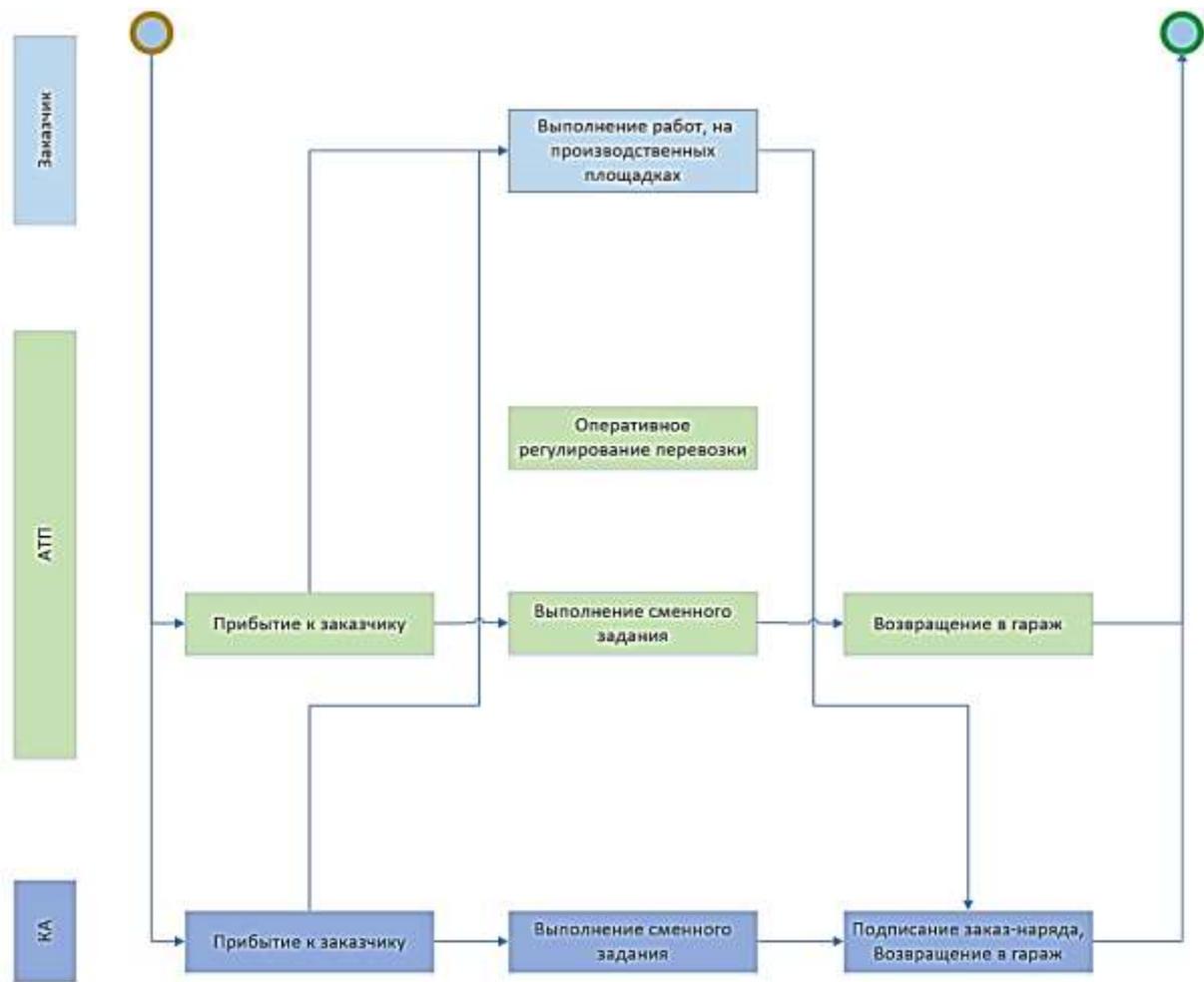


Рисунок 5 - Текущий процесс выполнения и контроля работ

В существующем процессе водитель получает задание на всю смену, прибывает к заказчику для выполнения заявки, приступает к работе. В случае изменения диспетчер в ручном режиме осуществляет перенаправление транспорта на другое задание. Работа автомобильного транспорта и пунктов отправления не синхронизирована. В результате наблюдаются существенные сверхнормативные простои подвижного состава.

Для сокращения непроизводительного простоя подвижного состава предлагается изменить процесс следующим образом (рисунок 6).

Водитель получает задание в мобильном приложении только на один рейс. Выполнив его, система назначает следующий из общего ПУЛа рейсов, с учетом множества факторов:

- дорожная обстановка;
- загруженность фронтов погрузки/выгрузки;
- приоритет выполнения;
- различные ограничения (временные, габаритные, и др.);
- экономическая эффективность (уменьшение суммарного холостого пробега всех автомобилей);
- экологическая ситуация от стационарных и передвижных источников по проходимому маршруту.

У заказчика появляется возможность подать срочную заявку за час до начала погрузки. Система, обработав ее, включит в общий ПУЛ рейсов.

Диспетчер по средствам ALERT будет контролировать работу системы и следить за отклонениями от нормативов на конкретных маршрутах. Диспетчеру будет предоставлена возможность изменять приоритет конкретных рейсов (в случае производственной необходимости).

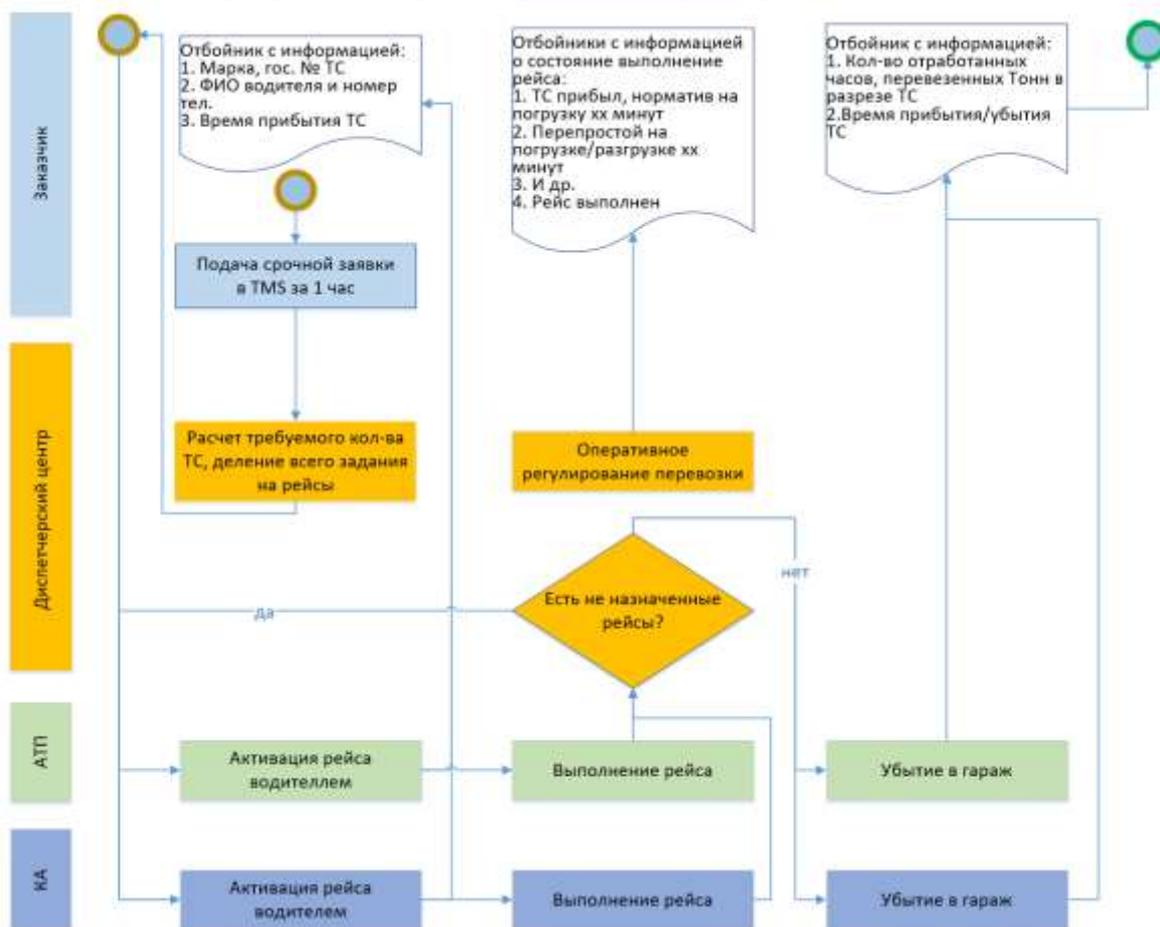


Рисунок 6 - Предлагаемый процесс выполнения и контроля работ

Процесс фиксации факта выполненных работ также предлагается доработать.

В текущем варианте имеем много ручного ввода данных и ручных проверок. Заказчик после выполнения работы в системе отмечает факт выполнения работы. Далее факт акцептует АТП, вручную вносятся данные в электронное приложение к путевому листу (для собственного транспорта), и в электронный заказ-наряд для привлеченного транспорта.

В планируемом варианте автоматическое заполнение факта выполненных работ из данных ИТ-систем. Заказчику и исполнителю остается только в случае сбоев системы скорректировать данные.

### Результаты и обсуждение

На текущий момент на анализируемом предприятии планирование, назначение, диспетчеризация и учет работы подвижного состава осуществляется в полу ручном режиме. Это не позволяет максимально эффективно использовать свой и привлеченный парк. Предлагаемый механизм совершенствования технологических перевозок позволяет повысить эффективность доставки грузов за счет использования нового подхода в назначении и контроле заявок с использованием набора сервисов, подкрепленных наличием собственного и привлеченного автотранспорта. Основное отличие предложенного подхода - уход от назначения подвижного состава на всю смену, в целевом решении планирования на рейс (выполнил один рейс, получил информацию о назначении на следующий рейс). Предлагаемый процесс позволяет повысить мотивацию как исполнителей, так и заказчиков путем перехода на сдельную оплату труда собственных водителей, оплату за нормочасы привлеченного транспорта и применение штрафных санкции к заказчику за превышение временных нормативов погрузки/выгрузки.

### Выводы

На основе анализа используемых механизмов назначения автотранспорта для выполнения технологических перевозок авторами были предложены управленческие решения, направленные на совершенствование работы технологического транспорта.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Novikov A.N., Novikov I.A., Zagorodnij N.A. Reducing production and transportation costs for the transportation of iron ore raw materials from mining and processing plants on the basis of the use of an integer model // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. «International Science and Technology Conference «Earth Science» Chapter 4». - 2021. - С. 052038.
2. Курганов В.М., Дорофеев А.Н. Информационные технологии поддержки принятия решений для управления транспортно-логистическим предприятием. – М: ООО «Издательство «КнюРус», 2023. – 180 с.
2. Дорофеев А.Н., Курганов В.М. Формирование цифровой модели устойчивого развития автотранспортного предприятия на основе системной динамики // Проблемы международной транспортной политики. - М: МАДИ. - 2022. - С. 105-110.
3. Дорофеев А.Н., Курганов В.М. Анализ деятельности автотранспортного предприятия с использованием динамических моделей // Прогрессивные технологии в транспортных системах. – Оренбург: Оренбургский государственный университет. - 2022. - С. 175-180.
4. Аксенов К.А., Ван Кай. Разработка и применение метода реинжиниринга бизнес-процессов на основе мультиагентного моделирования: монография // Ульяновск: Зебра, 2016. – 192 с.
5. Новиков А.Н., Еремин С.В., Кулев А.В., Ломакин Д.О. Проблемы внедрения интеллектуальных транспортных систем в регионах // Мир транспорта и технологических машин. - 2021. - №1(72). - С. 47-54.
6. Новиков А.Н., Емельянов И.П., Тарасов А.О. Целесообразность и направления развития интеллектуальных транспортных систем // Современные автомобильные материалы и технологии. - Курск: Юго-Западный государственный университет. - 2020. - С. 147-152.
7. Новиков А.Н., Емельянов И.П., Тарасов А.О. Применение интеллектуальных систем для организации безостановочного движения большегрузных транспортных средств на городских дорогах // Интеллектуальные информационные системы: тенденции, проблемы, перспективы. – М.: Московский политехнический университет; Курск: Юго-Западный государственный университет. - 2020. - С. 148-152.
8. Kurganov V.M., Gryaznov M.V., Mukaev V.N. Improving the efficiency of industrial road transport in the conditions of the ural region // Транспортные системы и дорожная инфраструктура Крайнего Севера. - Якутск: Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова. - 2022. - С. 156-161.
9. Фаттахова А.Ф., Касымовская П.П., Курганов В.М., Грязнов М.В. Правовые аспекты выбора перевозчика при аутсорсинге автотранспортных услуг // Прогрессивные технологии в транспортных системах. - Оренбург: Оренбургский государственный университет. - 2022. - С. 564-571.
10. Курганов В.М., Грязнов М.В., Мукаев В.Н. Снижение затрат на автомобильные перевозки для предприятия черной металлургии // Проблемы международной транспортной политики. - Москва: МАДИ. - 2022. - С. 5-8.
11. Курганов В.М., Грязнов М.В., Дорофеев А.Н. Электронный путевой лист в цифровой трансформации автотранспортной деятельности // Логистические системы в глобальной экономике. - 2022. - №12. - С. 169-172.
12. Грязнов М.В., Kurganov V., Vasiliev V., Dorofeev A. Road transport outsourcing for a metallurgical company and its alternatives // Transportation Research Procedia. Ser. «International Scientific Siberian Transport Forum, TransSiberia 2020». - 2021. - С. 290-299.
13. Корчагин В.А., Ляпин С.А. Научно-практические подходы транспортного обслуживания металлургического комбината // Наука и техника транспорта. - 2008. - №2. - С. 8-12.
14. ГОСТ Р 56829-2015. Национальный стандарт РФ [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://vsegest.com/Catalog/61/61264.shtml>.
15. Департамент транспорта США. ИТС [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.its.dot.gov/>.
16. Интернет вещей в логистике: совместный отчет DHL и Cisco 2015 [Электронный ресурс] / Перевод: Вячеслав Гладков, 2016. – Режим доступа: [http://json.tv/tech\\_trend\\_find/internet-veschey-v-logistike-sovmestnyu-otchet-dhl-i-cisco-20160511113055](http://json.tv/tech_trend_find/internet-veschey-v-logistike-sovmestnyu-otchet-dhl-i-cisco-20160511113055).
17. Плетнев М.Г., Жанказиев С.В. ИТС в процессах управления безопасным и сервисным движением // XIV всероссийская мультиконференция по проблемам управления МКПУ-2021. - Ростов-на-Дону–Таганрог: Южный федеральный университет. - 2021. - С. 158-161.
18. Жанказиев С.В. Управление мобильностью в открытых транспортных системах // XIV всероссийская мультиконференция по проблемам управления МКПУ-2021. - Ростов-на-Дону–Таганрог: Южный федеральный университет. - 2021. - С. 17-19.
19. Müller J., Fisher K. Application Impact of Multiagent Systems and Technologies: A Survey // Agent-Oriented Software Engineering: book series. – Springer. - 2013. – P. 1-26.
20. Ризаева Ю.Н., Сысоев А.С., Ляпин С.А., Галкин А.В. и др. Интеллектуальные методы управления транспортными системами. - 3-е изд. - М: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2023. – 192 с.

21. Ризаева Ю.Н., Логинов В.А., Третьяков А.С. Управление развитием грузового автотранспортного предприятия // Инфокоммуникационные и интеллектуальные технологии на транспорте. - Липецк: ЛГТУ. - 2022. - С. 160-162.

**Ризаева Юлия Николаевна**

Липецкий государственный технический университет  
Адрес: 398055, Россия, г. Липецк, ул. Московская, 30  
Д.т.н., зав. кафедрой управления автотранспортом  
E-mail: rizaeva\_yun@stu.lipetsk.ru

**Сухатерина Светлана Николаевна**

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

**Пупышев Михаил Валерьевич**

ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат»  
Адрес: 398055, Россия, г. Липецк, ул. Московская, 30  
Руководитель направления по автоперевозкам дирекции по внешней логистике  
E-mail: mv.pupyshev@gmail.com

**Саввин Юрий Викторович**

ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат»  
Адрес: 398055, Россия, г. Липецк, ул. Московская, 30  
Вице-президент по логистике  
E-mail: savvin\_yv@nlmk.com

YU.N. RIZAEVA, S.N. SUKHATERINA, M.V. PUPYSHEV, YU.V. SAVVIN

## IMPROVING ORGANIZATION TECHNOLOGICAL TRANSPORT

**Abstract.** *The authors propose a mechanism aimed at improving the planning and organization of technological transportation at the enterprise, which allows the most efficient use of its own and attracted fleet of rolling stock. The application of the mechanism makes it possible to increase the efficiency of the operation of vehicles through the use of a new approach in the appointment and control of applications with the introduction of a set of services supported by the base of own and attracted vehicles. Synchronization of rolling stock and loading/unloading points will reduce non-technological downtime of vehicles.*

**Keywords:** *technological transportation; efficiency, own and borrowed vehicles, digitalization*

## BIBLIOGRAPHY

1. Novikov A.N., Novikov I.A., Zagorodnij N.A. Reducing production and transportation costs for the transportation of iron ore raw materials from mining and processing plants on the basis of the use of an integer model // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. «International Science and Technology Conference «Earth Science» Chapter 4». - 2021. - S. 052038.
2. Kurganov V.M., Dorofeev A.N. Informatsionnye tekhnologii podderzhki prinyatiya resheniy dlya upravleniya transportno-logisticheskimi predpriyatiyami. - M: ООО «Издательство «KnoRus», 2023. - 180 s.
2. Dorofeev A.N., Kurganov V.M. Formirovaniye tsifrovoy modeli ustoychivogo razvitiya avtotransportnogo predpriyatiya na osnove sistemnoy dinamiki // Problemy mezhdunarodnoy transportnoy politiki. - M: MADI. - 2022. - S. 105-110.
3. Dorofeev A.N., Kurganov V.M. Analiz deyatelnosti avtotransportnogo predpriyatiya s ispol'zovaniem dinamicheskikh modeley // Progressivnye tekhnologii v transportnykh sistemakh. - Orenburg: Orenburgskiy gosudarstvennyy universitet. - 2022. - S. 175-180.
4. Aksenov K.A., Van Kay. Razrabotka i primeneniye metoda reinzhiniringa biznes-protsessov na osnove mul'tiagentnogo modelirovaniya: monografiya // Ul'yanovsk: Zebra, 2016. - 192 s.
5. Novikov A.N., Eremin S.V., Kulev A.V., Lomakin D.O. Problemy vnedreniya intellektual'nykh transportnykh sistem v regionakh // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2021. - №1(72). - S. 47-54.
6. Novikov A.N., Emel'yanov I.P., Tarasov A.O. Tselesoobraznost' i napravleniya razvitiya intellektual'nykh transportnykh sistem // Sovremennyye avtomobil'nyye materialy i tekhnologii. - Kursk: Yugo-Zapadnyy gosudarstvennyy universitet. - 2020. - S. 147-152.

7. Novikov A.N., Emel'yanov I.P., Tarasov A.O. Primenenie intellektual'nykh sistem dlya organizatsii bezostanovochного dvizheniya bol'shegruznykh transportnykh sredstv na gorodskikh dorogakh // Intellektual'nye informatsionnye sistemy: tendentsii, problemy, perspektivy. - M.: Moskovskiy politekhnicheskii universitet; Kursk: Yugo-Zapadnyy gosudarstvennyy universitet. - 2020. - S. 148-152.
8. Kurganov V.M., Gryaznov M.V., Mukaev V.N. Improving the efficiency of industrial road transport in the conditions of the ural region // Transportnye sistemy i dorozhnaya infrastruktura Kraynego Severa. - Yakutsk: Severo-Vostochnyy federal'nyy universitet imeni M.K. Ammosova. - 2022. - S. 156-161.
9. Fattakhova A.F., Kasymovskaya P.P., Kurganov V.M., Gryaznov M.V. Pravovye aspekty vybora perevozchika pri outsorsinge avtotransportnykh uslug // Progressivnye tekhnologii v transportnykh sistemakh. - Orenburg: Orenburgskiy gosudarstvennyy universitet. - 2022. - S. 564-571.
10. Kurganov V.M., Gryaznov M.V., Mukaev V.N. Snizhenie zatrat na avtomobil'nye perevozki dlya predpriyatiya chernoy metallurgii // Problemy mezhdunarodnoy transportnoy politiki. - Moskva: MADI. - 2022. - S. 5-8.
11. Kurganov V.M., Gryaznov M.V., Dorofeev A.N. Elektronnyy putevoy list v tsifrovoy transformatsii avtotransportnoy deyatel'nosti // Logisticheskie sistemy v global'noy ekonomike. - 2022. - №12. - S. 169-172.
12. Gryaznov M.V., Kurganov V., Vasiliev V., Dorofeev A. Road transport outsourcing for a metallurgical company and its alternatives // Transportation Research Procedia. Ser. «International Scientific Siberian Transport Forum, TransSiberia 2020». - 2021. - S. 290-299.
13. Korchagin V.A., Lyapin S.A. Nauchno-prakticheskie podkhody transportnogo obsluzhivaniya metallurgicheskogo kombinata // Nauka i tekhnika transporta. - 2008. - №2. - S. 8-12.
14. GOST R 56829-2015. Natsional'nyy standart RF [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <http://vsegest.com/Catalog/61/61264.shtml>.
15. Departament transporta SSHA. ITS [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <http://www.its.dot.gov/>.
16. Internet veshchey v logistike: sovместnyy otchet DHL i Cisco 2015 [Elektronnyy resurs] / Perevod: Vyacheslav Gladkov, 2016. - Rezhim dostupa: [http://json.tv/tech\\_trend\\_find/internet-veschey-v-logistike-sovместnyy-otchet-dhl-i-cisco-20160511113055](http://json.tv/tech_trend_find/internet-veschey-v-logistike-sovместnyy-otchet-dhl-i-cisco-20160511113055).
17. Pletnev M.G., Zhankaziev S.V. ITS v protsessakh upravleniya bezopasnym i servisnym dvizheniem // XIV vserossiyskaya mul'tikonferentsiya po problemam upravleniya MKPU-2021. - Rostov-na-Donu-Taganrog: Yuzhnyy federal'nyy universitet. - 2021. - S. 158-161.
18. Zhankaziev S.V. Upravlenie mobil'nost'yu v otkrytykh transportnykh sistemakh // XIV vserossiyskaya mul'tikonferentsiya po problemam upravleniya MKPU-2021. - Rostov-na-Donu-Taganrog: Yuzhnyy federal'nyy universitet. - 2021. - S. 17-19.
19. Miller J., Fisher K. Application Impact of Multiagent Systems and Technologies: A Survey // Agent-Oriented Software Engineering: book series. - Springer. - 2013. - P. 1-26.
20. Rizaeva Yu.N., Sysoev A.S., Lyapin S.A., Galkin A.V. i dr. Intellektual'nye metody upravleniya transportnymi sistemami. - 3-e izd. - M: Izdatel'sko-torgovaya korporatsiya «Dashkov i K», 2023. - 192 s.
21. Rizaeva Yu.N., Loginov V.A., Tretyakov A.S. Upravlenie razvitiem gruzovogo avtotransportnogo predpriyatiya // Infokommunikatsionnye i intellektual'nye tekhnologii na transporte. - Lipetsk: LGTU. - 2022. - S. 160-162.

**Rizaeva Julia Nikolaevna**

Lipetsk State Technical University  
Address: 398055, Russia, Lipetsk, Moskovskaya str., 30  
Doctor of technical sciences  
E-mail: rizaeva.u.n@yandex.ru

**Sukhaterina Svetlana Nikolaevna**

Lipetsk State Technical University  
Address: 398055, Russia, Lipetsk, Moskovskaya str., 30  
Candidate of technical sciences  
E-mail: suhaterina\_cn@stu.lipetsk.ru

**Pupyshev Mikhail Valerievich**

Novolipetsk Steel Company  
Address: 398055, Russia, Lipetsk, Moskovskaya str., 30  
Head of road transportation direction of external logistics directorate  
E-mail: mv.pupyshev@gmail.com

**Savvin Yury Viktorovich**

Novolipetsk Steel Company  
Address: 398055, Russia, Lipetsk, Moskovskaya str., 30  
Vice president of logistics  
E-mail: savvin\_yv@nlmk.com

**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 № 211

Отпечатано с готового оригинал-макета  
на полиграфической базе ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»  
302026, г. Орёл, ул. Комсомольская, 95