

Научно-технический  
журнал

Издается с 2003 года

Выходит четыре раза в год

№ 3-1(82) 2023

# Мир транспорта и технологических машин

Учредитель - федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»  
(ОГУ имени И.С. Тургенева)

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.
Редакция: 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. канд. техн. наук, доц. (Россия) Прентковский О. д-р техн. наук, проф. (Литва) Пржибыл П. д-р техн. наук, проф. (Чехия) Пушкарёв 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 редакции: 302030, Россия, Орловская обл., г. Орёл, ул. Московская, 77 Тел. +79058566556 <a href="https://oreluniver.ru/science/journal/mtitm">https://oreluniver.ru/science/journal/mtitm</a> E-mail: <a href="mailto:srmostu@mail.ru">srmostu@mail.ru</a>
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 объединённому каталогу «Пресса России» на сайтах <a href="http://www.pressa-rf.ru">www.pressa-rf.ru</a> и <a href="http://www.akc.ru">www.akc.ru</a>
© Составление. ОГУ имени И.С. Тургенева, 2023

## Содержание

Эксплуатация, ремонт, восстановление	
В.В. Лянденбургский, А.С. Иванов, Н.И. Сергеев Диагностика гидросистемы транспортно-технологических машин	3
Е.Д. Калинин, А.Д. Кустиков, М.Г. Корчажский Корректирование периодичности обслуживания роботизированных коробок передач DSG DQ381 легковых автомобилей в условиях городской эксплуатации	12
И.А. Яцков, П.А. Поляков, Е.С. Федотов, А.Н. Чапко Определение радиального биения тормозных барабанов методом проекций	21
Е.В. Агеева, Е.С. Виноградов, А.В. Щербаков Организация диагностирования автотранспортных средств	29
В.И. Сарбаев, А.П. Болдин, А.С. Чусова, А.Г. Гусев Предпосылки имитационного моделирования процессов организации работ по ТО и ремонту автомобилей в АТП общего пользования с подключением специализированных предприятий автосервиса	36
И.Ф. Дьяков, Ю.В. Моисеев, В.И. Дьяков Прогнозирование конструкций транспортного средства в условиях эксплуатации	43
Технологические машины	
С.А. Михайличенко, А.В. Шаталов, В.А. Шаталов Повышение качества технологического процесса при реконструкции автомобильных дорог	51
А.М. Насыбуллин, Л.Р. Айсина Разработка схемно-технологических решений, обеспечивающих приём и выполнение грузовых операций с поездами постоянного формирования, ведомыми электровозами	58
Безопасность движения и автомобильные перевозки	
А.И. Петров Качественная оценка системного управления безопасностью дорожного движения: философский смысл и возможности информационно-энтропийного анализа	69
С.Н. Бондаренко, И.Ю. Маркова, С.А. Гнездилова Методы повышения безопасности автомобильных дорог на стадии проектирования	77
В.В. Дронсейко, А.М. Меркулов, А.В. Замыцких, О.И. Максимычев Предикативный подход к анализу конфликтности в транспортном потоке	86
Д.А. Коновалова, О.Ю. Булатова Стратегия снижения количества дорожно-транспортных происшествий путем внедрения интеллектуальных транспортных систем	93
Вопросы экологии	
А.Г. Шевцова, В.В. Васильева Оценка экологических показателей транспортных потоков при изменении планов управления	101
Образование и кадры	
Л.Е. Куценко, С.В. Куценко, Л.А. Королева, Д.И. Латишина Особенности подготовки водителей в различных странах мира	108
М.В. Власова, Н.А. Батурина, Л.А. Пашкевич Оценка конкурентоспособности транспортно-логистической компании	115
М.А. Туманов, А.Г. Шевцова, Н.С. Любимый Повышение качества обслуживания клиентов железнодорожного транспорта с применением интеллектуальных систем	124
Экономика и управление	
Н.В. Курганова, А.А. Сазонов Опыт организации и управления смешанными перевозками: перевозка автомобильным транспортом	132

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

№ 3-1(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> Doc. Eng., Prof.</p> <p><i>Associates Editor</i> <b>V.V. Vasileva</b> Can. Eng. <b>S.A. Rodimzev</b> Doc. Eng.</p>	<h2>Contents</h2> <h3>Operation, Repair, Restoration</h3> <p>V.V. Lyandenbursky, A.S. Ivanov, N.I. Sergeev <b>Diagnostics of the hydro system of transport and technological machines</b>..... 3</p> <p>E.D. Kalinin, A.D. Kustikov, M.G. Korchazhkin <b>Correction of service frequency of DSG DQ381 robot gearboxes for passenger cars in urban conditions</b>..... 12</p> <p>I.A. Yaitskov, P.A. Polyakov, E.S. Fedotov, A.N. Chapko <b>Determination of radial beating of brake drums by projection method</b>..... 21</p> <p>E.V. Ageeva, E.S. Vinogradov, A.V. Shcherbakov <b>Organization of diagnostics of motor vehicles</b>..... 29</p> <p>V.I. Sarbaev, A.P. Boldin, A.S. Chusova, A.G. Gusev <b>Background of imitation simulation of processes of organizing works for maintenance and repair of cars in atp of general use with the connection of specialized car service enterprises</b>..... 36</p> <p>I.F. Dyakov, Yu.V. Moiseev, V.I. Dyakov <b>Prediction of vehicle structures under operating conditions</b>..... 43</p>
<p><i>Editorial Board:</i> <b>E.V. Ageev</b> Doc. Eng., Prof. (Russia) <b>I.E. Agureev</b> Doc. Eng., Prof. (Russia) <b>A.V. Bazhinov</b> Doc. Eng., Prof. (Ukraine) <b>V.N. Baskov</b> Doc. Eng., Prof. (Russia) <b>V.M. Vlasov</b> Doc. Eng., Prof. (Russia) <b>S.N. Glagolev</b> Doc. Eng., Prof. (Russia) <b>M. Demic</b> Doc. Eng., Prof. (Serbia) <b>A.S. Denisov</b> Doc. Eng., Prof. (Russia) <b>L. Żakowska</b> Ph.D., Doc. Sc., Prof. (Poland) <b>S.V. Zhankaziev</b> Doc. Eng., Prof. (Russia) <b>V.V. Zyryanov</b> Doc. Eng., Prof. (Russia) <b>I.G. Martychenko</b> Doc. Eng., Prof. (Russia) <b>A.A. Mitusov</b> Doc. Eng., Prof. (Kazakhstan) <b>V.V. Nordin</b> Can. Eng. (Russia) <b>O. Prentkovskis</b> Doc. Eng., Prof. (Lithuania) <b>P. Pribyl</b> Doc. Eng., Prof. (Czech Republic) <b>A.E. Pushkarev</b> Doc. Eng., Prof. (Russia) <b>A.N. Rementsov</b> Doc. Edc., Prof. (Russia) <b>V.I. Sarbaev</b> Doc. Eng., Prof. (Russia) <b>L.A. Sivachenko</b> Doc. Eng., Prof. (Belarus) <b>D.A. Yungmeyster</b> Doc. Eng., Prof. (Russia) <b>A. Szarata</b> Ph.D., Doc. Sc., Prof. (Poland)</p>	<h3>Technological machines</h3> <p>S.A. Mikhaylichenko, A.V. Shatalov, V.A. Shatalov <b>Improving the quality of the technological process during reconstruction of roads</b>..... 51</p> <p>A.M. Nasybullin, L.R. Aysina <b>Development of circuit and technological solutions for arrival and carrying cargo operations with permanent formation trains, which driven by electric locomotives</b>..... 58</p> <h3>Road safety and road transport</h3> <p>A.I. Petrov <b>Qualitative assessment of the road safety management system: philosophical meaning and possibilities information-entropy analysis</b>..... 69</p> <p>S.N. Bondarenko, I.Y. Markova, S.A. Gnezdilova <b>Methods of improving the safety of highways at the design stage</b>..... 77</p> <p>V.V. Dronseiko, A.M. Mercovich, A.V. Zamytskih, O.I. Maksimych <b>Predicative approach to the analysis of conflict in the traffic flow</b>..... 86</p> <p>D.A. Konovalova, O.Yu. Bulatova <b>Traffic accidents reduction strategy by implementing intelligent transportation systems</b>..... 93</p>
<p><i>Person in charge for publication:</i> <b>I.V. Akimochkina</b></p>	<h3>Ecological Problems</h3> <p>A.G. Shevtsova, V.V. Vasilyeva <b>Evaluating the environmental performance of transportation flows under changing management plans</b>..... 101</p>
<p><i>Editorial Board Address:</i> 302030, Russia, Orel, Orel Region, Moskovskaya str., 77 Tel. +7 (905)8566556 <a href="https://oreluniver.ru/science/journal/mtitm">https://oreluniver.ru/science/journal/mtitm</a> E-mail: <a href="mailto:srmostu@mail.ru">srmostu@mail.ru</a></p>	<h3>Education and Personnel</h3> <p>L.E. Kushchenko, S.V. Kushchenko, L.A. Koroleva, D.I. Lapshina <b>Features of driver training in various countries of the world</b>..... 108</p> <p>M.V. Vlasova, N.A. Baturina, L.A. Pashkevich <b>Assessment of the competitiveness of a transport and logistics company</b>..... 115</p> <p>M.A. Tumanov, A.G. Shevtsova, N.S. Lubimyi, N.A. Shchetinin <b>Improving the quality of railway transport customer service with the use of intelligent systems</b>..... 124</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-ru.ru">www.pressa-ru.ru</a> <a href="http://www.akc.ru">www.akc.ru</a></p>	<h3>Economics and Management</h3> <p>N.V. Kurganova, A.A. Sazonov <b>Experience in the organization and management of multimodal transport: transportation by road</b>..... 132</p>
<p>© Registration. Orel State University, 2023</p>	

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

Научная статья

УДК 629.33.05, 621.85

doi:10.33979/2073-7432-2023-3-1(82)-3-11

В.В. ЛЯНДЕНБУРСКИЙ, А.С. ИВАНОВ, Н.И. СЕРГЕЕВ

## **ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ГИДРОСИСТЕМЫ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН**

***Аннотация.** В статье рассмотрены метод обеспечения контроля гидроагрегатов по контрольным точкам гидропривода во время переходных процессов. Предложена уточнённая математическая модель процессов изменения давления в замкнутых полостях гидроприводов в зависимости от технического состояния гидропривода и гидрораспределителя. Приведен прибор, разработанный на базе электронных плат Arduino, который позволяет представить мастеру-диагносту необходимый объем информации о диагностических параметрах на мониторе для подготовки заключения по техническому состоянию элементов гидросистемы.*

***Ключевые слова:** гидравлические приводы, прибор для диагностирования гидросистемы, метод переходных процессов, среда программирования Arduino*

### **Введение**

Гидросистемы являются неотъемлемой частью многих технических объектов, в том числе и транспортно-технологических машин. Его применяют для передачи энергии рабочим органам в качестве исполнительных систем управления машинами и технологическим оборудованием [2-4, 21].

Для увеличения эффективности сложных и дорогостоящих технических систем, к которым относятся гидравлические приводы, применяемые в различных отраслях экономики государства необходимо не только совершенствовать критерии назначения, но и обеспечивать увеличение безотказности, срока службы, возможности реализации ремонта, а также комплексных показателей надежности данных систем [9, 10, 13, 14].

При эксплуатации рабочих машин это возможно осуществить путем расширения номенклатуры способов и устройств технического диагностирования для получения максимально точной информации о техническом состоянии гидроприводов. Что обеспечит возможность управления их техническим состоянием при помощи методов прогнозирования и своевременного устранения отказов и неисправностей.

Для сложных систем, которыми являются современные гидравлические приводы, очень важна разработка технологий контроля состояния рабочих элементов гидропривода и выявления неисправностей агрегатов гидросистем, дающие возможность повышения технологической дисциплины при увеличении работоспособности гидроприводов [1, 3, 15, 20].

Применяемые способы и средства должны обеспечивать низкую погрешность диагностирования и в то же время сокращением продолжительности выполнения операций измерения количественных значений параметров технического состояния с последующей обработкой и анализом результатов.

### **Материал и методы**

Одним из методов контроля технического состояния гидроагрегатов является метод переходных процессов, основанный на регистрации и анализе осциллограмм изменения давления в контрольных точках гидропривода во время переходных процессов. Сравнив полученную осциллограмму с эталонной, или измеренные показатели с нормативами можно оценить техническое состояние элементов гидросистемы [5, 6, 10, 14, 15].

Повысить эффективность этого метода можно с помощью электронного прибора оснащенного накладным датчиком для фиксации изменения давления в полостях гидросистемы.

Среди большого разнообразия диагностических приборов высокой технологичностью обладают приборы, разработанные на базе электронных плат Arduino.

Использование аналоговых датчиков для регистрации давления приводит к повышению сложности, к увеличению стоимости приборов или снижению точности измерений.

Предлагаемое устройство состоит из быстроразъемного корпуса с размещенным в нем высокочувствительным резисторным датчиком силы (рис. 1 а). Корпус накладного датчика закрепляется на трубопроводе высокого давления, соединяющего распределитель и рабочий цилиндр гидросистемы.

Гибкий тензодатчик давления изготовлен из ультратонкой пленки с высокими механическими свойствами из наноматериалов с высокой чувствительностью к давлению, которая наклеена на консоль стальной фигурной пластины.

При воздействии внешнего давления на поверхность консоли с датчиком его проводимость изменяется пропорционально давлению на датчик. Это изменение проводимости преобразуется в выходной электрический сигнал в виде осциллограммы изменения напряжения с помощью электронной платы (НХ-711) (рис. 1 б).

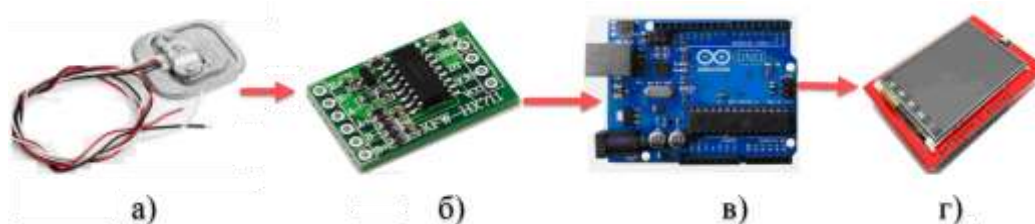


Рисунок 1 – Состав прибора для диагностирования гидросистемы

Для адекватного преобразования сигнала от датчика наиболее просто использовать аппаратно-программное средство Arduino (рис. 1 в), программная часть которого состоит из программной интегрированной среды для подготовки программ (скетчей), а аппаратная часть представляет собой смонтированную плату с электронными элементами.

Указанная плата также имеет встроенную кнопку перезапуска работы и карту памяти SD, что существенно расширяет возможности управления устройством.

В приборе используется модель Arduino Mega 2560, с которой полностью совместим TFT-монитор 2.4. Их соединение разъемное, штекерное, не требующее пайки контактов.

Для взаимодействия элементов устройства (датчика давления, модуля вывода информации TFT 2.4) с микроконтроллером (аппаратным средством Arduino) используется среда программирования Arduino IDE, которая позволяет подготовить, откомпилировать и установить в программную часть Arduino специальные программы (скетчи).

### Теория

Изменение давления в полости высокого давления гидроцилиндра после выдвижения штока с поршнем в крайнее положение в гидроцилиндре и повышения давления до начального значения  $P_{10}$  определяется зависимостью [7, 8, 10-13, 16]

$$P_1(t) = P_{10} \cdot e^{-\frac{t}{T_1}}, \quad (1)$$

где  $P_{10}$  - давление в полости высокого давления гидроцилиндра после образования замкнутого контура, МПа,  $P_{10}=15$  МПа;

$T_1$  – постоянная времени полости высокого давления гидроцилиндра, с.

$$T_1 = \frac{V_1 \cdot P_{10}}{E_1 \cdot (q_u + q_z) \cdot C}, \quad (2)$$

где  $V_1$  – объем полости высокого давления замкнутого контура, включающего полости высокого давления гидроцилиндров Ц90х220, полости трубопровода и гидрораспределителя, ограниченной золотником  $\text{м}^3$ ;

$E_1$  - модуль упругости рабочей жидкости при рабочем давлении, МПа  $E_1=1500$  МПа;

$q_{ц}$ ,  $q_3$  - внутренние утечки через золотник гидрораспределителя и уплотнение поршня гидроцилиндра при рабочем давлении,  $\text{см}^3/\text{мин}$ ;

$C$  - переводной коэффициент  $\text{см}^3/\text{мин}$  в  $\text{м}^3/\text{с}$ .

Возникновение внутренних утечек рабочей жидкости через уплотнение поршня гидроцилиндра приводит к повышению давления в контуре низкого давления, образуемого после перевода золотника в нейтральное положение и зависит от текущего давления в контуре высокого давления

$$P_2(t) = P_1(t) \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{T_2}}\right), \quad (3)$$

где  $T_2$  – постоянная времени полости низкого давления гидроцилиндра, с

$$T_2 = \frac{V_2 \cdot P_{20}}{E_2 \cdot q_{ц} \cdot C}, \quad (4)$$

где  $V_2$  – объем полости низкого давления замкнутого контура, включающего полость низкого давления гидроцилиндра, полости трубопровода и гидрораспределителя, ограниченную золотником,  $\text{м}^3$  (Рисунок 2);

$P_{20}$  - давление в полости низкого давления гидроцилиндра после образования замкнутого контура, МПа,  $P_{20}=0.2$  МПа

$E_2$  - модуль упругости рабочей жидкости при низком давлении, МПа,  $E_2=50$  МПа ;

$q_{ц}$  - внутренние утечки через золотник гидрораспределителя и уплотнение поршня гидроцилиндра при рабочем давлении,  $\text{см}^3/\text{мин}$ .

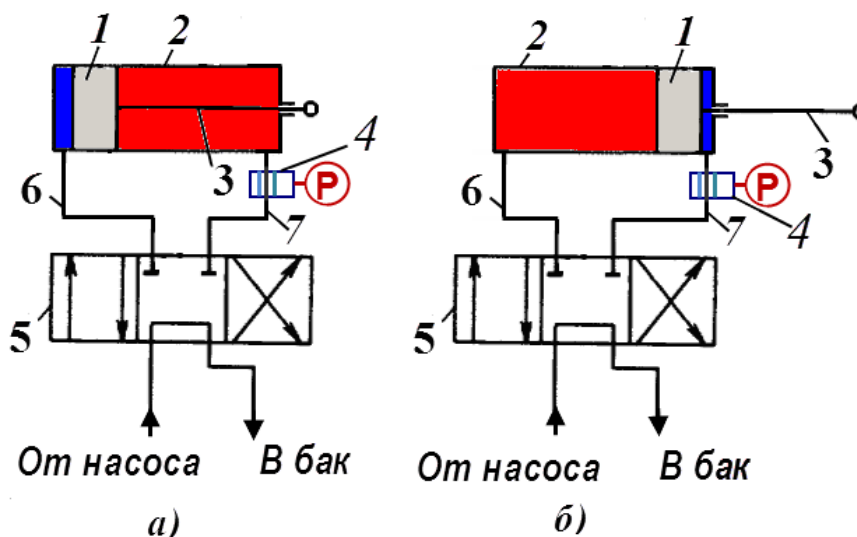


Рисунок 2 – Схемы положений поршня гидроцилиндра при измерении снижения давления  $P_1(t)$  в штоковой полости (а) и измерении повышении давления  $P_2(t)$  в штоковой полости гидроцилиндра

Так как замкнутая полость высокого давления в гидроцилиндре может возникнуть и в бесштоковой полости, в конце процесса выхода штока из цилиндра, определяем зависимость изменения давления в этой полости.

$$P_{1h}(t) = P_{10} \cdot e^{-\frac{t}{T_{1h}}}; \quad (5)$$

$$T_{h1} = \frac{V_{1h} \cdot P_{10}}{E_1 \cdot (q_{ц} + q_3) \cdot C}. \quad (6)$$

Возникновение внутренних утечек рабочей жидкости через уплотнение поршня гидроцилиндра из бесштоковой полости в штоковую приводит к повышению давления в контуре низкого давления, образующегося после перевода золотника в нейтральное положение, зависит от текущего давления в контуре высокого давления

$$P_{2h}(t) = P_{1h}(t) \cdot (1 - e^{-\frac{t}{T_2}}) . \quad (7)$$

Представленные зависимости теоретически описывают процессы изменения давления в замкнутых полостях гидроприводов в зависимости от технического состояния гидропривода и гидрораспределителя.

В процессе подготовки математических моделей сделаны следующие допущения: модуль упругости рабочей жидкости при низком давлении принят постоянным при усредненном давлении в этой полости, так же утечки из полости низкого давления приняты весьма незначительными и равными нулю.

### Результаты и обсуждение

Существующие технические решения не позволяют определять техническое состояние поршня гидроцилиндра и золотника гидрораспределителя без их снятия [6, 17, 19, 20]. Поэтому с целью расширения функциональных возможностей путем диагностирования исполнительного механизма и распределительной аппаратуры необходимо контролировать давление в штоковой полости гидроцилиндра, применяя разработанный прибор для диагностирования гидросистем.

Тензорезистивный датчик в основе своей конструкции имеет тонкоплёночные резисторы, которые изменяют своё сопротивление при деформации, в которых резисторы объединены в полумост, подключаются между собой, чтобы образовать полный мост и, затем, подключаются к АЦП, которая фиксирует изменения значений резисторов. Используемый в приборе тензодатчик полумостового типа с контролем силы до 450 н.

На выходе из датчика имеются три провода (рис. 3): красный провод (E+), (чёрный провод (E-), белый провод (A+). С помощью их тензодатчик подключается к микросхеме НХ-711.

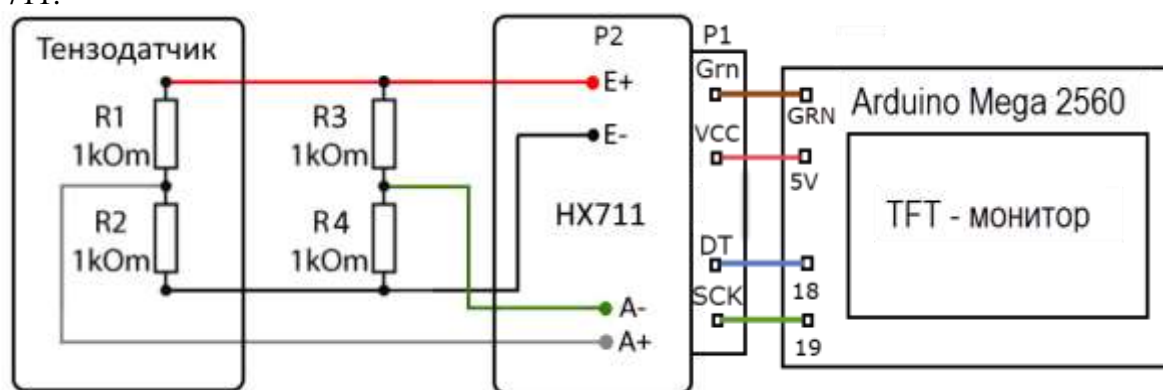


Рисунок 3 - Схема электронной части прибора

Показания тензодатчиков зависят от температуры окружающей среды поэтому при разных температурах показания могут отличаться, что требует использования встроенных датчиков температуры в прибор для автоматической коррекции показаний или применения таблицы зависимости поправочных коэффициентов от температуры.

Для тензоизмерителей силы или давления применяется микросхема НХ-711, позволяющая создать устройства для регистрации изменения давления в трубопроводе высокого давления гидросистемы. Эта микросхема снимает реакцию датчика на оказываемое на него воздействие, а затем передает показания с высокой точностью на плату Arduino MEGA 2560.

Микросхема НХ711 производится компанией «Avia Semiconductors» и представляет собой аналого-цифровой преобразователь (АЦП) с частотой дискретизации 24 бита и встроенным операционным усилителем. Микросхема НХ711 позволяет с высокой точностью получать показания веса или давления, оказываемого на тензодатчик.



Мультиплексор позволяет выбрать один из двух доступных входных каналов. Канал А имеет программируемый выбор усиления, который может быть 64 или 128. Канал В работает с заданным коэффициентом усиления 32. Стабилизатор напряжения встроен в микросхему HX711, что позволяет работать без внешнего стабилизатора. Так же, на вход синхронизации может подаваться любой импульсный сигнал от внешнего источника, однако АЦП позволяет работать от встроенного генератора.

Максимальная частота измерений платы составляет 80 Гц. Напряжение питания: 5В при потребляемом токе до 10 мА.

Микросхема имеет каналы А и В считывания показания счётчика. Канал А имеет возможность выбора коэффициента усиления: 64 или 128. Канал В имеет фиксированный коэффициент усиления, равный 32.

На плате HX711 имеются разъемы P1 и P2 с контактами: разъем P1 (GND - земля; VCC - питание 5В; DT, SCK – информационные выводы), разъем P2 (Е–, Е+ - питание тензорного моста; А–, А+ - подключение канала А; В–, В+ - подключение канала В).

Выводы разъема P1 микросхемы HX711 подсоединены к выводам Arduino MEGA 2560 (GND к GND, VCC к 5V, DT к TX1(18), SCK к RX1(19)).

Arduino Mega 2560 построена на микроконтроллере ATmega2560, имеет 54 цифровых контакта, 16 аналоговых входов, большее количество аппаратных serial-портов - 4 последовательных порта UART, кварцевый генератор 16 МГц, USB коннектор, разъем питания, разъем ICSP и кнопка перезагрузки.

Для работы с Arduino Mega 2560 необходимо подключить платформу к компьютеру посредством кабеля USB или подать питание при помощи трансформатора или аккумуляторной батареи.

Для визуализации процесса изменения давления в прибор включен жидкокристаллический модуль TFT 2,4 (TFT ЖК-экран UNO R3 и плата ЖК-дисплея) используются для отображения информации получаемого от аппаратного средства Arduino.

Наиболее рациональным путем разработки приборов для контроля технического состояния гидроагрегатов является цифровизация процесса диагностирования с помощью многочисленных модулей микропроцессорных плат «Arduino» (рис. 1 в), позволяющая на стадии измерения данных рассчитывать производные контролируемых параметров.

Первичными компонентами диагностического прибора являются разнообразные тензодатчики давления (рис. 1 а), сигнал с которых рекомендуется передавать через микроконтроллер, например HX-711 (2.1, б), на контакты питания (5v и GND) одной из моделей микропроцессорной платы Arduino (UNO, Nano, Mega) (2.1, в) [17].

Наиболее рациональным является выбор платы Ардуино Мега 2560, которая обладает значительным количеством входных цифровых контактов (пинов), а также достаточно большим объемом оперативной памяти для создания скетчей.

Цветной сенсорный TFT-дисплей 320×240 / 2,8” (рис. 1 г), приспособлен для соединения с контактами платы Arduino Mega 2560, что существенно облегчает общую компоновку диагностического прибора.

Для вывода сигнала с тензодатчика (рис. 1 а) на указанный монитор (г) необходима подготовка минипрограммы – скетча, которая формируется с помощью интегрированной среды разработки Arduino IDE, содержащей текстовый редактор для подготовки кода, панель сообщений, элементы управления.

Данная среда подключается к аппаратному обеспечению Arduino для загрузки программ и взаимодействия с ними. Программирование в Arduino IDE выполняется с помощью встроенного усеченного языка программирования СИ++ и библиотек микроконтроллера HX-711 и монитора TFT. Затем создаются необходимые переменные давления, времени и инициализируется монитор.

При создании скетча обязательным является указание контактов платы, на которые будут подаваться значения этих переменных от контроллера HX-711. Например, выход DT контроллера HX-711 соединяется с цифровым входом платы Ардуино 18 (#define DT 18).

В функции Setup скетча инициализируется работа с тензодатчиком (davlenie.begin(DT, SCK)), подбирается и устанавливается калибровочный коэффициент под конкретный датчик, необходимый для вывода на экран реальных значений измеряемого давления (рис. 4). В заключение формируется рабочий вид дисплея: предварительно дисплей очищается от информации, выведенной на него ранее (myGLCD.clrScr()), затем заносятся поясняющие надписи и сетка графика со шкалами.

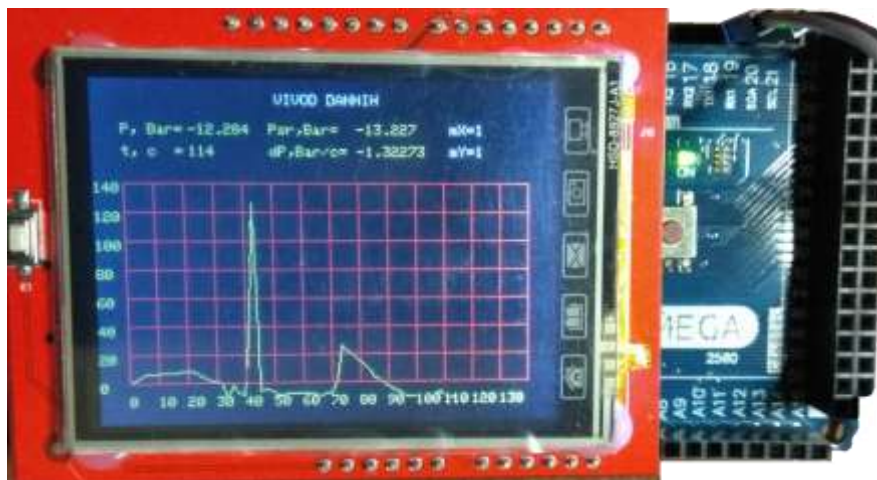


Рисунок 4 - Монитор для вывода показаний давления с тензодатчика

В функции Loop скетча организовано выполнение действий связанных с измерением и выводом значений давления через период времени заданный разработчиком, с помощью масштаба оси X графика (mx). Текущее время определяется с каждым в момент определения давления ( $t = \text{round}(\text{millis()} * \text{mx} / 1000)$ ).



Рисунок 5 - Общий вид накладного датчика

датчик 4, и замыкающим 10.

С помощью пластины 11 и гаек 13, происходит крепление накладного датчика на трубопроводе. Усилие первоначального прижима ползунов 7, 10 к трубопроводу и тензодатчику 4 может меняться с помощью регулировочного винта 12.

Тензодатчик 4 крепится в верхней части интегратора 3, представляющего собой сварную конструкцию, с помощью прокладки 2 и прижимной пластины 1, четырьмя винтами.

Значение давления с тензодатчика снимается и пересчитывается с учетом масштаба оси Y (my) ( $p = \text{davlenie.get\_units()} * \text{my}$ ). Текущие значения времени и давления выводятся на монитор в числовом виде.

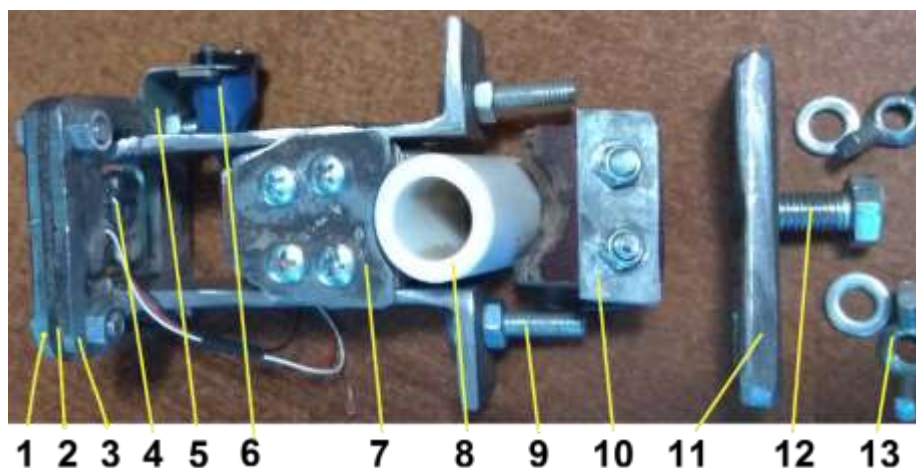
Дополнительно к текущим значениям предусмотрен расчет и вывод на монитор среднего давления и скорости изменения давления за период равный 10 с.

Для полноценной реализации возможностей тензодатчика, передающего сигнал на Ардуино и последующей обработки данных о изменении давления в полостях гидросистемы, подготовлена конструкция корпуса для тензодатчика (рис. 5).

Данное устройство крепится к трубопроводу высокого давления с целью регистрации повышении или снижении давления в гидросистеме, приводящего к изменению диаметра трубопровода.

Устройство представляет собой разборную конструкцию, охватывающую трубопровод 8 двумя ползунами: нажимным 7 (рис. 6), воздействующим на тензо-





**Рисунок 6 – Конструкция накладного датчика:** 1-фиксирующая пластина датчика, 2- прокладка, 3 – интегратор, 4 – тензодатчик, 5 – кронштейн электроразъема, 6 – электроразъем накладного датчика, 7- ползун нажимной, 8 – трубопровод гидросистемы, 9 – шпилька, 10 – замыкающий ползун, 11- прижимная пластина, 12 - регулировочный винт, 13 - фиксатор прижимной пластины

Три вывода датчика 4 подсоединены к разъему 6, прикрепленного к корпусу при помощи кронштейна 5. При использовании накладного датчика к разъему 6 подсоединяется провод, соединяющий его с электронной частью прибора (рис. 6).

Визуализация изменения давления представлена на графике (рис. 4), что наглядно показывает процесс повышения или снижения давления в полостях гидросистемы. При необходимости можно запрограммировать вывод на монитор эталонной осциллограммы давления, соответствующей номинальному состоянию диагностируемого гидроагрегата для сравнения ее с реальной осциллограммой, что позволит регистрировать процесс измерения давления в трубопроводах гидропривода отцифровывать и выводить его на монитор для анализа мастером диагностом.

### **Выводы**

Таким образом, разработанный прибор для диагностирования гидросистемы транспортно-технологических средств позволяет представить мастеру-диагносту необходимый объем информации о диагностических параметрах на мониторе для подготовки заключения по техническому состоянию элементов гидросистемы. С использованием замкнутого контура гидросистемы определяются внутренние утечки соответствующие номинальной и предельно-допустимой скорости падения давления.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Makarova I., Shubenkova K., Mukhametdinov E. Selection of the Method to Predict Vehicle Operation Reliability // Lecture Notes in Networks and Systems. – 2020. – Vol. 117. – P. 316-328.
2. Абрамов Е.Н., Колесниченко К.А., Маслов В.Т. Элементы гидропривода: Справочник – Киев: Техника, 1977. – 320 с.
3. Алексеева Т.В., Бабанская В.Д., Башта Т.М. Техническая диагностика гидравлических приводов. - Москва: Машиностроение. - 1989. – 264 с.
4. Ананьин А.Д., Михлин В.М., Габитов И.И. и др. Диагностика и техническое обслуживание машин; учебник для студентов высш. учеб. заведений. – Москва: Академия, 2008. – 432 с.
5. Ануриев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя / под ред. И.Н. Житковой. - В 3 т. - Т.1. - Изд. 9-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2006. - 927 с.
6. Бельских В.И. Справочник по техническому обслуживанию и диагностированию тракторов. - М.: Россельхозиздат, 1979. – 416 с.
7. Бондаренко Е.В., Фаскиев Р.С. Основы проектирования и эксплуатации технологического оборудования: Учебник. – М.: ИЦ «Академия», 2011. – 304 с.
8. ГОСТ 18464-96. Гидроприводы объемные. Гидроцилиндры. Правила приемки и методы испытаний. - М.: Стандартинформ, 2006. – С. 12.
9. Иванов А.С., Лянденбургский В.В., Иванов В.А. Технологические процессы технического обслуживания и ремонта. – Пенза: РИО ПГАУ, 2018. – 170 с

10. Иванов А.С. Основы теории надежности и диагностика: Учебное пособие. - Пенза: РИО ПГСХА, 2011. - 308 с.
11. Иноземцев А.Н., Трушин Н.Н. Гидравлика. Основы проектирования и расчета объемного гидравлического привода: учеб. пособие. – Тула: ТулГУ, 2009. – 224 с.
12. Кузнецов Е.С. Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник / Под ред. Е.С. Кузнецова. – Москва: Наука, 2001. – 535 с.
13. Лянденбургский В.В., Рыбачков А.В., Иванов А.С. Основы проектирования и эксплуатации технологического оборудования. - Пенза: ПГУАС, 2012. - 200 с.
14. Лянденбургский В.В., Родионов Ю.В., Долганов И.Е. Макетный образец встроенной системы диагностирования трансмиссии автомобиля // Автотранспортное предприятие. – 2016. – №2. – С. 43-47.
15. Лянденбургский В.В., Иванов А.С., Родионов Ю.В., Кравченко Е.В. Виртуальное диагностирование топливной системы дизельного двигателя // Мир транспорта и технологических машин. – 2012. – №4. – С. 3-8.
16. Лянденбургский В.В., Иванов А.С., Экимов П.М., Кухмазов К.З. Контроль технического состояния автоматической коробки передач // Нива Поволжья. - 2019. - №4(53). - С. 121-128.
17. Механизация строительства. Организация диагностирования строительных и дорожных машин. Диагностирование гидроприводов. МДС 12-20-2004. – Москва. - 2004. - 38 с.
18. Морозов А.Х. Техническая диагностика в сельском хозяйстве. - М.: Колос, 1979. - С. 155.
19. Нагорный В.С. Средства автоматики гидро- и пневмосистем: учебное пособие. - М.: Лань, 2014. – 448 с.
20. Сарбаев В.И., Селиванов С.С., Коноплев В.Н. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: механизация и экологическая безопасность производственных процессов. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2004. – 448 с.
21. Харазов А.М. Технологическая диагностика гидроприводов машин. – М.: Машиностроение, 1979. – 112 с.

**Лянденбургский Владимир Владимирович**

Пензенский государственный аграрный университет  
Адрес: 440014, Россия, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30  
Д.т.н., проф. кафедры «Технический сервис машин»  
E-mail: lvv689@yandex.ru

**Сергеев Никита Ильич**

Пензенский государственный аграрный университет  
Адрес: 440014, Россия, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30  
Аспирант  
E-mail: 3050577@mail.ru

**Иванов Александр Семенович**

Пензенский государственный аграрный университет  
Адрес: 440014, Россия, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30  
К.т.н., доцент кафедры «Технический сервис машин»  
E-mail: Ivanov.a.s@pgau.ru

---

V.V. LYANDENBURSKY, A.S. IVANOV, N.I. SERGEEV

## DIAGNOSTICS OF THE HYDRO SYSTEM OF TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL MACHINES

**Abstract.** *The article considers a method for ensuring the control of hydraulic units by control points of the hydraulic drive during transients. A refined mathematical model of the processes of pressure change in closed cavities of hydraulic drives depending on the technical condition of the hydraulic drive and hydraulic distributor is proposed. A device developed on the basis of Arduino electronic boards is presented, which allows the master diagnostician to present the necessary amount of information about the diagnostic parameters on the monitor to prepare a conclusion on the technical condition of the hydraulic system elements.*

**Keywords:** *hydraulic drives, hydraulic system diagnostic device, transient method, Arduino programming environment*

### BIBLIOGRAPHY

1. Makarova I., Shubenkova K., Mukhametdinov E. Selection of the Method to Predict Vehicle Operation Reliability // Lecture Notes in Networks and Systems. - 2020. - Vol. 117. - P. 316-328.
2. Abramov E.N., Kolesnichenko K.A., Maslov V.T. Elementy gidroprivoda: Spravochnik - Kiev: Tekhnika, 1977. - 320 s.
3. Alekseeva T.V., Babanskaya V.D., Bashta T.M. Tekhnicheskaya diagnostika gidravlicheskih privodov. - Moskva: Mashinostroenie. - 1989. - 264 s.
4. Anan'in A.D., Mikhlin V.M., Gabitov I.I. i dr. Diagnostika i tekhnicheskoe obsluzhivanie mashin; uchebnyk dlya studentov vyssh. ucheb. zavedeniy. - Moskva: Akademiya, 2008. - 432 s.
5. Anur'ev V.I. Spravochnik konstruktora-mashinostroitelya / pod red. I.N. Zhitkovoy. - V 3 t. - T.1. - Izd. 9-e, pererab. i dop. - M.: Mashinostroenie, 2006. - 927 s.

6. Bel'skikh V.I. Spravochnik po tekhnicheskomu obsluzhivaniyu i diagnostirovaniyu traktorov. - M.: Ros-sel'khozizdat, 1979. - 416 s.
7. Bondarenko E.V., Faskiev R.S. Osnovy proektirovaniya i ekspluatatsii tekhnologicheskogo oborudovaniya: Uchebnik. - M.: ITS «Akademiya», 2011. - 304 s.
8. GOST 18464-96. Hidroprivody ob"emnye. Gidrotsilindry. Pravila priemki i metody ispytaniy. - M.: Standartinform, 2006. - S. 12.
9. Ivanov A.S., Lyandenburskiy V.V., Ivanov V.A. Tekhnologicheskie protsessy tekhnicheskogo obslu-zhivaniya i remonta. - Penza: RIO PGAU, 2018. - 170 s
10. Ivanov A.S. Osnovy teorii nadezhnosti i diagnostika: Uchebnoe posobie. - Penza: RIO PGSHA, 2011. - 308 s.
11. Inozemtsev A.N., Trushin N.N. Gidravlika. Osnovy proektirovaniya i rascheta ob"emnogo gidravlich-eskogo privoda: ucheb. posobie. - Tula: TulGU, 2009. - 224 s.
12. Kuznetsov E.S. Tekhnicheskaya ekspluatatsiya avtomobiley: Uchebnik / Pod red. E.S. Kuznetsova. - Mos-kva: Nauka, 2001. - 535 s.
13. Lyandenburskiy V.V., Rybachkov A.V., Ivanov A.S. Osnovy proektirovaniya i ekspluatatsii tekhnolo-gicheskogo oborudovaniya. - Penza: PGUAS, 2012. - 200 s.
14. Lyandenburskiy V.V., Rodionov Yu.V., Dolganov I.E. Maketnyy obrazets vstroennoy sistemy diagno-stirovaniya transmissii avtomobilya // Avtotransportnoe predpriyatie. - 2016. - №2. - S. 43-47.
15. Lyandenburskiy V.V., Ivanov A.S., Rodionov Yu.V., Kravchenko E.V. Virtual'noe diagnostirovanie top-livnoy sistemy dizel'nogo dvigatelya // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2012. - №4. - S. 3-8.
16. Lyandenburskiy V.V., Ivanov A.S., Ekimov P.M., Kukhmazov K.Z. Kontrol' tekhnicheskogo sostoyaniya avtomaticheskoy korobki peredach // Niva Povolzh'ya. - 2019. - №4(53). - S. 121-128.
17. Mekhanizatsiya stroitel'stva. Organizatsiya diagnostirovaniya stroitel'nykh i dorozhnykh mashin. Diag-nostirovanie gidroprivodov. MDS 12-20-2004. - Moskva. - 2004. - 38 c.
18. Morozov A.H. Tekhnicheskaya diagnostika v sel'skom khozyaystve. - M.: Kolos, 1979. - S. 155.
19. Nagornyy V.S. Sredstva avtomatiki gidro- i pnevmosistem: uchebnoe posobie. - M.: Lan', 2014. - 448 s.
20. Sarbaev V.I., Selivanov S.S., Konoplev V.N. Tekhnicheskoe obsluzhivanie i remont avtomobiley: mekhan-izatsiya i ekologicheskaya bezopasnost' proizvodstvennykh protsessov. - Rostov-na-Donu: Feniks, 2004. - 448 s.
21. Harazov A.M. Tekhnologicheskaya diagnostika gidroprivodov mashin. - M.: Mashinostroenie, 1979. - 112 s.

**Lyandenburskii Vladimir Vladimirovich**

Penza State Agrarian University

Address: 440014, Russia, Penza, Botanicheskaya str., 30

Doctor of technical sciences

E-mail: lvv689@yandex.ru

**Ivanov Alexander Semenovich**

Penza State Agrarian University

Address: 440014, Russia, Penza, Botanicheskaya str., 30

Candidate of technical sciences

E-mail: Ivanov.a.s@pgau.ru

**Sergeev Nikita Ilyich**

Penza State Agrarian University

Address: 440014, Russia, Penza, Botanicheskaya str., 30

Postgraduate student

E-mail: 3050577@mail.ru

Научная статья

УДК 621.431.73

doi:10.33979/2073-7432-2023-3-1(82)-12-20

Е.Д. КАЛИНИН, А.Д. КУСТИКОВ, М.Г. КОРЧАЖКИН

## КОРРЕКТИРОВАНИЕ ПЕРИОДИЧНОСТИ ОБСЛУЖИВАНИЙ РОБОТИЗИРОВАННЫХ КОРОБОК ПЕРЕДАЧ DSG DQ381 ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

***Аннотация.** Проведены исследования по работе РКПП DSG DQ381, установленных на легковых автомобилях, во время эксплуатации в городских заторах. Установлены особенности их работы, причины отказов. Разработаны рекомендации по уменьшению периодичности отказов. Перечень мероприятий, указанный в работе, позволят снизить количество отказов на 33%.*

***Ключевые слова:** роботизированная коробка передач (РКПП), городские условия, отказ, периодичность обслуживания*

### **Введение**

Множество крупных населенных пунктов на территории Российской Федерации имеют трудности по режимам движения (пробки, загрязненность, пыльность). При этом, технологический прогресс не стоит на месте, отрасль автомобилестроения продолжает развиваться. Определяющими факторами развития можно выделить экологию, экономичность, усложнение электронных систем контроля и безопасности движения. В связи с этим, продолжается развитие роботизированных коробок передач (РКПП), т.к. трансмиссия является современной, экономной и экологичной. Использование таких сложных конструктивных агрегатов требует своевременного технического обслуживания и контроля исправности работы [1-8].

При этом дилерские предприятия, на чьем контроле находятся техническое обслуживание (ТО) и ремонт данных автомобилей, пользуются заводскими руководствами по эксплуатации АТС. Заводская система ТО не учитывает всех особенностей эксплуатации транспортных средств в тяжелых городских условиях: автомобиль одной модели и марки может эксплуатироваться как в тяжелых городских условиях с асфальтобетонным покрытием, так и в сельской местности, а перечень и периодичность регламентных работ одинаковые, что не является корректным [9-14].

Поэтому актуальными являются исследования и обоснования причин снижения безотказности РКПП DSG DQ381, эксплуатирующихся в тяжелых городских условиях, а также разработка мероприятий по снижению количества отказов и достижению экономического эффекта.

При проведении в НГТУ научно-практических работ [15, 16] было доказано, что снижение качества трансмиссионного масла при эксплуатации в городских условиях является причиной снижения безотказности коробок передач. В связи с этим можно предположить, что причиной отказов также является изменение характеристик трансмиссионного масла из-за изменения режимов его работы в городских условиях и требуется корректировка перечня и периодичностей обслуживания трансмиссий [15-20].

Результаты данной работы имеют практическую ценность для транспортных предприятий, а также используются в учебном процессе при подготовке специалистов на кафедре «Автомобильный транспорт» НГТУ им. Р.Е.Алексеева.

**Цель работы** - разработка эксплуатационных и ремонтно-технологических мероприятий и выработка рекомендаций по повышению безотказности роботизированных коробок передач DSG DQ381, работающих в тяжелых городских условиях.

Достижение поставленной цели позволит снизить затраты потребителей и дилерских предприятий на эксплуатацию автомобиля.

### Материал и методы

Объектом исследования являются роботизированные коробки передач DSG DQ381 легковых автомобилей (рис. 1, 2): седанов Volkswagen Passat B8 выполняющих личные задачи владельца по перевозке людей и грузов на городских маршрутах.



Рисунок 1 - Устройство РКПП DSG

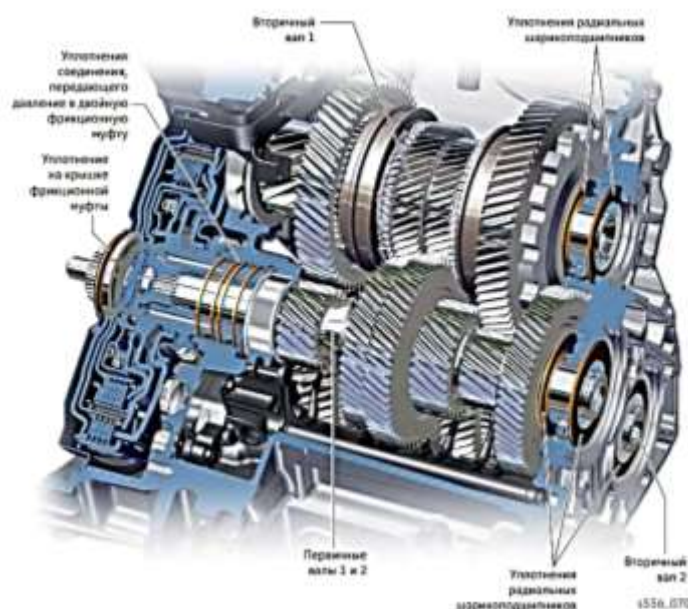


Рисунок 2 - РКПП в разрезе

### Анализ причин отказов роботизированных коробок передач DSG

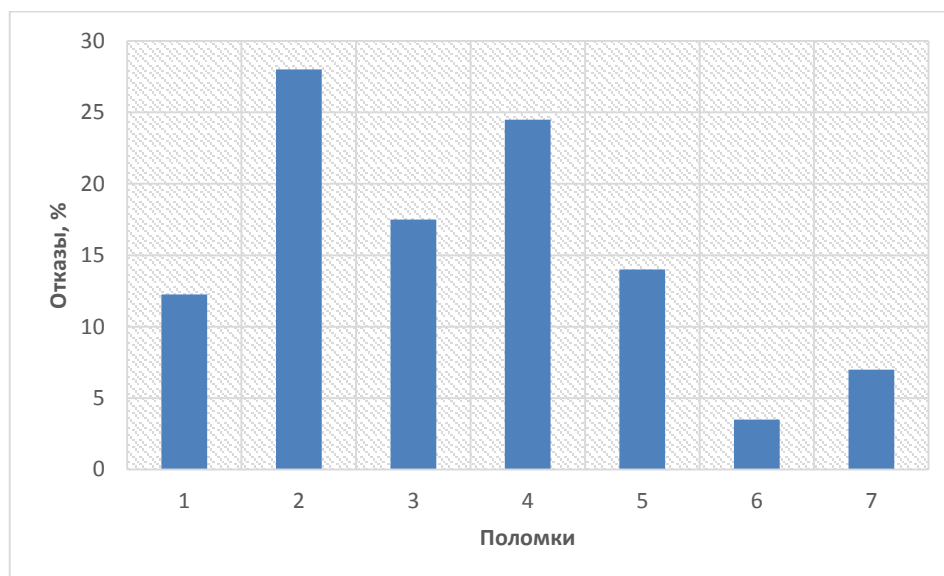
При эксплуатации 10 легковых автомобилей в условиях движения по городу Нижний Новгород (II категория условий эксплуатации, среднесуточная температура на момент проведения исследований 4° С) зарегистрировано значительное увеличение количества отказов РКПП DSG DQ381 по сравнению с эксплуатацией на дорогах первой категории и трассовых пробегах.

По регламенту официального дилера, при обслуживании РКПП в рамках ТО, проверяется уровень масла (каждое ТО), осмотр корпуса КПП на наличие не герметичности уплотнений (каждое ТО), производится проверка уровня масла и доливка при необходимости (ТО-4 60.000 км, ТО-8 120.000 км), замена масла в КПП и мехатронике (ТО-8 120.000 км).

Отличием городской эксплуатации является небольшая средняя скорость (13-25 км/ч), постоянная работа на повышенной температуре и частые переключения передач, особенно при движении в условиях заторов. Для проведения анализа отказов РКПП DSG DQ381 была



выполнена выборка по системам. По полученным результатам построена диаграмма распределения отказов, показанная на рисунке 3.



**Рисунок 3 - Диаграмма распределения отказов РКПП DSG DQ381 при эксплуатации автомобилей в городских условиях:** 1 – неисправленные ошибки и сбои предыдущих (неактуальных) версий программного обеспечения (12,25 %); 2 – износ пакета сцеплений (28%); 3 – износ радиальных пружин маховика (17,5%); 4 – запотевание клапана сапуна (24,5%); 5 - неисправность платы мехатроники (14%); 6 – неисправность датчика давления сцепления на электронной плате мехатроники (3,5%); 7 – неисправный промежуточный клапан масляных насосов (7%)

### Теория

На рисунке 3 приведено распределение отказов РКПП DSG DQ381, работающих в городских условиях Нижегородской области: дороги с I, II, III технической категорией, с дорожным покрытием: Д1 (цементобетон, асфальтобетон, брусчатка), рельеф местности Р1 - равнинный (до 200 метров над уровнем моря) Данным категориям дорог свойственны условия пробок и высокая загрязненность. Наибольшее число отказов выявлено на износ сцепления (28 %), запотевание сапуна (24,5 %) и износ радиальных пружин маховика (17,5 %). При этом, по дилерским наблюдениям, у автомобилей, которые эксплуатируются преимущественно по трассе, проблемы со сцеплением и отказы данного конструктивного узла, случаются гораздо реже.

Фрагменты описанных отказов продемонстрированы на рисунках 4-9.



**Рисунок 4 - Изношенный фрикционный слой диска сцепления**



**Рисунок 5 - Износ радиальных пружин маховика**



*Рисунок 6 - Масляное запотевание клапана сапуна*



*Рисунок 7 - Электронная плата мехатроники*



*Рисунок 8 - Круглые датчики давления сцепления на электронной плате маховика*



*Рисунок 9 - Промежуточный клапан масляных насосов коробки передач*

### Изменение свойств трансмиссионного масла

Фракционный и химический состав трансмиссионных масел при их реальной эксплуатации может изменяться в широких пределах под влиянием различных факторов: увеличением содержания в них механических примесей (в большей степени – продуктов, которые приводят к изнашиванию деталей); деструкция, выработка присадок, характер сырья; специфики технологии изготовления и т.д.

Трансмиссионное масло стареет, вырабатывая свой ресурс, преимущественно из-за окисления и преобразования углеводородных соединений. А также, износ механических частей трансмиссии добавляет в масло частицы, ухудшающие смазочные свойства и повышая уровень загрязнения.

Вода, попадая в масло из-за перепадов температур, оказывает сильное воздействие на ухудшение свойств масла. В итоге большая вероятность появления эмульсии, которая приводит к окислению масла и изменению структуры молекул. Это можно исправить, добавив присадку, чтобы предупредить образование центральной катализации и замедлить разложение еще чистой части масла. Чем быстрее заменить масло – тем лучше, во избежание последовательной реакции, скорость которой будет только увеличиваться.

Лаки и осадки (шламы) – отложения, которые зачастую появляются в КПП. Данные процессы наносят значительный вред состоянию зубчатых передач. Чем больше вязкость трансмиссионной жидкости, тем быстрее происходит износ механической части в зоне зацепления. При ухудшении отвода тепла и вентиляции, коррозия происходит значительно

быстрее. В связи с ускорением процессов старения масла и износа шестерен, может произойти преждевременный отказ мехатроники, электронных плат или пакета сцепления.

Если возрастают нагрузки на КПП (долгое движение на передаче в пробках без переключения), то количество вышеописанных дефектов значительно прогрессирует. Необходим качественный отвод тепла от работающей трансмиссии.

Количество образовавшегося лака напрямую зависит времени работы агрегата, температуры поверхности деталей, толщины масляной пленки и от типа применяемой трансмиссионной жидкости. Чем выше температура, тем быстрее происходит образование лака. Также, многое зависит от фракционного и химического состава масла, каталитического действия поверхности металла.

Шлам (осадки) являются смесью окисленных углеводородных соединений, эмульсии и продуктов износа механической части трансмиссии.

Появление осадков может быть связано с применяемыми смазочными материалами, техническими особенностями механической части КПП. Зависит это от режимов эксплуатации и условий (температурных и дорожных). Напрямую влияет то, какие нагрузки приходятся на коробку передач от различных режимов езды, выбранных водителем.

У автомобилей были взяты пробы трансмиссионного масла в РКПП DSG DQ381 на пробеге, соответствующем интервалу замены масла. По результатам проб выявлено снижение вязкости, увеличение доли механических примесей, а показатель совместимости с резиной УИМ-1 вышел за границы допустимого интервала 2 (табл. 1).

Таблица 1 – Статистические данные масла для КПП ATF G055529A2 на пробеге 120.000 километров в условиях затрудненного городского движения

Наименование	Показатели для нормирования	Реальные показатели (трассовая эксплуатация)	Фактические значения (затрудненная езда по городу)	Способ испытаний
Кинематическая вязкость при 100°C, мм <sup>2</sup> /с, (сСт)	От 14,00 до 16,00	14,70	13,97	ГОСТ 33
Массовая доля механических примесей, не более %	0,0300	0,0291	0,0378	ГОСТ 6370
Совместимость с резиной УИМ1 (по изменению объема), %	От 4,0 до 10,00	10,09	11,08	ГОСТ 9.03 ГОСТ 23652 п.5.9

### Результаты и обсуждение

Таким образом, был сделан вывод, что медленные движения в условиях заторов/пробок в городских условиях ведет к увеличению числа отказов роботизированных коробок передач DSG DQ381. Постоянные переключения передач и недостаточное охлаждение КПП в следствии малой скорости движения (недостаточный поток встречного воздуха для охлаждения КПП через теплообменник), а так же увеличение температуры масла КПП вследствие образования налета на рабочей поверхности. Из-за этого смазывающие свойства уменьшаются.

Все тепло, выделяемое при работе РКПП, должно передаваться через стенки окружающему воздуху [1, 10]. Следовательно, если работа КПП происходит без перегрева, то существует граница температуры окружающей среды и трансмиссионного масла:

$$\Delta t = t_m - t_b \leq [\Delta t], \quad (1)$$

где  $t_m$  – температура масла в РКПП, °C;

$t_b$  – температура окружающего воздуха, °C;

$[\Delta t]$  – допускаемый перепад температур между РКПП и окружающей средой.

Произведем вычисление реальной температуры трансмиссионной жидкости в роботизированной коробке передач (температура воздуха 30° C в дневные часы):

$$t_m = t_b + \frac{P(1-\eta)}{K_T S (1+\Psi)}, \quad (2)$$

где  $t_b$  – температура окружающего воздуха, °C;

$\eta$  – коэффициент полезного действия КПП (0,97 для конической передачи);

$P$  – мощность на хвостовике, кВт;

$K_t = 9 \dots 17$  Вт/(м<sup>2</sup>×°С) – коэффициент теплопередачи (9 для плохого охлаждения);

$S$  – площадь теплоотдающей поверхности корпуса коробки передач, м<sup>2</sup>;

$\Psi = 0,25 \dots 0,3$  – коэффициент, учитывающий отвод теплоты от корпуса КПП в металлическую плиту.

При проведении эксперимента выявлено, что городское движение, в основном, осуществляется на 2-ой передаче, при вращения коленвала 1500 оборотов в минуту (18 кВт). Произведя вычисления по формуле (2), получим температуру трансмиссионной жидкости 107° С. В свою очередь, разница температур в коробке передач с окружающей средой составит 103° С.

Полученные результаты показывают, что необходима корректировка периодичности ТО для улучшения работы КПП в нормальных температурных режимах. Для этого была организована подконтрольная эксплуатация и выявлено, что температура масла  $t_m$  в РКПП DSG DQ381 достигает 110° С. Эта температура является предельной для трансмиссионного масла ATF G055529A2.

#### Корректирование обслуживания РКПП

Чтобы определить наилучшую частоту замены масла в коробке передач, воспользуемся методом допустимого уровня безотказности. Максимальное значение механических примесей принято за отказ.

Эксперимент проводился на 10 автомобилях Volkswagen Passat B8 (седан), проезжающих маршрут ул. Зайцева – ул. Минина ежедневно в часы-пик с максимальной загруженностью, протяженностью 20,4 км, из которых 10,5 км – в режиме пробок.

Начиная с пробега 49 000 км с периодичностью 500 км по возвращению с маршрута из РКПП брали пробы трансмиссионного масла.

Далее был проведен химический анализ проб масел в сертифицированной лаборатории НГТУ. В журнале отмечались значения пробегов, на которых достигается предельное значение массовой доли механических примесей (таблица 2).

Таблица 2 - Нарботки, при которых значение механических примесей в трансмиссионном масле в РКПП принимало критическое значение, км

49968	50848	52186	49571	52613
50168	51076	52394	49723	52807

Применив метод определения оптимальной периодичности по допустимому уровню безотказности, выберем значение риска отказа системы  $F_d = 0,1$  (элемент отвечает за безопасность дорожного движения) [9]. По таблице нормального распределения видно, что при  $F(Z) = 0,1$ , значение  $Z$  окажется равным  $-1,3$ . Оптимальную периодичность ТО (в частности, замены масла в трансмиссии) можно вычислить по следующей формуле:

$$F_d = \int_0^{l_0} f(l) dl = F\left(\frac{l_0 - \bar{l}}{\sigma}\right), \quad (3)$$

где  $l_0$  – оптимальная периодичность операции ТО, км;

$\bar{l}$  – выборочная средняя протяженность пути, км ( $\bar{l} = \text{км}$ );

$\sigma$  – среднеквадратическое отклонение, км:

$$l_0 = Z \sigma + \bar{l} = 1,3 \times 1221 + 50958 = 52545 \text{ км.}$$

В итоге получено значение оптимальной периодичности замены масла 52545 км для городских условий. Именно оно является оптимальным регламентом проведения замены масла при городской эксплуатации. Следовательно, существует необходимость корректировки существующего регламента.

Если на транспортном средстве установлена КПП DSG DQ381, то периодичность ТО по нормам завода-производителя – 15000 км, а замена масла в трансмиссии составляет 120000 км. Чтобы оптимизировать рабочее время, необходимое для замены, требуется раз в 60000 км удалять грязь и пыль с поверхности коробки передач. Данная рекомендация кратна периодичности ТО легковых автомобилей группы Volkswagen.

Согласно наблюдениям, самым частым отказом коробки передач DSG DQ381 является выход из строя пакета сцеплений. Остаток сцепления зависит от множества факторов: условий эксплуатации, стиля вождения и т.д. Чтобы точно определить состояние дисков сцеплений можно произвести разбор агрегата и наглядно оценить износ. Такое действие не оправдано для контроля состояния пакета сцеплений в связи с финансовыми и трудовыми затратами. Такой вариант имеет смысл при уже произошедшем отказе, который влечет за собой обязательную дефектовку. Поэтому для корректирования периодичности замены сцеплений был выбран программный вариант контроля состояния пакета сцеплений. Программный контроль осуществляется с помощью специального оборудования, позволяет установить степень истирания дисков сцепления, температурные режимы работы и полный ход дисков. Исходя из примерного срока службы сцеплений на РКПП DSG DQ381 60-150 тыс. км., по статистике официального дилера и профильных технических станций, специализирующихся на ремонте автомобилей VAG (Volkswagen Group). Были выбраны 10 автомобилей с пробегом 60-90 тыс. км. Результаты приведены в таблице 3. Нормальные значения для остатка сцепления 7-11 мм, при 2 мм сцепление начинает буксовать. Для хода сцепления хорошими показателями являются значения 3-6 мм, минимально допустимое – 1 мм.

Таблица 3 - Остаток сцепления в зависимости от пробега автомобиля

Автомобиль	Пробег, км	Остаток сцепления, мм	Ход сцепления, мм
1	60774	7	5,8
2	62558	6,5	5,7
3	65872	6	5,4
4	65983	6,5	5,5
5	73589	6,3	5,5
6	77824	5,1	4,7
7	79548	4,9	4,3
8	83845	3,8	3,9
9	84689	2,7	3,3
10	89581	2,8	3,2

По методу определения оптимальной периодичности замены пакета сцеплений по допустимому уровню безотказности было выбрано значение риска отказа  $F_d = 0,1$  (элемент конструкции, не отвечающий за безопасность дорожного движения) [9]. По таблице нормального распределения получено значение наилучшей замены комплекта сцепления по выражению (3) при  $F(Z) = 0,1$ ,  $Z = -1,3$ .

Оптимальная периодичность выполнения ТО  $l_0$ , км:

$$l_0 = Z \sigma + \bar{l} = 1,3 \times 10187 + 74426 = 87669 \text{ км.}$$

Согласно данным, приведенным в таблице 3, износ пакета сцеплений принимает значения, близкие к критичным. Путем программного просмотра определили оптимальную периодичность замены пакета сцеплений. Были получены данные и определена оптимальная периодичность замены масла. Она составила 87669 км.

Полученные значения по итогам расчетов показывают необходимость корректировки периодичности замены масла в КПП. Для оптимизации времени, которое требуется для замены, регламент стоит сократить до 80000 км.

### Вывод

Предложенные рекомендации являются дополнением к заводскому (дилерскому) списку работ по обслуживанию РКПП при эксплуатации в городских условиях. В результате проведенных исследований установлено, что изменение периодичности замены масла, а так же своевременной замены пакета сцеплений, позволит снизить количество отказов РКПП DSG DQ381 на 33 %.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горяев И.А. Зависимость затрат на запасные части от возраста подвижного состава автомобильного транспорта // Известие ЮУрГУ. – 2012. – №44. – С. 185-186.
2. Денисов А.С. Научные основы формирования структуры эксплуатационно-ремонтного цикла автомобилей: Дис. ... д-ра техн. наук. – Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 1999. – 428 с.
3. Диагностика и техническое обслуживание машин / А.Д. Ананьин, В.М. Михлин, И.И. Габитов и др. – М.: Проспект, 2008. – 440 с.
4. Клейнер Б.С. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей. – М.: Транспорт, 1986. – 289 с.
5. Михлин В.М. Прогнозирование технического состояния машин. – М.: Колос, 1976. – 287 с.
6. Цитович И.С., Митин Б.Е., Дзюнь В.А. Надежность трансмиссий автомобилей и тракторов. – Минск: Наука и техника, 1985 – 107 с.
7. Якунин Н.Н. Методологические основы контроля и управления техническим состоянием автомобилей в эксплуатации. – М.: Машиностроение - 1, 2003. – 178 с.
8. Яхьяев Н.Я., Кораблин А.В. Основы теории надежности и диагностика. – М.: Академия, 2009. – 256 с.
9. Бажанов Ю.В., Бажанов М.Ю. Прогнозирование остаточного ресурса конструктивных элементов автомобилей в условиях эксплуатации // Фундаментальные исследования. – 2015. – №4. – С. 16-21.
10. Калимуллин Р.Ф. Расчетно-экспериментальная методика оценки режимов нагружения автомобильных двигателей по переходному смазочному процессу в коренных подшипниках: Дис. ... канд. техн. наук. – Оренбург: ОГУ, 2002. – 199 с.
11. Князьков А.Н. Разработка методики автоматизированного проектирования нормативов системы технического обслуживания и ремонта автомобилей: Дис. ... канд. техн. наук. – М., 2003. – 235 с.
12. Крагельский И.В., Добычин М.Н., Комбалов В.С. Основы расчетов на трение и износ. – М.: Машиностроение, 1977. – 526 с.
13. Кулаков А.Т. Повышение надежности автотракторных дизелей путем совершенствования процессов смазки, очистки и технологии ремонта основных элементов: Дис. ... д-ра техн. наук. – Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2007. – 563 с.
14. Moore D.R. Principles and applications of tribology. Pergamon Inter. Library, 1975. – 272 p.
15. Корчажкин М.Г., Кузьмин Н.А., Кустиков А.Д. Совершенствование нормативов технической эксплуатации городских автобусов // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2012. – №4(97). – С. 168-174.
16. Кузьмин Н.А., Кустиков А.Д. Исследование долговечности работы агрегатов трансмиссий городских автобусов // Безопасность транспортных средств в эксплуатации: Материалы 79-ой научно-технической конференции. – Н. Новгород: НГТУ, 2012. – С. 12-13.
17. Кузьмин Н.А., Борисов Г.В. Научные основы процессов изменения технического состояния автомобилей: монография. – Н.Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2012. – 270 с.
18. Кузьмин Н.А., Кустиков А.Д. Проблемы надежности трансмиссий городских автобусов // Авто-транспортное предприятие. – 2013. – №8. – С. 39-42.
19. Кустиков А.Д. Обоснование корректирования периодичности обслуживаний коробок передач автобусов для условий дорог с переменным продольным профилем: Дис. ... канд. техн. наук. – Н.Новгород: НГТУ, 2015. – 176 с.
20. Peskov V.I., Kuzmin N.A. Critical analysis of new equation of the wheel machine motion // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 102, Development, Research, Certification. Сер. «102nd International Scientific and Technical Conference «Intelligent Systems of Driver Assistance: Development, Research, Certification»». – 2018. – С. 012004.

### **Калинин Евгений Дмитриевич**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева (НГТУ)  
Адрес: 603900, Россия, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24  
Студент  
E-mail: Johnn.Kalinin@yandex.ru

### **Кустиков Александр Дмитриевич**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева (НГТУ)  
Адрес: 603900, Россия, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24  
К.т.н., доцент кафедры «Автомобильный транспорт»  
E-mail: kustikov-ad@yandex.ru

### **Корчажкин Михаил Георгиевич**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева (НГТУ)  
Адрес: Россия, 603900, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24  
К.т.н., доцент кафедры «Автомобильный транспорт»  
E-mail: kormg@list.ru

---

E.D. KALININ, A.D. KUSTIKOV, M.G. KORCHAZHKIN

## **CORRECTION OF SERVICE FREQUENCY OF DSG DQ381 ROBOT GEARBOXES FOR PASSENGER CARS IN URBAN CONDITIONS**

**Abstract.** Studies on the operation of DSG DQ381 robotic gearboxes installed on passenger cars were carried out during operation in urban traffic jams. Features of their work, the reasons for failures are established. Recommendations to reduce the frequency of failures have been developed. The proposed measures will reduce the number of failures by 33 %.

**Keywords:** robotic gearbox (RG), urban conditions, failure, service intervals

## BIBLIOGRAPHY

1. Goryaev I.A. Zavisimost' zatrat na zapasnye chasti ot vozrasta podvizhnogo sostava avtomobil'nogo transporta // Izvestie YUUrGU. - 2012. - №44. - S. 185-186.
2. Denisov A.S. Nauchnye osnovy formirovaniya struktury ekspluatatsionno-remontnogo tsikla avtomobiley: Dis. ... d-ra tekhn. nauk. - Saratov: Sarat. gos. tekhn. un-t, 1999. - 428 s.
3. Diagnostika i tekhnicheskoe obsluzhivanie mashin / A.D. Anan'in, V.M. Mikhlin, I.I. Gabitov i dr. - M.: Prospekt, 2008. - 440 s.
4. Kleyner B.S. Tekhnicheskoe obsluzhivanie i remont avtomobiley. - M.: Transport, 1986. - 289 s.
5. Mikhlin V.M. Prognozirovanie tekhnicheskogo sostoyaniya mashin. - M.: Kolos, 1976. - 287 s.
6. Tsitovich I.S., Mitin B.E., Dzyun' V.A. Nadezhnost' transmissiy avtomobiley i traktorov. - Minsk: Nauka i tekhnika, 1985 - 107 s.
7. Yakunin N.N. Metodologicheskie osnovy kontrolya i upravleniya tekhnicheskimi sostoyaniem avtomobiley v ekspluatatsii. - M.: Mashinostroenie - 1, 2003. - 178 s.
8. Yakh'yev N.Ya., Korablin A.V. Osnovy teorii nadezhnosti i diagnostika. - M.: Akademiya, 2009. - 256 s.
9. Bazhanov Yu.V., Bazhanov M.Yu. Prognozirovanie ostatochnogo resursa konstruktivnykh elementov avtomobiley v usloviyakh ekspluatatsii // Fundamental'nye issledovaniya. - 2015.- №4. - S. 16-21.
10. Kalimullin R.F. Raschetno-eksperimental'naya metodika otsenki rezhimov nagruzheniya avtomobil'nykh dvigateley po perekhodnomu smazochnomu protsessu v korennykh podshipnikakh: Dis. ... kand. tekhn. nauk. - Orenburg: OGU, 2002. - 199 s.
11. Knyaz'kov A.N. Razrabotka metodiki avtomatizirovannogo proektirovaniya normativov sistemy tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta avtomobiley: Dis. ... kand. tekhn. nauk. - M., 2003. - 235 s.
12. Kragel'skiy I.V., Dobychin M.N., Kombalov V.S. Osnovy raschetov na trenie i iznos. - M.: Mashinostroenie, 1977. - 526 s.
13. Kulakov A.T. Povyshenie nadezhnosti avtotraktorov dizeley putem sovershenstvovaniya protsessov smazki, ochistki i tekhnologii remonta osnovnykh elementov: Dis. ... d-ra tekhn. nauk. - Saratov: Saratovskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet im. N.I. Vavilova, 2007. - 563 s.
14. Moore D.R. Principles and applications of tribology. Pergamon Inter. Library, 1975. - 272 p.
15. Korchazhkin M.G., Kuz'min N.A., Kustikov A.D. Sovershenstvovanie normativov tekhnicheskoy ekspluatatsii gorodskikh avtobusov // Trudy NGTU im. R.E. Alekseeva. - 2012. - №4(97). - S. 168-174.
16. Kuz'min N.A., Kustikov A.D. Issledovanie dolgovechnosti raboty agregatov transmissiy gorodskikh avtobusov // Bezopasnost' transportnykh sredstv v ekspluatatsii: Materialy 79-oy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. - N. Novgorod: NGTU, 2012. - S. 12-13.
17. Kuz'min N.A., Borisov G.V. Nauchnye osnovy protsessov izmeneniya tekhnicheskogo sostoyaniya avtomobiley: monografiya. - N. Novgorod: Nizhegorod. gos. tekhn. un-t im. R.E. Alekseeva, 2012. - 270 s.
18. Kuz'min N.A., Kustikov A.D. Problemy nadiozhnosti transmissiy gorodskikh avtobusov // Avto-transportnoe predpriyatie. - 2013. - №8. - S. 39-42.
19. Kustikov A.D. Obosnovanie korrektsirovaniya periodichnosti obsluzhivaniya korobok peredach avto-busov dlya usloviy dorog s peremennym prodol'nym profilem: Dis. ... kand. tekhn. nauk. - N. Novgorod: NGTU, 2015. - 176 s.
20. Peskov V.I., Kuzmin N.A. Critical analysis of new equation of the wheel machine motion // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 102, Development, Research, Certification. Ser. «102nd International Scientific and Technical Conference «Intelligent Systems of Driver Assistance: Development, Research, Certification»». - 2018. - S. 012004.

### Kalinin Evgeny Dmitrievich

Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E.Alekseev (NNSTU)  
Address: 603950, Russia, Nizhny Novgorod, Minina str.  
Student  
E-mail: Johnn.Kalinin@yandex.ru

### Korchazhkin Mikhail Georgievich

Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E.Alekseev (NNSTU)  
Address: Russia, 603950, Nizhny Novgorod, Minina str.  
Candidate of technical sciences  
E-mail: kormg@list.ru

### Kustikov Alexander Dmitrievich

Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E.Alekseev (NNSTU)  
Address: 603950, Russia, Nizhny Novgorod, Minina str.  
Candidate of technical sciences  
E-mail: kustikov-ad@yandex.ru

И.А. ЯИЦКОВ, П.А. ПОЛЯКОВ, Е.С. ФЕДОТОВ, А.Н. ЧАПКО

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИАЛЬНОГО БИЕНИЯ ТОРМОЗНЫХ БАРАБАНОВ МЕТОДОМ ПРОЕКЦИЙ

**Аннотация.** Были проанализированы литературные источники, на основании анализа которых была сформулирована цель исследования – разработка математической модели расчета радиального биения обода тормозного барабана, учитывающая отклонения геометрии. Разработанная математическая модель расчета радиального биения обода тормозного барабана позволяет определять максимальное значение выступов на внутренней поверхности металлического фрикционного элемента с целью минимизировать величину вынужденных колебаний поперечных и угловых перемещений тормозных колодок силовых устройств при взаимодействии пар трения. Данная модель подходит для количественной оценки механической обработки рабочей поверхности ободьев тормозных барабанов с минимизацией возникшего эксцентриситета при длительной эксплуатации.

**Ключевые слова:** тормозной механизм, обод, тормозной барабан, эксцентриситет, радиальное биение, отклонение, внутренняя поверхность

### Введение

Изменение тормозного момента – это явление, вызывающее вибрацию рулевого управления и кузова в автомобилях. Одна из форм этого явления известна как вибрация тормозов. Основной причиной вибрации тормозов является неравномерное радиальное тепловое расширение задних тормозных барабанов из-за локального повышения температуры. Неравномерное распределение температуры приводит к овальности, которая представляет собой деформированную форму рабочей поверхности обода тормозного барабана. Целью работы [1] являлось аналитическое изучение генерации и уменьшения радиального биения обода тормозного барабана. Используя созданную модель в программе ABAQUS, были проанализировано радиальное биение ободьев тормозного барабана до и после обработки. В работе [2] проведены сравнительные исследования долговечности тормозных дисков, обработанных на серийной и усовершенствованной установках для токарной обработки рабочих поверхностей. Целью исследования [3] является анализ теплового поведения различных конструкций тормозных барабанов во время единичного экстренного торможения транспортного средства большой грузоподъемности на дороге с крутым уклоном. Расчет температурного поля выполняется в переходном режиме с использованием трехмерной конечно-элементной модели, предполагающей постоянный коэффициент трения. В исследовании анализируется влияние геометрических конфигураций тормозных барабанов на тепловое поведение тормозных барабанов из двух различных материалов: серого чугуна и алюминиевого сплава, усиленного частицами карбида кремния, в экстремальных условиях торможения транспортного средства. В работе [4] был проведен анализ методом конечных элементов для изучения взаимосвязи между округлостью и тормозным усилием. Результаты показали, что обод тормозного барабана не идеально цилиндрический, и тормозное усилие менялось по мере вращения тормозного барабана. Корреляция между экспериментальным и конечно-элементным анализом тормозных усилий показало хорошую взаимосвязь с коэффициентом Пирсона. Анализ и корреляции показали, что форма тормозного барабана влияет на распределение контактного давления, тормозное усилие и коэффициент сцепления. Тормозное усилие и коэффициент сцепления увеличивался с ростом приложенной нагрузки. В исследовании [5] предлагается трехслойная конструкция тормозной колодки, на основе которой создана динамическая модель тормозной диск-тормозная колодка с шестью степенями свободы и проанализированы факторы, влияющие на нестабильность системы. На основе линейного комплексного анализа собственных значений прогнозируются нестабильные режимы вибрации тормозной системы, а эффективность модели комплексного анализа режимов проверяется стендовыми испытаниями тормозной системы. Разработаны тормозные колодки различной конструктивной формы, и проанализировано их влияние на стабильность тормозной системы. Результаты показыва-

ют, что трехслойная конструкция и конструкция с прорезями в тормозной колодке могут эффективно снизить возникновение вибрации в тормозном механизме. В исследовании [6] были использованы данные динамометрических испытаний и метод конечных элементов для анализа прямого и косвенного влияния изменений рабочих параметров на тормозной шум, и был разработан метод снижения тормозного шума. С помощью этого метода выборка по методу Монте-Карло использовалась для учета изменений параметров тормозной накладки во время процедуры торможения, а метод оптимизации скопления частиц использовался для расчета оптимальной комбинации параметров для тормозной накладки. В исследовании [7] было исследовано влияние деформации сжатия тормозной колодки на вибрацию в тормозе, и была разработана оптимизированная схема тормозных колодок. Динамометрическое испытание, проведенное для подтверждения эффективности оптимизированной схемы, подтвердило явное снижение вибраций в тормозе. В статье [8] исследовали переменный коэффициент трения и анализировали влияние переменного коэффициента трения на механическую тормозную систему железнодорожного транспортного средства. Была предложена математическая зависимость переменного коэффициента трения, в которой переменное трение представлено двумя переменными с пятью параметрами влияния. Предложенная зависимость применялась при моделировании в реальном времени и проверялась экспериментально путем тестирования характеристик механического торможения. В статье [9] рассматривались две упрощенные аналитические модели вибрации автомобильных дисковых тормозов, которые могли быть использованы в дополнение к более сложным методам конечных элементов. Первая модель аппроксимировала тормозной диск как простую конструкцию балки с циклосимметричными граничными условиями. Вторая модель, которая создана на основе теории тонких пластин Кирхгофа, представлена в этой статье, чтобы учесть вибрационную деформацию на границе ступица-диск. Прогнозируемые результаты сравнивались с измерениями характеристик вибрации цельного тормозного диска, установленного на стенде для статических испытаний. Эти сравнения демонстрировали, что наиболее подходящей моделью для внутреннего граничного условия измеренного тормозного диска являлось предлагаемое внутреннее граничное условие с подпружиненной опорой. В работе [10] представлена модель была разработана для изучения влияния условий торможения, таких как частота вращения диска и тормозное давление, на шум тормозов. Были рассчитаны комплексные собственные значения системы для анализа стабильности модели тормоза при различных условиях торможения. Статья [11] посвящена разработке численной модели, основанной на теории конечных элементов для прогнозирования частоты визга железнодорожного дискового тормоза. Были обсуждены и представлены аналитические предпосылки, а также наиболее эффективные методы оценки устойчивости системы, особое внимание было уделено методу комплексных собственных значений, который был принят в рамках этой статьи для исследования системы дискового тормоза железнодорожного транспорта. В статье [12] на основе модели гибридной неопределенности предлагалась оптимизация конструкции на основе надежности дискового тормоза с гибридными неопределенностями для изучения оптимальной конструкции для снижения скрежета. В качестве ограничений оптимизации приняты нижние границы функций, связанных с устойчивостью системы, массой и жесткостью конструктивного элемента. Для выполнения оптимизации использовался комбинационный алгоритм генетического алгоритма и метод Монте-Карло. Результаты численного примера демонстрировали эффективность предлагаемой оптимизации по улучшению стабильности системы и снижению склонности дискового тормоза к скрежету в условиях гибридных неопределенностей. Целью исследования [13] являлась оценка точности расчетов и эффективности основанного на искусственной нейронной сети метода важной выборки надежности конструкций, таких как барабанные тормоза. Результаты показали, что вероятность отказа при использовании метода моделирования с помощью радиальной базисной функции ближе к вероятности отказа метода моделирования методом Монте-Карло, чем у других методов. Кроме того, метод моделирования с помощью радиальной базисной функции обладал лучшей эффективностью расчета, чем другие методы, рассмотренные в этом исследовании.

В работах [14-16] представлены динамические модели проектируемых тормозных механизмов различных типов и разных конструкций при взаимодействии рабочих пар в зависимости от инерционных, диссипативных и жесткостных составляющих элементов тормоза. В статье [17] приводятся стендовые испытания влияния поперечных перемещений тормозных колодок с различными линейно изношенными накладок на развиваемый тормозной момент дисково-колодочного тормозного механизма. В работе [18] намечены пути повышения тормозных свойств за счет совершенствования конструкций тормозных механизмов различных типов. В диссертационной работе [19] приводится методика проектирования тормозных механизмов барабанно-колодочного типа на основе математической модели оптимизации металлического фрикционного элемента.

Из проведенного анализа литературных источников можно сделать вывод, что при проектировании тормозных механизмов различной направленности используются как аналитические зависимости, так и модели конечных элементов. Недостатком анализируемых литературных источников является учет вынужденных колебаний, закладываемые параметры которых не учитывают эксплуатационные изменения геометрии элементов тормозных механизмов. Для учета вынужденных колебаний необходимо разработать универсальные алгоритмы расчета изменяемых параметров геометрии элементов тормозных механизмов при эксплуатации.

### Материал и методы

Геометрические размеры тормозного барабана оказывают влияние на величину развиваемого тормозного момента силового устройства в целом. Но также влияние на величину тормозного момента будет оказывать радиальное биение обода, возникающий при эксплуатации тормозного механизма барабанно-колодочного типа. Радиальное биение обода может возникать не только при наличии остаточной деформации обода после длительной эксплуатации, но и деформации привода колесного движителя.

При восстановительном ремонте ось вращения полуоси не совпадает с осью вращения шпинделя станка, в результате чего, после установки расточенного тормозного барабана на полуось приобретенный ранее эксцентриситет усиливает радиальное биение при торможении. Для количественной оценки влияния эксцентриситета на радиальное биение и изменение развиваемого тормозного момента необходимо выделить основные погрешности геометрии обода тормозного барабана: овальность и огранка. Овальность является разностью между наибольшим и наименьшим показателями диаметра обода барабана, а огранка – это раз-

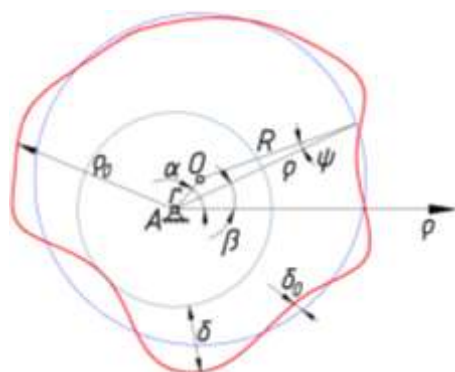


Рисунок 1 – Расчетная схема метода проекций

ность между диаметром окружности, которая описывает контур сечения, и касательными плоскостями контура обода барабана [20].

Величину эксцентриситета можно определить с помощью метода проекций.

Метод проекций заключается в определении точки O, расстояния от краев внутренней поверхности обода тормозного барабана до искомой точки будет иметь наименьшую дисперсию (рис. 1).

Расстояние от оси вращения полуоси (точка A) до любой точки окружности будет определяться из зависимостей:

$$\rho_{\frac{\max}{\min}} = R \pm r, \quad (1)$$

где  $R$  – расстояние от оси вращения тормозного барабана до его внутренней поверхности, м;

$r$  – расстояние от центра оси вращения полуоси до центра оси вращения обода тормозного барабана (эксцентриситет), м.

### Теория

При использовании полярной системы координат расстояние от оси вращения полуоси до  $i$ -ой точки внутренней поверхности обода тормозного барабана вычисляется из формулы:

$$\rho_i = r \cos(\alpha - \beta_i) + R_i \cos \psi_i, \quad (2)$$



где  $\alpha$  – угол между радиусом эксцентриситета и радиусом полярной системы координат, град.;  
 $\beta_i$  – угол между расстоянием от оси вращения полуоси до  $i$ -ой точки внутренней поверхности обода тормозного барабана, град.;

$\psi_i$  – угол между радиусами из осей вращения тормозного барабана и полуоси для  $i$ -ой точки внутренней поверхности обода тормозного барабана, град.;

$R_i$  – расстояние от оси вращения тормозного барабана до  $i$ -ой точки его внутренней поверхности, м.

Если учесть, что  $r \ll R$ , следовательно,  $\psi \rightarrow 0$ ,  $\cos \psi \rightarrow 1$ ,

$$\rho_i = r \cos(\alpha - \beta_i) + R_i. \quad (3)$$

Приращение этого полярного радиуса:

$$\rho_i - \rho_{\min} = r \cos(\alpha - \beta_i) + R_i - R_i + r = r [1 + \cos(\alpha - \beta_i)]. \quad (4)$$

Для выражения реальной геометрии внутренней поверхности обода тормозного барабана  $\rho_{0i}$  необходимо учитывать отклонение  $\delta_0$  от идеализированной внутренней поверхности обода  $\rho_i$ . Сумма абсолютных величин этих разностей будет наименьшей в том случае, если положение центра оси вращения обода барабана было найдено верно:

$$\sum_{i=1}^n (r [1 + \cos(\alpha - \beta_i)] - \delta_i)^2 \rightarrow \min, n \in N. \quad (5)$$

где  $\delta_i$  – отклонение реальной геометрии поверхности в  $i$ -ой точки внутренней поверхности обода тормозного барабана, м.

Частные производные зависимости (5) относительно  $\alpha$  и  $r$  дают возможность записать выражение (5) в виде системы:

$$\begin{cases} 2 \sum_{i=1}^n (r [1 + \cos(\alpha - \beta_i)] - \delta_i) [1 + \cos(\alpha - \beta_i)] = 0, n \in N, \\ 2 \sum_{i=1}^n ([1 + \cos(\alpha - \beta_i)] - \delta_i) [-r^2 \sin(\alpha - \beta_i)] = 0, n \in N. \end{cases} \quad (6)$$

Преобразуя систему уравнений, получим зависимости для расчета величин  $\alpha_i$  и  $r$ :

$$\alpha = \arctg \frac{\sum_{i=1}^n \delta_i \sin \beta_i}{\sum_{i=1}^n \delta_i \cos \beta_i}, \quad (7)$$

$$r = \frac{\sin \alpha \sum_{i=1}^n \delta_i \sin \beta_i + \cos \alpha \sum_{i=1}^n \delta_i \cos \beta_i + \sum_{i=1}^n \delta_i}{1,5n}. \quad (8)$$

Отклонение действительной геометрии внутренней поверхности обода барабана ( $\delta_0$ ) от идеализированной возможно найти с помощью зависимости:

$$\delta_0 = \delta_i - r [1 + \cos(\alpha - \beta_i)]. \quad (9)$$

В уравнении (9) первое слагаемое суммы является поправкой, обозначающей эксцентриситет обода тормозного барабана ( $r$ ). При условии  $r \rightarrow 0$ , то  $\delta \rightarrow \delta_0$ . Для того чтобы определить биение обода тормозного барабана необходимо найти максимальное значение выступов на внутренней поверхности:

$$k_{\delta_0} = \left| -\delta_0 \right|_{\max} + \left| \delta_0 \right|_{\max}, \quad (10)$$

где  $\left| \pm \delta_0 \right|_{\max}$  – максимальные значения отклонения от идеализированной геометрии обода тормозного барабана для выступов и впадин, м.

### Результаты и обсуждение

Определение  $\delta_i$  в зависимости от угла  $\beta_i$  основывались на стендовых испытаниях. Точность этих параметров будет увеличиваться с увеличением количества замеров. Измерения средних диаметров внутренних поверхностей ободьев тормозных барабанов проводи-

лись индикатором часового типа с погрешностью измерений  $\pm 0,01$  мм. В качестве объектов исследований выступали ободья тормозных барабанов без и с механической обработкой внутренней поверхности.

Значения отклонений реальных геометрий поверхностей ободьев тормозных барабанов сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты расчетов радиального биения ободьев тормозных барабанов

без механической обработки внутренней поверхности			с механической обработкой внутренней поверхности		
$\beta_i$ , град.	$\delta_i$ , мм	$\delta_{0i}$ , мм	$\beta_i$ , град.	$\delta_i$	$\delta_{0i}$
0	0,02	-0,12133	0	0,08	-0,00115
20	0,06	-0,07684	20	0,05	-0,02743
40	0,08	-0,04662	40	0,06	-0,01866
60	0,1	-0,01593	60	0,07	-0,01439
80	0,16	0,050448	80	0,1	0,00771
100	0,18	0,070016	100	0,12	0,021342
120	0,17	0,052933	120	0,07	-0,03012
140	0,14	0,012007	140	0,05	-0,04585
160	0,08	-0,05777	160	0,02	-0,06821
180	0,05	-0,09132	180	0	-0,08101
200	0,01	-0,12664	200	0,01	-0,0674
220	0	-0,12635	220	0,02	-0,05875
240	0,05	-0,06571	240	0,03	-0,05457
260	0,08	-0,02948	260	0,04	-0,05248
280	0,06	-0,05008	280	0,07	-0,02876
300	0,07	-0,0473	300	0,08	-0,02008
320	0,09	-0,03826	320	0,08	-0,01569
340	0,08	-0,05795	340	0,1	0,011987
$\alpha$ , град.	88,794		$\alpha$ , град.	25,149	
$r$ , мм	0,071		$r$ , мм	0,0502	
$k_{B0}$ , мм	0,196658806		$k_{B0}$ , мм	0,10235452	

Изменения радиального биения тормозных барабанов без и с механической обработкой внутренней поверхности представлены на рисунке 2.

В результате механической обработки обода тормозного барабана эксцентриситет не только линейно уменьшился на 41,4 %, но и сместился в угловом диапазоне по часовой стрелке. Максимальное значение выступов на внутренней поверхности обода тормозного барабана уменьшилось в 1,93 раза по сравнению с ободом до механической обработки.

### Вывод

Проанализированные литературные источники учитывают эксплуатационные изменения, происходящие в металлических фрикционных элементах после длительной эксплуатации тормозных механизмов. Отклонения от геометрии тормозных элементов силовых устройств приводят к появлению вынужденных колебаний при взаимодействии рабочих поверхностей фрикционного узла. В результате применения метода проекций были получены зависимости для определения эксцентриситета и биений обода тормозного барабана. Полученные зависимости в дальнейшем позволят разработать рекомендации для механической обработки внутренних поверхностей ободьев тормозных барабанов с целью снижения динамической неустойчивости силового устройства в целом.

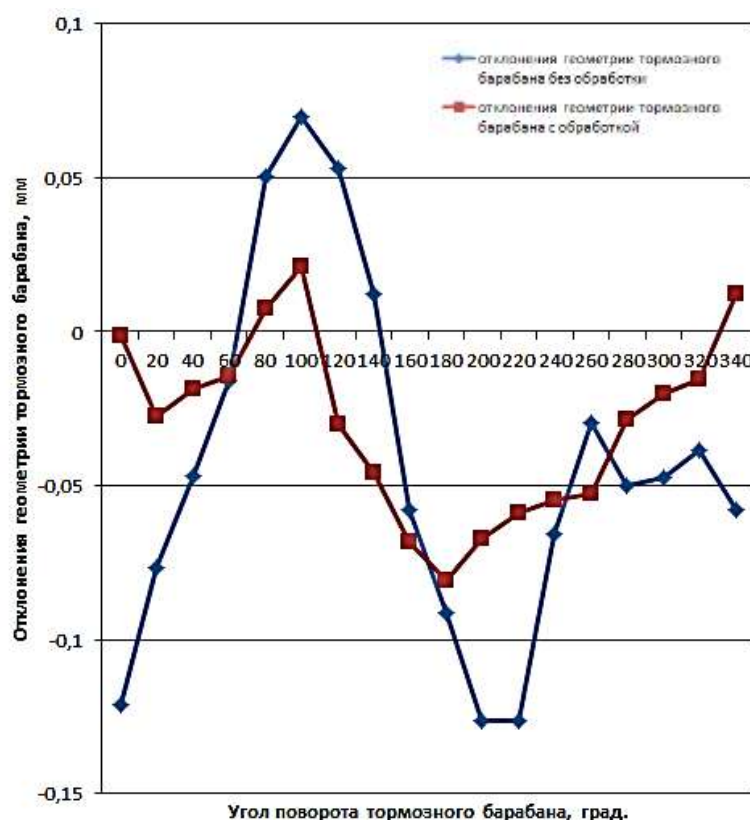


Рисунок 2 – Изменения отклонения геометрии тормозных барабанов без и с механической обработкой

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Suryatama D., Uhlig R.P., Vallurupalli S., Lundgren R.M., Zweng F.J. Thermal judder on drum brakes due to mounted radial run out // 2nd ANSA&ETA International Congress. - 2007. - Halkidiki, Greece. - P. 283-293.
2. Мельникова Е.П., Быков В.В. Повышение долговечности тормозных дисков автомобилей за счет совершенствования технологии механической обработки // Вісник СевНТУ. - 2012. - №129. - С. 162-167.
3. Khatir T., Bouchetara M., Derrar K., Djafri M., Khatir S. et al. Thermomechanical behavior of brake drums under extreme braking conditions // Computers, Materials & Continua. - 2022. - Vol. 72. - №2. - P. 2259-2273.
4. Muhammad Najib Bin Abdul Hamid. A study on the effect of out-of-roundness of drum brake rotor on the braking force using the finite element method. Thesis submitted in fulfilment of the requirements for the degree of master of science, 2007. - 24 p.
5. Pan G., Chen L. Impact analysis of brake pad backplate structure and friction lining material on disc-brake noise [Электронный ресурс] / Advances in materials science and engineering. - 2018. - Vol. 2018. - 9 p. - Режим доступа: <https://doi.org/10.1155/2018/7093978>
6. Gu Y., Liu Y., Lu C. Brake noise reduction method based on Monte Carlo sampling and particle swarm optimization [Электронный ресурс] / Shock and Vibration. - 2021. - Vol. 2021. - 11 p. - Режим доступа: <https://doi.org/10.1155/2021/8878223>
7. Gu Y., Liu Y., Lu C., Hu S., Song X. Effect of compressive strain of brake pads on brake noise [Электронный ресурс] / Shock and Vibration. - 2020. - Vol. 2020. - 11 p. - Режим доступа: <https://doi.org/10.1155/2020/8832363>
8. Lee N-J, Kang C-G. The effect of a variable disc pad friction coefficient for the mechanical brake system of a railway vehicle [Электронный ресурс] / PLoS ONE. - 2015. - №10(8). - Режим доступа: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0135459>
9. Boennen D.A., Walsh S.J. Cyclosymmetric beam model and a spring-supported annular plate model for automotive disc brake vibration [Электронный ресурс] / International Scholarly Research Notices. - 2012. - Vol. 2012. - 10 p. - Режим доступа: <https://doi.org/10.5402/2012/739384>
10. Hu S., Liu Y. Disc brake vibration model based on stribek effect and its characteristics under different braking conditions [Электронный ресурс] / Mathematical Problems in Engineering. - 2017. - Vol. 2017. - 13 p. - Режим доступа: <https://doi.org/10.1155/2017/6023809>
11. Cascetta F., Caputo F., De Luca A. Squeal frequency of a railway disc brake evaluation by fe analyses [Электронный ресурс] / Advances in acoustics and vibration. - 2018. - Vol. 2018. - 10 p. - Режим доступа: <https://doi.org/10.1155/2018/4692570>
12. Lü H., Stability D.Yu. Optimization of a disc brake system with hybrid uncertainties for squeal reduction [Электронный ресурс] / Shock and Vibration. - 2016. - Vol. 2016. - 13 p. - Режим доступа: <https://doi.org/10.1155/2016/3497468>
13. Yang Z., Pak U., Kwon C. Vibration reliability analysis of drum brake using the artificial neural network and important sampling method [Электронный ресурс] / Complexity. - 2021. - Vol. 2021. - 14 p. - Режим доступа: <https://doi.org/10.1155/2021/5517634>

14. Поляков П.А. Влияние динамических процессов на эксплуатационные свойства тормозных механизмов барабанно-колодочного типа // Мир транспорта и технологических машин. – 2022. – №3-1(78). – С. 13-24. – DOI 10.33979/2073-7432-2022-1(78)-3-13-24.

15. Поляков П.А. Влияние конструкции прижимающих механизмов тормоза дисково-колодочного типа на колебания, возникающее в контакте фрикционного узла // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – №5. – С. 408-420. – DOI 10.24412/2071-6168-2022-5-408-420.

16. Яицков И.А., Поляков П.А. Влияние жесткости элементов тормозных колодок на динамические нагрузки при торможении // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2022. – №1(85). – С. 36-45. – DOI 10.46973/0201-727X\_2022\_1\_36.

17. Поляков П.А. Влияние амплитуд поперечных перемещений тормозных колодок на развиваемый дисково-колодочным тормозом тормозной момент // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2022. – №3(87). – С. 55-63. – DOI 10.46973/0201-727X\_2022\_3\_55.

18. Поляков П.А., Полякова Е.А. Повышение тормозных свойств спортивных автомобилей / Под общей редакцией В.В. Салмина // Перспективные направления развития автотранспортного комплекса: Сборник статей IX Международной научно-производственной конференции. – Пенза: Пензенская государственная сельскохозяйственная академия, 2016. – С. 41-44.

19. Поляков П.А. Повышение эффективности тяжело нагруженных фрикционных узлов тормозных устройств: Дис. ... канд. техн. наук. – Краснодар, 2013. – 157 с.

20. Пятаков В.Г. Исследование влияния радиального биения барабана на работу автомобильного колодочного тормоза: Дис. ... канд. техн. наук. – Львов, 1974. – 154 с.

**Яицков Иван Анатольевич**

Ростовский государственный университет путей сообщения

Адрес: 344038, Россия, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, 2

Д.т.н., профессор, декан электромеханического факультета

E-mail: yia\_nis@rgups.ru

**Поляков Павел Александрович**

Кубанский государственный технологический университет

Адрес: 350072, Россия, г. Краснодар, ул. Московская, 2

К.т.н., доцент, доцент кафедры «Транспортные процессы и технологические комплексы»

E-mail: polyakov.pavel88@mail.ru

**Федотов Евгений Сергеевич**

Кубанский государственный технологический университет

Адрес: 350072, Россия, г. Краснодар, ул. Московская, 2

Старший преподаватель кафедры «Транспортные процессы и технологические комплексы»

E-mail: avtoru2009@mail.ru

**Чапко Александр Николаевич**

Кубанский государственный технологический университет

Адрес: 350072, Россия, г. Краснодар, ул. Московская, 2

Студент

E-mail: achapko55@gmail.ru

I.A. YAITSKOV, P.A. POLYAKOV, E.S. FEDOTOV, A.N. CHAPKO

## DETERMINATION OF RADIAL BEATING OF BRAKE DRUMS BY PROJECTION METHOD

**Abstract.** The literature sources were analyzed, on the basis of the analysis of which the purpose of the study was formulated – the development of a mathematical model for calculating the radial beating of the rim of the brake drum, taking into account the deviations of geometry. The developed mathematical model for calculating the radial runout of the brake drum rim allows determining the maximum value of the protrusions on the inner surface of the metal friction element in order to minimize the magnitude of forced vibrations of transverse and angular displacements of the brake pads of power devices during the interaction of friction pairs. This model is suitable for quantifying the machining of the working surface of the brake drum rims with minimizing the resulting eccentricity during long-term operation.

**Keywords:** brake mechanism, rim, brake drum, eccentricity, radial runout, deflection, inner surface

## BIBLIOGRAPHY

1. Suryatama D., Uhlig R.P., Vallurupalli S., Lundgren R.M., Zweng F.J. Thermal judder on drum brakes due to mounted radial run out // 2nd ANSA&ETA International Congress. - 2007. - Halkidiki, Greece. - R. 283-293.
2. Mel'nikova E.P., Bykov V.V. Povyshenie dolgovechnosti tormoznykh diskov avtomobiley za schet sovershenstvovaniya tekhnologii mekhanicheskoy obrabotki // Visnik SevNTU. - 2012. - №129. - S. 162-167.
3. Khatir T., Bouchetara M., Derrar K., Djafri M., Khatir S. et al. Thermomechanical behavior of brake drums under extreme braking conditions // Computers, Materials & Continua. - 2022. - Vol. 72. - №2. - R. 2259-2273.

4. Muhammad Najib Bin Abdul Hamid. A study on the effect of out-of-roundness of drum brake rotor on the braking force using the finite element method. Thesis submitted in fulfilment of the requirements for the degree of master of science, 2007. - 24 p.
5. Pan G., Chen L. Impact analysis of brake pad backplate structure and friction lining material on discbrake noise [Elektronnyy resurs] / Advances in materials science and engineering. - 2018. - Vol. 2018. - 9 p. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1155/2018/7093978>
6. Gu Y., Liu Y., Lu C. Brake noise reduction method based on Monte Carlo sampling and particle swarm optimization [Elektronnyy resurs] / Shock and Vibration. - 2021. - Vol. 2021. - 11 p. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1155/2021/8878223>
7. Gu Y., Liu Y., Lu C., Hu S., Song X. Effect of compressive strain of brake pads on brake noise [Elektronnyy resurs] / Shock and Vibration. - 2020. - Vol. 2020. - 11 p. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1155/2020/8832363>
8. Lee N-J, Kang C-G. The effect of a variable disc pad friction coefficient for the mechanical brake system of a railway vehicle [Elektronnyy resurs] / PLoS ONE. - 2015. - №10(8). - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0135459>
9. Boennen D.A., Walsh S.J. Cyclosymmetric beam model and a spring-supported annular plate model for automotive disc brake vibration [Elektronnyy resurs] / International Scholarly Research Notices. - 2012. - Vol. 2012. - 10 p. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.5402/2012/739384>
10. Hu S., Liu Y. Disc brake vibration model based on stibek effect and its characteristics under different braking conditions [Elektronnyy resurs] / Mathematical Problems in Engineering. - 2017. - Vol. 2017. - 13 p. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1155/2017/6023809>
11. Cascetta F., Caputo F., De Luca A. Squeal frequency of a railway disc brake evaluation by fe analyses [Elektronnyy resurs] / Advances in acoustics and vibration. - 2018. - Vol. 2018. - 10 p. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1155/2018/4692570>
12. L? N., Stability D.Yu. Optimization of a disc brake system with hybrid uncertainties for squeal reduction [Elektronnyy resurs] / Shock and Vibration. - 2016. - Vol. 2016. - 13 r. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1155/2016/3497468>
13. Yang Z., Pak U., Kwon C. Vibration reliability analysis of drum brake using the artificial neural network and important sampling method [Elektronnyy resurs] / Complexity. - 2021. - Vol. 2021. - 14 p. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1155/2021/5517634>
14. Polyakov P.A. Vliyanie dinamicheskikh protsessov na ekspluatatsionnye svoystva tormoznykh mekhanizmov barabanno-kolodochного tipa // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2022. - №3-1(78). - S. 13-24. - DOI 10.33979/2073-7432-2022-1(78)-3-13-24.
15. Polyakov P.A. Vliyanie konstruktivnykh prizhimayushchikh mekhanizmov tormoza diskovo-kolodochного tipa na kolebaniya, voznikayushchee v kontakte friktsionного uzla // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvenного universiteta. Tekhnicheskie nauki. - 2022. - №5. - S. 408-420. - DOI 10.24412/2071-6168-2022-5-408-420.
16. YAitskov I.A., Polyakov P.A. Vliyanie zhestkosti elementov tormoznykh kolodok na dinamicheskie nagruzki pri tormozhenii // Vestnik Rostovskogo gosudarstvenного universiteta putey soobshcheniya. - 2022. - №1(85). - S. 36-45. - DOI 10.46973/0201-727X\_2022\_1\_36.
17. Polyakov P.A. Vliyanie amplitud poperechnykh peremeshcheniy tormoznykh kolodok na razvivaemyy diskovo-kolodochnym tormozom tormoznoy moment // Vestnik Rostovskogo gosudarstvenного universiteta putey soobshcheniya. - 2022. - №3(87). - S. 55-63. - DOI 10.46973/0201-727X\_2022\_3\_55.
18. Polyakov P.A., Polyakova E.A. Povyshenie tormoznykh svoystv sportivnykh avtomobiley / Pod obshchey redaktsiei V.V. Salmina // Perspektivnye napravleniya razvitiya avtotransportного kompleksa: Sbornik statey IX Mezhdunarodnoy nauchno-proizvodstvennoy konferentsii. - Penza: Penzenskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaystvennaya akademiya, 2016. - S. 41-44.
19. Polyakov P.A. Povyshenie effektivnosti tyazhelonagruzhennykh friktsionnykh uzlov tormoznykh ustroystv: Dis. ... kand. tekhn. nauk. - Krasnodar, 2013. - 157 s.
20. Pyatakov V.G. Issledovanie vliyaniya radial'nogo bieniya barabana na rabotu avtomobil'nogo kolodochного tormoza: Dis. ... kand. tekhn. nauk. - L'vov, 1974. - 154 s.

**Yaitskov Ivan Anatolyevich**

Rostov State University of Railway Transport  
Address: 344038, Russia, Rostov-on-Don, Rostov Rifle  
Regiment of the People's Militia square, 2  
Doctor of technical Sciences  
E-mail: [yia\\_nis@rgups.ru](mailto:yia_nis@rgups.ru)

**Polyakov Pavel Aleksandrovich**

Kuban State Technological University  
Address: 350072, Russia, Krasnodar, Moskovskaya str., 2  
Candidate of technical sciences  
E-mail: [polyakov.pavel88@mail.ru](mailto:polyakov.pavel88@mail.ru)

**Fedotov Evgeny Sergeevich**

Kuban State Technological University  
Address: 350072, Krasnodar, Moskovskaya str., 2  
Senior lecturer  
E-mail: [avtoru2009@mail.ru](mailto:avtoru2009@mail.ru)

**Chapko Alexander Nikolaevich**

Kuban State Technological University  
Address: 350072, Russia, Krasnodar, Moskovskaya str., 2  
Student  
E-mail: [achapko55@gmail.ru](mailto:achapko55@gmail.ru)



Научная статья

УДК 629.113

doi:10.33979/2073-7432-2023-3-1(82)-29-35

Е.В. АГЕЕВА, Е.С. ВИНОГРАДОВ, А.В. ЩЕРБАКОВ

## ОРГАНИЗАЦИЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

**Аннотация.** В данной статье представлена система организации технического обслуживания и диагностирования автотранспортных средств в современных условиях эксплуатации. Рассмотрены элементы по совершенствованию технологии ремонтных и прогнозирующих работ, которые связаны с безразборным методом диагностирования, отражены закономерности изменения значений диагностических параметров автомобиля.

**Ключевые слова:** техническое обслуживание, ремонт, транспортные средства, технический эндоскоп, диагностика

### Введение

Рост парка автомобилей требует правильной организации планово-предупредительной системы технического обслуживания и ремонта, основанной на внедрении новых достижений и передового опыта в области автомобилестроения [1-3].

В зависимости от условий эксплуатации автотранспортных средств ряд авторов [4-6] выделяют следующие варианты технического обслуживания:

- подготовительного (мойка, размещение на посту станции технического осмотра, внешний осмотр с занесением в диагностическую карту данных о неисправностях);
- основного (выполнение операций технического обслуживания);
- заключительного (определение характер и объем работ).

От правильной последовательности работ зависит продолжительность технического обслуживания транспортных средств. При возникновении неисправностей и отказов, требующих применения контрольно-диагностических средств проводят внеплановое диагностирование, для уменьшения затрат связанных на поиски неисправностей, необходимо учитывать вероятность возникновения неисправностей и применения без разборного анализа узлов транспортного средства [7].

Целью повышения качества и эффективности технического обслуживания автотранспортных средств решающую роль играет совершенствование технологии ремонтных и прогнозирующих работ, которые связаны с безразборным методом диагностирования.

### Материал и методы

Для определения качества технического обслуживания транспортных средств необходимо проведение комплекса организационно-технических и экономических мероприятий, направленных на своевременное внедрение в производство научно-технических достижений [7-12]. Как показывает практика с течением срока эксплуатации транспортных средств происходит изнашивание сопрягаемых поверхностей деталей и узлов превышая номинальные значения, при этом затраты, связанные с поддержанием в рабочем состоянии превышают условия по обслуживанию, такое состояние считается «предельным» и транспортные средства подвергаются капитальному ремонту [13].

Капитальный ремонт имеет большое экономическое и народно-хозяйственное значение, около 75 % узлов, прошедших срок службы до первого ремонта имеет остаточный ресурс и могут быть использованы повторно и (или) после незначительного ремонта. При этом себестоимость ремонта автомобиля в условиях автотранспортного предприятия не превышает 70% от стоимости новых автомобилей, при этом достигается экономия в трудовых ресурсах, что позволяет поддерживать на высоком уровне численность автомобильного автопарка.

В процессе эксплуатации автомобиль взаимодействует с окружающей средой, а его элементы между собой вызывая нагрузку на сопрягаемые детали в процессе перемещения, трения, нагрева в результате происходит изменение размеров и форм. В тоже время техниче-

ское состояние автомобиля определяется совокупностью изменяющихся свойств конструктивных параметров  $x_1, x_2 \dots x_n$  (размеры деталей цилиндропоршневой группы, кривошипно-шатунного механизма и др.).

Возможность непосредственного изменения конструктивных параметров без частичной или полной разборки большинства агрегатов невозможно (двигатель внутреннего сгорания). Для определения технического состояния применяются косвенные величины, которые связаны с конструктивными параметрами, или представлены в технической документации по эксплуатации автотранспортных средств [15-17]. Техническая эксплуатация подвижного состава является важным элементом подсистемы автомобильного транспорта, связанная с перевозкой грузов и пассажиров и направленная на поддержание исправного состояния транспортных средств (рис. 1).

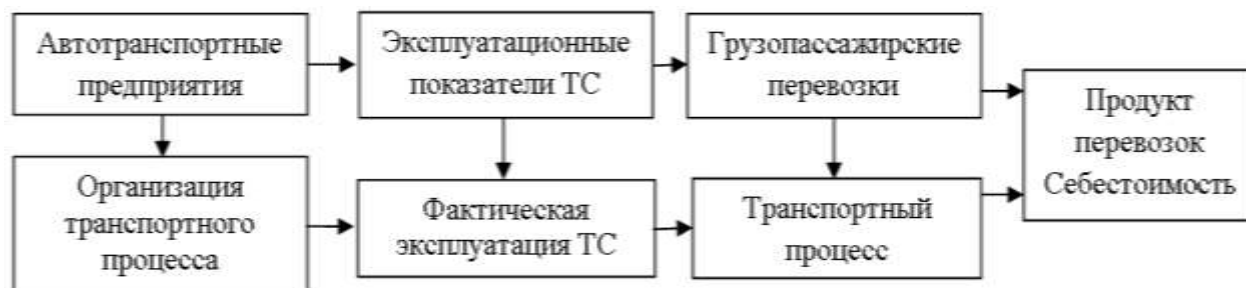


Рисунок 1 – Показатели технической эксплуатации в транспортном процессе

Эффективность технической эксплуатации автомобиля зависит от качества и надежности изделий, т.е. совокупностью свойств, которые определяют степень пригодности к выполнению заданных функций при использовании по назначению. Динамика изменений работоспособных показателей в течении  $n$  периода эксплуатации определяется выражением (1).

$$P_K(t) = P_{K1}[-k(t - 1)], \quad (1)$$

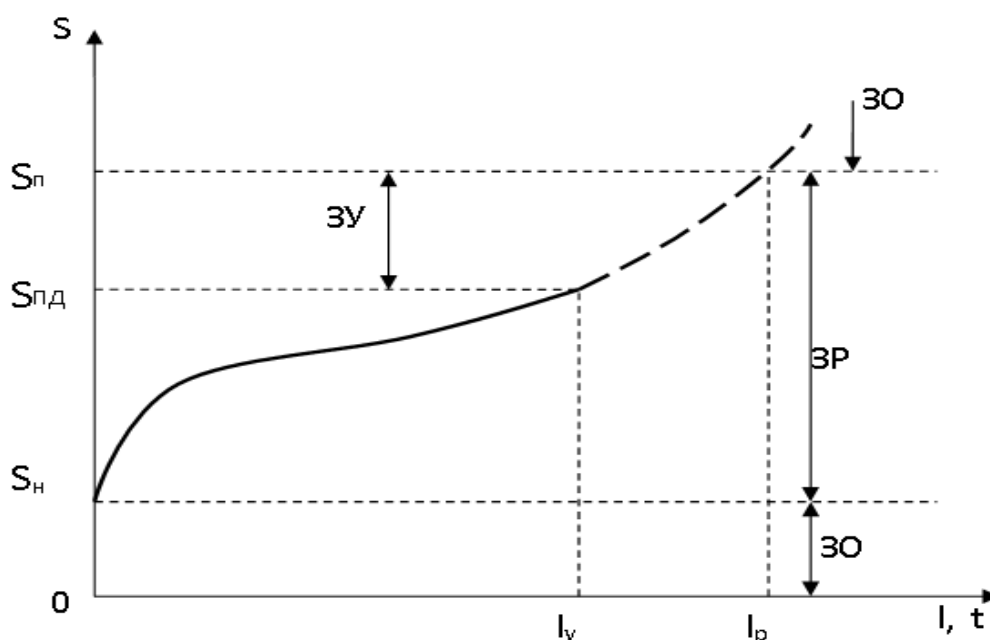
где  $t$  – продолжительность эксплуатации;

$P_{K1}, P_K(t)$  – показатели качества эксплуатации по годам;

$k$  – коэффициент интенсивности показателя качества по наработке.

Интенсивность изменения показателей качества автомобиля во времени определяет эксплуатационные свойства. Оценка показателей проводится с учетом времени работоспособности агрегатов автомобиля и определяется сроком службы или пробегом. Для определения технического состояния автомобиля используем аппарат марковских случайных процессов. В соответствии с которым, работоспособность автомобиля зависит от фактического технического состояния, к которому автомобиль может достигнуть. Техническая диагностика позволяет определить предельные вероятностные показатели, которые характеризуют среднее время пребывания автомобиля в соответствующих состояниях  $S_1, S_2, S_3$  и  $S_n$  в зависимости от пробега автомобиля и эксплуатационных условий работы (рис. 2).

Закономерности изменения значений диагностических параметров автомобиля определяется совокупностью изменяющихся свойств его элементов, характеризующихся текущим значением диагностических параметров  $S_i$ . По мере увеличения наработки диагностические параметры изменяются от номинальных  $S_n$ , свойственных новому автомобилю, до предельных  $S_n$ , при которых дальнейшая эксплуатация по техническим, конструктивным, экономическим, экологическим или другим причинам недопустима. В зоне работоспособности выделяют предотказную зону упреждения (ЗУ), в начале которой (при  $l=l_y$ ) диагностический параметр достигает своего предельно допустимого  $S_{лд}$  значения. Попадание диагностического параметра в эту зону свидетельствует о приближении отказа и необходимости принять профилактические меры по его предупреждению, т.е. по поддержанию работоспособности [18-20].



**Рисунок 2 – Схема изменения диагностических параметров технического состояния от пробега автомобиля:** ЗР – зона работоспособности, ЗО – зона отказов, ЗУ – зона упреждения отказов,  $S_{пд}$  – предельно допустимое значение параметра,  $l_p$  – ресурс изделия,  $l_y$  – ресурс упреждения

### Теория / Расчет

Технологический процесс определения эксплуатационных показателей автомобиля без разборки, постановка диагноза последующего обслуживания относятся к этапу диагностирования. Диагностика позволяет количественно оценить безотказность и эффективность автомобиля, прогнозировать остаточный ресурс, поддерживает уровень надежности, способствует уменьшению расхода запасных частей, материалов, трудовых затрат на ремонт и обслуживание.

Диагностирование является технологическим элементом профилактики и ремонта и основным методом выполнения контрольных работ. Приспособленность диагностирования к техническому обслуживанию и ремонту выражается технологическим назначением, глубиной определения технического состояния и степенью специализации диагностических работ при этом первичное диагностирование позволяет получить информацию по деталям или узлам «годных», «негодных» к эксплуатации, вторичная диагностика является частью обслуживания [12] на рабочих постах в сервисном центре.

Изменение нагрузки отдельных деталей автомобиля в процессе эксплуатации достигают максимального значения работоспособности приводя к отказам агрегатов в автомобиле. Уровень изменения нагрузки в момент отказа носит случайный характер при этом отказ наступает независимо оттого сколько времени он находился в эксплуатации и каково его техническое состояние.

При экспоненциальном распределении наработки на отказ не целесообразно прибегать к профилактическим работам, так как отказ возникает в следствие внешнего воздействия. Рассматривая эксплуатационную ситуацию отказ образуется за счет накопления повреждений или износа сопрягаемых узлов, именно поэтому для определения оптимальных рабочих параметров автомобиля завод изготовитель устанавливает допустимые пределы эксплуатации, выход за которые классифицируются отказом.

Накопление повреждений является косвенной причиной отказа (выход из рабочего состояния деталей в случае внезапного резкого ухудшения условий эксплуатации перегрузка, высокие температуры, вибрации) и характеризуется постепенным-скачкообразным изменением состояния объекта при постепенном накоплении повреждении, в процессе эксплуата-

ции автомобиля возрастает вероятность отказа, который носит не «закономерный», а «случайный» характер.

При исследовании надежности автомобиля необходимо выделить преобладающие причины, оказывающие влияние на причину отказов, сопутствующие факторы не учитывая. При рассмотрении модели износа деталей в автомобиле происходит постепенное снижение предельно допустимого уровня нагрузки, превышение нагрузки приводит к отказам, следовательно, износ и мгновенное повреждения, приводящие к отказу, зависят от предельного значения нагрузки [15-17].

Для повышения эффективности ремонта автомобиля требуется индивидуальная информация о его техническом состоянии. Необходимо, чтобы получаемая информация была доступна и не требовала разборки агрегатов и больших затрат. Индивидуальная информация о скрытых отказах позволяет предотвратить преждевременный ремонт, а также осуществлять профилактику до наступления предельного состояния.

Средством получения информации является техническая диагностика автомобилей, которая предусматривает анализ предельных состояний узлов и агрегатов в соответствии с технической документацией (ГОСТ, нормативной документацией, заводскими инструкциями). Использование диагностической информации методом «безразборного ремонта» позволяет исключить затраты на преждевременную профилактику или ремонт.

### **Результаты**

Для диагностирования технического состояния автомобиля применяется технический эндоскоп, который позволяет изменять кратность увеличения видео картинки при различных фокусных расстояниях до объекта распознавания. Объект-мера позволяет оценивать состояние стенки цилиндра путем подсчета количества хонинговальных рисок, размера дефектов и сравнения с эталонами. В процессе подготовки было изготовлено 2 объект-меры диаметром 10 мм и 12 мм из проволоки диаметром 0,8 мм с поводком к объективу. Экспериментально установлено, что объект-мера диаметром 12 мм более информативна.

Возможности технического эндоскопа позволяют провести анализ картинки камеры сгорания ДВС при пробеге больше срока условий эксплуатации (280000 км пробега). Необходимость проведения диагностирования обусловлена снижением мощности (двигатель не раз-

вивает нормальные обороты под нагрузкой, сильно дымит или глохнет), повышенный расход масла (утечка масла через сальники коленчатого вала, неполное соединения в картера крышек клапанной крышки коробки, распределительных шестерен и трубопроводов масляного радиатора), сильные стуки во время работы (неправильные зазоры между клапанами и толкателями, износ поршневых пальцев и поршней, распределительных шестерен), повышенный расход топлива (износ поршневых колец и рабочей поверхности цилиндров), низкое давление масла (пониженный уровень масла в картере, износ коренных и шатунных



**Рисунок 3 – Изображение стенки цилиндра двигателя, полученное с помощью технического эндоскопа**

подшипников, неисправность масляного насоса). С помощью технического эндоскопа были получены наглядные картинки технического состояния камеры сгорания цилиндров двигателя (рис. 3).

Визуально были исследованы поршень, стенки блока цилиндров, седла впускных и выпускных клапанов. По результатам проведенного диагностирования было установлено, что причиной повышенным расходом масла и потерей мощности двигателем является наличие продольных глубоких рисок, задиров, царапин и раковин, что требует последующего ремонта.

### **Обсуждение**

На основе экспериментальных данных путем сравнения характерных зон на развертке цилиндра с эталонном разрабатываются рекомендации по дальнейшему техническому обслуживанию и ремонту двигателя внутреннего сгорания в случае отсутствия износа сетки хона, никаких технических воздействий не требуется, в случае присутствия незначительного износа следов хона, необходимо увеличить периодичность замены смазочных материалов или использовать восстановительные антифрикционные противоизносные добавки к моторным маслам, в случае, если отчетливо видны следы износа сетки хона в верхней области цилиндра, необходимо произвести ремонт двигателя, если отсутствует сетка хона и присутствуют продольные риски, задиры, царапины, или глубокие риски, задиры, царапины, необходимо провести ремонт двигателя или осуществлять капитальный ремонт двигателя связанный с растачиванием цилиндров под следующий ремонтный размер, или осуществить гильзование блока цилиндров.

### **Вывод**

Диагностирование на предприятиях по обслуживанию транспортных средств является одним из элементов автоматизированных систем управления производством. Внедрение современных методов и средств по организации диагностирования системы технического обслуживания и ремонта автомобилей позволяет повысить эффективность за счет полной реализации эксплуатационных свойств каждого отдельно взятого автомобиля, а также за счет повышения уровня организации производства в целом.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Власов В.М., Жанказиев С.В., Круглов С.М. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: Учебник. – М.: Академия, 2017. – 427 с.
2. Производственно-техническая инфраструктура предприятий автомобильного сервиса: Учебное пособие / И.А. Новиков, А.Н. Новиков, Е.В. Дуганова, С.Н. Глаголев. – Белгород: БГТУ, 2018. – 123 с.
3. Верёвкин Н.И., Новиков А.Н., Давыдов Н.А. Производственно-техническая инфраструктура предприятий автосервиса: Учебник. – М.: Академия, 2015. – 398 с.
4. Павлов А.П., Золотуева Н.В. Исследование факторов, влияющих на изменение технического состояния автомобиля в процессе его производства, ремонта и эксплуатации // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. – 2016. – №3(9). – С. 2-8.
5. Мороз С.М. Обеспечение безопасности технического состояния автотранспортных средств. – М.: Академия, 2010. – 257 с.
6. Гусев Г.А. Особенности организации диагностики, технического обслуживания и ремонта автомобилей, оборудованных электронными системами управления бензиновыми двигателями // Автотранспортное предприятие. – М. - 2009. - №9. – С. 45-47.
7. Агеев Е.В., Севостьянов А.Л., Кудрявцев А.Л. Повышение эффективности эксплуатации автомобильных двигателей за счет использования технической эндоскопии // Мир транспорта и технологических машин. – 2013. – №3(42). – С. 31-39.
8. Мелешин В.В. Алгоритм работы комплекса диагностирования технического состояния автомобиля // Автомобильная промышленность. – 2014. – №6. – С. 36-40.
9. Иванов А.С., Лянденбургский В.В., Рыбакова Л.А. Тактика технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей на основе встроенного диагностирования // Нива Поволжья. – 2014. – №3(32). – С. 37-43
10. Комов А.Б., Комов П.Б., Комов А.П., Комов Е.А. Технический контроль автомобильного транспорта и основы его организации в условиях цифровой экономики // Проблемы технической эксплуатации и автосервиса подвижного состава автомобильного транспорта. - М.: Техполиграфцентр. – 2018. – С. 112-126.
11. Глазков Ю.Е., Коробов А.В. Использование информационных технологий при определении годовой программы автотранспортных предприятий // Концепт. – 2017. – Т. 39. – С. 1186-1190.
12. Агеев Е.В., Севостьянов А.Л., Кудрявцев А.Л. Повышение информативности при определении технического состояния автомобилей // Современные автомобильные материалы и технологии. – Курск. – 2012. – С. 34-37.
13. Агеев Е.В., Емельянов И.П., Кудрявцев А.Л. Снятие неопределенности при определении технического состояния автомобилей // Механика и моделирование процессов технологии. – 2013. – №1. – С. 9-14.

14. Емельянов И.П., Агеев Е.В., Севостьянов А.Л., Кудрявцев А.Л. Алгоритмический подход к диагностике двигателей автомобилей // Современные автомобильные материалы и технологии. – Курск. – 2013. – С. 171-176.
15. Агеев Е.В., Кудрявцев А.Л. Диагностика машин в АПК // Особенности технического и технологического оснащения современного сельскохозяйственного производства. – Орел: ОрелГАУ. – 2013. – С. 283-290.
16. Просви́ров Ю.Е., Басов С.А. Надежность работы и методы диагностики цилиндропоршневой группы двигателей внутреннего сгорания // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – РГУПС. – 2010. – №2. – С. 40-45.
17. Бурдинский И.Н. Специализированный измерительный комплекс в системе диагностики автомобильного двигателя // Датчики и системы. – М. - 2006. – №10. – С. 39-42.
18. Мороз С.М., Ременцов А.Н. Методология исследований и развития технологий эксплуатации автомобильного транспорта: Учебное пособие. – М.: МАДИ, 2013. – 216 с.
19. Гассельберг В.С., Запорожец А.В. Диагностика двигателей внутреннего сгорания автомобилей по виброакустическим параметрам // Вестник Астраханского государственного технического университета. – Астрахань: АГТУ. - 2007. - №2. - С. 72-74.
20. Техническая эксплуатация автомобилей / Е.С. Кузнецов, А.П. Болдин, В.М. Власов и др. – М.: Наука, 2004. – 535 с.

**Агеева Екатерина Владимировна**

Юго-Западный государственный университет

Адрес: 305040, Россия, г. Курск, 50 лет Октября, 94

Д.т.н., доцент, профессор кафедры технологии материалов и транспорта

E-mail: ageeva-ev@yandex.ru

**Виноградов Евгений Сергеевич**

Юго-Западный государственный университет

Адрес: 305040, Россия, г. Курск, 50 лет Октября, 94

К.т.н., старший преподаватель кафедры профессионального обучения и методики преподавания технологии

E-mail: ganek09@rambler.ru

**Щербаков Андрей Владимирович**

Юго-Западный государственный университет

Адрес: 305040, Россия, г. Курск, 50 лет Октября, 94

К.ф.н., доцент кафедры технологии материалов и транспорта

E-mail: oooru46@mail.ru

---

E.V. AGEEVA, E.S. VINOGRADOV, A.V. SHCHERBAKOV

## ORGANIZATION OF DIAGNOSTICS OF MOTOR VEHICLES

**Abstract.** *This article presents the system of organization of maintenance and diagnostics of motor vehicles in modern operating conditions. The elements of improving the technology of repair and predictive work, which are associated with a non-collapsible method of diagnosis, are considered; the patterns of changes in the values of diagnostic parameters of the car are reflected.*

**Keywords:** *maintenance, repair, vehicles, technical endoscope, diagnostics*

## BIBLIOGRAPHY

1. Vlasov V.M., Zhankaziev S.V., Kruglov S.M. Tekhnicheskoe obsluzhivanie i remont avtomobiley: Ucheb-  
nik. - М.: Akademiya, 2017. - 427 s.
2. Proizvodstvenno-tekhnicheskaya infrastruktura predpriyatiy avtomobil'nogo servisa: Uchebnoe posobie /  
I.A. Novikov, A.N. Novikov, E.V. Duganova, S.N. Glagolev. - Belgorod: BGTU, 2018. - 123 s.
3. Veriovin N.I., Novikov A.N., Davydov N.A. Proizvodstvenno-tekhnicheskaya infrastruktura predpriyatiy  
avtoservisa: Uchebnik. - М.: Akademiya, 2015. - 398 s.
4. Pavlov A.P., Zolotueva N.V. Issledovanie faktorov, vliyayushchikh na izmenenie tekhnicheskogo sostoya-  
niya avtomobilya v protsesse ego proizvodstva, remonta i ekspluatatsii // Avtomobil`. Doroga. Infrastruktura. - 2016. -  
№3(9). - S. 2-8.
5. Moroz S.M. Obespechenie bezopasnosti tekhnicheskogo sostoyaniya avtotransportnykh sredstv. - М.:  
Akademiya, 2010. - 257 s.
6. Gusev G.A. Osobennosti organizatsii diagnostiki, tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta avtomobiley,



- oborudovannykh elektronnyimi sistemami upravleniya benzinovymi dvigatelyami // Avtotransportnoe predpriyatie. - M. - 2009. - №9. - S. 45-47.
7. Ageev E.V., Sevost'yanov A.L., Kudryavtsev A.L. Povyshenie effektivnosti ekspluatatsii avtomobil'nykh dvigateley za schet ispol'zovaniya tekhnicheskoy endoskopii // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2013. - №3(42). - S. 31-39.
8. Meleshin V.V. Algoritm raboty kompleksa diagnostirovaniya tekhnicheskogo sostoyaniya avtomobilya // Avtomobil'naya promyshlennost'. - 2014. - №6. - S. 36-40.
9. Ivanov A.S., Lyandenburskiy V.V., Rybakova L.A. Taktika tekhnicheskogo obsluzhivaniya i tekushchego remonta avtomobiley na osnove vstroennogo diagnostirovaniya // Niva Povolzh'ya. - 2014. - №3(32). - S. 37-43
10. Komov A.B., Komov P.B., Komov A.P., Komov E.A. Tekhnicheskii kontrol' avtomobil'nogo transporta i osnovy ego organizatsii v usloviyakh tsifrovoy ekonomiki // Problemy tekhnicheskoy ekspluatatsii i avtoservisa podvizhnogo sostava avtomobil'nogo transporta. - M.: Tekhpiligrastsentr. - 2018. - S. 112-126.
11. Glazkov Yu.E., Korobov A.V. Ispol'zovanie informatsionnykh tekhnologiy pri opredelenii godovoy programmy avtotransportnykh predpriyatiy // Kontsept. - 2017. - T. 39. - S. 1186-1190.
12. Ageev E.V., Sevost'yanov A.L., Kudryavtsev A.L. Povyshenie informativnosti pri opredelenii tekhnicheskogo sostoyaniya avtomobiley // Sovremennye avtomobil'nye materialy i tekhnologii. - Kursk. - 2012. - S. 34-37.
13. Ageev E.V., Emel'yanov I.P., Kudryavtsev A.L. Snyatie neopredelennosti pri opredelenii tekhnicheskogo sostoyaniya avtomobiley // Mekhanika i modelirovanie protsessov tekhnologii. - 2013. - №1. - S. 9-14.
14. Emel'yanov I.P., Ageev E.V., Sevost'yanov A.L., Kudryavtsev A.L. Algoritmicheskii podkhod k diagnostike dvigateley avtomobiley // Sovremennye avtomobil'nye materialy i tekhnologii. - Kursk. - 2013. - S. 171-176.
15. Ageev E.V., Kudryavtsev A.L. Diagnostika mashin v APK // Osobennosti tekhnicheskogo i tekhnologicheskogo osnashcheniya sovremennogo sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva. - Orel: OrelGAU. - 2013. - S. 283-290.
16. Prosvirov Yu.E., Basov S.A. Nadezhnost' raboty i metody diagnostiki tsilindroporshnevoy gruppy dvigateley vnutrennego sgoraniya // Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putey soobshcheniya. - RGUPS. - 2010. - №2. - S. 40-45.
17. Burdinskiy I.N. Spetsializirovannyi izmeritel'nyy kompleks v sisteme diagnostiki avtomobil'nogo dvigatelya // Datchiki i sistemy. - M. - 2006. - №10. - S. 39-42.
18. Moroz S.M., Rementsov A.N. Metodologiya issledovaniy i razvitiya tekhnologiy ekspluatatsii avtomobil'nogo transporta: Uchebnoe posobie. - M.: MADI, 2013. - 216 s.
19. Gassel'berg V.S., Zaporozhets A.V. Diagnostika dvigateley vnutrennego sgoraniya avtomobiley po vibroakusticheskim parametram // Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. - Astrakhan': AGTU. - 2007. - №2. - S. 72-74.
20. Tekhnicheskaya ekspluatatsiya avtomobiley / E.S. Kuznetsov, A.P. Boldin, V.M. Vlasov i dr. - M.: Nauka, 2004. - 535 s.

**Ageeva Ekaterina Vladimirovna**

Southwest State University

Address: 305040, Russia, Kursk, 50 years of October, 94

Doctor of technical sciences

E-mail: ageeva-ev@yandex.ru

**Vinogradov Evgeny Sergeevich**

Southwest State University

Address: 305040, Russia, Kursk, 50 years of October, 94

Candidate of technical sciences

E-mail: ganek09@rambler.ru

**Shcherbakov Andrey Vladimirovich**

Southwest State University

Address: 305040, Russia, Kursk, 50 years of October, 94

Candidate of philology sciences

E-mail: ooru46@mail.ru

В.И. САРБАЕВ, А.П. БОЛДИН, А.С. ЧУСОВА, А.Г. ГУСЕВ

## **ПРЕДПОСЫЛКИ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТ ПО ТО И РЕМОНТУ АВТОМОБИЛЕЙ В АТП ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ С ПОДКЛЮЧЕНИЕМ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ АВТОСЕРВИСА**

***Аннотация.** Рассмотрены современные задачи организации работ по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей скорой медицинской помощи, на основе кооперации их проведения в автотранспортных организациях (АТП) и предприятиях автосервиса. На основе предварительного анализа сформулированы привязанные к реальной эксплуатации варианты исследования рациональной организации подобных процессов на основе применения методов статистического имитационного моделирования*

***Ключевые слова:** организация технического обслуживания и ремонта автомобилей, автотранспортные организации (АТП), предприятия автосервиса (СТО), кооперация, имитационное моделирование*

### **Введение**

Научные исследования организационных процессов поддержания работоспособности автомобильного транспорта в условиях рынка начались в нашей стране не так давно, после перехода экономики России на рыночные рельсы, то есть примерно 25-30 лет назад. При этом для развития новых процессов, сбора данных по ним, их анализа и осмысления требуется ещё некоторый период. Однако к настоящему времени появилась уже определённая информация по этой актуальной проблеме, которая требует рассмотрения и обобщения накопленного опыта. В настоящее время в России в автотранспортных предприятиях сформировалась система технического обслуживания (ТО) и текущего ремонта (ТР) автомобилей, основанная на кооперации выполнения работ по ТО и ТР между собственной производственной базой и привлекаемыми предприятиями автосервиса [1, 6, 16]. Распределение этих работ, как по структуре, так и по объемам, решается в каждом конкретном случае руководством предприятия исходя из собственных представлений, в подавляющем большинстве случаев без какого-либо научного обоснования, что зачастую приводит к значительным материальным потерям. Разработка современного научного аппарата и практических методик по выработке оптимальных решений задач распределения работ между АТП и выполняемыми «на стороне», является важной задачей автотранспортной науки.

### **Материал и методы**

Как известно, в настоящее время имеет место достаточно широкое экономически и технически обоснованное использование автомобилей западного (европейского) производства в автотранспортных предприятиях крупных российских городов, в первую очередь в Москве. Это особенно характерно для автомобилей лёгкого коммерческого транспорта массой до 3500 кг, как правило, с дизельными двигателями, используемых для грузовых перевозок и перевозок специального назначения (маршрутные микроавтобусы, почта, скорая техническая и скорая медицинская помощь, и другие). При этом подобные предприятия, в основном унитарного (государственного) характера одновременно широко используют и отечественные автомобили, на производственной основе ГАЗа (ГАЗЕЛЬ, СОБОЛЬ). В то же время специализированные предприятия с легковыми автомобилями (та же скорая медицинская помощь, таксомоторный транспорт), а также лёгкого коммерческого транспорта (перевозка мебели, строительных бытовых материалов, и т.д.) практически полностью используют зарубежный подвижной состав [3].

Указанное обстоятельство создаёт дополнительные сложности в проведении работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту зарубежных автомобилей, поскольку здесь неизбежно приходится отступать от принципов планово-предупредительной системы поддер-

жания работоспособности транспортных средств, разработанной ранее в нашей стране для автотранспортных предприятий (АТП) общего пользования [1]. Как известно, её достоинством является простота организации за счет планового выполнения технологического регламента ТО, и, по потребности, по мере возникновения отказов, работ по ТР, не связанных с обеспечением безопасности дорожного движения и требуемого уровня экологических показателей. При этом обеспечивается удобство планирования потребностей в производственно-технической базе (ПТБ), рабочей силе, запасных частях и других материальных ресурсах. В силу этого указанная система сохраняет свою актуальность в организационных процессах технической эксплуатации средних и крупных государственных и коммерческих АТП, не смотря на несколько иные рекомендации российских заводов-производителей, учитывающих рыночные условия эксплуатации автомобилей индивидуальными владельцами, отражённые в сервисных книжках. Указанный подход переносится и на зарубежные автомобили, особенно когда на них приходится большинство подвижного состава АТП, и практика технической эксплуатации передовых предприятий показала целесообразность указанного подхода [3, 7, 14, 21].

### ***Теория / Расчёт***

Однако, практика также показала, что для полной реализации отмеченного выше подхода необходимо обязательное заблаговременное обеспечение запасными частями по номенклатуре и количеству, прежде всего для выполнения непланового ТР, что значительно сложнее для автомобилей иностранного производства. По этой причине АТП с определённой вероятностью вынуждено использовать принцип кооперации с фирменными станциями технического обслуживания (СТО), которые в состоянии выполнить необходимые работы не только по ТР, но и по ТО, требующее небольшое по номенклатуре и стабильно повторяющееся количество запасных частей. Последнее наблюдается при ограниченных возможностях производственной базы АТП средней мощности или её отсутствием для небольших автотранспортных организаций, которые в условиях рынка становятся основными. Если для автомобилей индивидуальных владельцев подобная организация непланового (случайного) проведения работ по ТО и ТР является единственно возможной, то для крупных предприятий она связана с такими недостатками, как неизбежное повышение стоимости выполнения работ по сравнению с аналогичными материальными и трудовыми затратами на своём АТП, с одной стороны, и с увеличением времени нахождения в ремонте, с другой. В целом специфика отмеченного выше организационного процесса проведения ТО и ТР появилась относительно недавно, после того как ранее приобретённые автомобили отработали гарантийные ресурсы, и, по мнению авторов, требует специального исследования с целью оптимизации общих эксплуатационных затрат [3, 5, 9, 13, 15, 19].

Характерным примером описанных процессов является организация технической эксплуатации на одном из передовых московских предприятий (автокомбинате) «МОСАВТОСАНТРАНС», эксплуатирующих лёгкие коммерческие автомобили специального назначения массой до 3500 кг отечественного (типа ГАЗЕЛЬ) и зарубежного производства (на базе автомобилей Мерседес-Бенц Спринтер), а также легковые автомобили зарубежного производства (в основном фирм Фольксваген и Форд). Автокомбинат состоит из нескольких автобаз с технологическими возможностями выполнения работ по ТО и ТР. При этом все отдельные предприятия использовали принципы кооперации с фирменными СТО для дополнительного выполнения работ по ТО и ТР, но последнее осуществлялось, как правило, по причинам отсутствия необходимых запасных частей на соответствующих автобазах. Проведённый анализ показал, что вероятность выполнения работ по ТР по кооперации с фирменным автосервисом составляет в среднем не менее 18 %, а при более детальном обследовании выявлена возможность повышения этой вероятности выше 50 % [3].

### ***Результаты***

Как известно, выполнение работ по ТО и ТР случайным (неплановым) образом является единственно возможным способом поддержания работоспособности легковых, коммерческих лёгких, грузовых автомобилей и автобусов для индивидуальных владельцев и небольших автотранспортных организаций. Однако для крупных государственных унитарных

предприятий с планово-предупредительной системой ТО и ТР, к которым относятся автобазы медицинской скорой помощи, подобная организация связана с такими недостатками, как выявленное практическое повышение стоимости выполнения работ (в 1,5...2 раза), с одной стороны, и с увеличением времени нахождения в ремонте, в среднем до 2...2,5 недель, а в отдельных случаях до месяца, с другой. Последнее обуславливает необходимость увеличения количества резервных автомобилей для гарантированного выполнения перевозок, что не только связано с дополнительными затратами, но и существенно усложняет организацию в целом, в частности, по содержанию резервных автомобилей без закреплённых водителей на охраняемых площадках [3]. Указанное обстоятельство в целом является существенным для всех автобаз, и возможность путей сокращения затрат в этом направлении, одновременно с упрощением организационных процессов подключения фирменных СТО для выполнения ТО и ТР, представляется актуальным.

Наиболее предпочтительным вариантом решения указанной задачи является проведение имитационного статистического моделирования различных вариантов организации ТО и ТР автомобилей автотранспортного предприятия по кооперации с фирменными СТО, на основе которых могут быть выработаны рекомендации для практического использования. Примеры подобного моделирования для обоснования новых организационно-производственных структур АТП общего пользования, выполненные ранее [2], показали перспективность данного направления, хотя и значительные сложности в его реализации. В основном это связано с необходимостью использования исходных показателей надёжности элементов автомобиля, подвергающихся техническому воздействию в процессах выполнения операций ТО и ТР, которые в настоящее время могут быть получены только заводом-изготовителем в процессе полигонных испытаний. Однако, можно предположить, что, поскольку в неявном виде эти показатели отражены в сервисных книжках автомобилей, на их основе, при помощи использования общих статистических закономерностей, можно, в первом приближении, определить и принять для моделирования параметры основных законов распределения ресурсов этих элементов (нормального, Вейбулла и экспоненциального), которых будет достаточно для предварительного имитационного статистического моделирования. При этом важное значение будут иметь полученные нами показатели рассеяния вероятностей обращения в СТО, приведённые выше [2].

### **Обсуждение**

В связи с последним, рассматривалась возможность решения комплексной задачи определения рациональной организации ТО и ТР для пяти автобаз ГУП автокомбината «Мосавтосантранс», прежде всего, с целью снижения времени пребывания автомобилей в фирменной СТО и сокращения количества резервных автомобилей. Следует отметить, что статистическое имитационное моделирование ранее (более 30-ти лет назад) уже использовалось при оценке перспективных организационно-производственных структур АТП общего пользования [2, стр. 163-198]. Указанные модели, реализованные на стационарных ЭВМ (единой серии ЕС), базировались на статистических показателях надёжности, в основном на законах распределения наработок агрегатов и узлов автомобилей на аварийные отказы и неисправности и времени их устранения, наглядно показывали преимущества перспективных организационных систем как в отношении экологической безопасности и безопасности движения, так и в отношении снижения затрат на техническую эксплуатацию. К сожалению, разработанные ранее программы уже не могут быть непосредственно применены на практике, однако общие принципы имитационного моделирования в настоящее время могут быть реализованы на основе программы GPSS WORLD для персональных и переносных компьютеров (ноутбуков), появившейся относительно недавно (15 лет назад, а наиболее «продвинутые» варианты в последние 5 лет). Хотя указанная программа продаётся на рынке для установки только на один компьютер или внутреннюю сеть (активационные коды передаются из Канады) и сложно осваивается специалистами в области ТЭА, её использование, безусловно, должно быть эффективным и приведёт к развитию цифровых технологий [17, 18] в сфере технического обслуживания и ремонта автомобилей.

Из анализа практики также становится очевидно, что увеличение общего времени пребывания автомобилей на специализированном СТО в определённой степени обуславливается недостаточным уровнем знаний предприятия о текущем техническом состоянии направляемых на ремонт автомобилей, которое фиксируется только фактом аварийного отказа или резким ухудшением основных эксплуатационных свойств (дымного выхлопа, увеличения расхода топлива, снижения динамических качеств). Поэтому очевидна ценность предварительной информации о прогнозировании отказов и неисправностей на ближайший период, при наличии которой обслуживание и ремонт могут быть осуществлены с наименьшими материальными, трудовыми и материальными затратами. Для этого предусматривается проведение технической диагностики, однако для дизельных автомобилей зарубежного производства она осуществляется фирменным электронным оборудованием только на специализированных СТО, для выявления дополнительных работ, не указанных в заявке. В частности, в Москве для автомобилей Мерседес-Бенц Спринтер подобными диагностическими устройствами временно оснащаются только крупные дилерские центры от завода-изготовителя автомобилей, а аренда и тем более продажа диагностического оборудования эксплуатационным организациям не допускаются [10, 11].

Последние 3-4 года отмечены существенным усложнением и совершенствованием электронного диагностического оборудования за счет широкого применения компьютерной техники и расширения и усложнения системы встроенных в автомобиль датчиков, подключаемых к переносным устройствам через универсальный диагностический разъём OBDII. При этом все процессы замера значений параметров и постановки диагноза производится автоматически, и на экран дисплея в итоге выводятся обработанные результаты диагностирования в виде указаний по проведению необходимых ремонтно-регулирующих операций и замен. Роль оператора при этом значительно упрощена, что дает возможность снизить требования к его квалификации, и, тем самым, при определенном повышении затрат на оборудование получить существенную экономию на подготовке кадров. В частности, для автомобилей Мерседес-Бенц Спринтер, при использовании фирменного оборудования появились дополнительные возможности комплексной оценки состояния двигателя по изменению расхода топлива, угла опережения впрыска, степени загрязнения сажевых фильтров, показателей работы отдельных форсунок и др., на основе обобщения которых, с определённой вероятностью, появляется возможность предсказать появление потребности в технологических воздействиях на ближайший период [4, 8].

Отсюда объяснимо, почему фирменное обслуживание не допускает возможности получения подобной информации в рядовой эксплуатации, обладание которой позволяет резко повысить технологические возможности даже самых простых (типа «гаражных») сервисов. В конечном итоге все неисправности и отказы устраняются с использованием типового набора гаечных ключей, головок и других инструментов. Практика показала высокую эффективность использования более простых универсальных (планшетных и компьютерных) диагностических средств для бензиновых двигателей зарубежных моделей даже для условий однопостового («домашнего») сервиса, приобретающего запасные части «по потребности» после окончательной оценки технического состояния. В целом последние варианты диагностических устройств (для бензиновых и дизельных легковых и грузовых автомобилей) уже в состоянии снять информационные ограничения по созданию организации перспективной предпринимательской цифровой экономики для индивидуальных перевозчиков [12, 20].

В этом отношении существенным технологическим прорывом можно считать появление на рынке российских разработок универсального диагностического устройства Star Diagnosis ver. 24.12.2.1 от 12.2018 г. (рекламируется в интернете) для автомобилей Мерседес-Бенц Спринтер (и других моделей дизелей при дополнительном программном обеспечении), апробирование которого показало его технологическую и экономическую целесообразность широкого использования в России. Поэтому целесообразно провести два варианта имитационного моделирования: первый – на основе плана проведения ТО; второй – с использовани-

ем результатов предварительного диагностирования, для чего изучить специфические особенности использования последнего и его информационные возможности.

### **Выводы**

Таким образом, описанные выше особенности и требования к составу и характеристикам информации смогут обеспечить построение имитационных моделей организационных процессов технического обслуживания и ремонта автомобилей в условиях кооперации работ между автотранспортным предприятием и предприятиями автосервиса, которые будут использованы при принятии оптимальных управленческих решений для специфических особенностей конкретного предприятия. В последующем, после освоения данного направления, указанный подход целесообразно распространить на более широкий круг задач по комплексному управлению коммерческой и технической эксплуатацией автомобилей в усложнившихся условиях современного рынка.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник для вузов / Е.С. Кузнецов, А.П. Болдин, В.М. Власов и др. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Наука, 2004. - 535 с.
2. Болдин А.П., Максимов В.А. Основы научных исследований: Учебник для студ. учреждений высш. образования. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Академия, 2014. - 352 с.
3. Болдин А.П., Сарбаев В.И., Чусова А.С. Особенности технической эксплуатации автомобилей специального назначения // Совершенствование автотранспортных систем и сервисных технологий: Сб. науч. тр. по материалам XIV Международной научно-технической конференции. - Саратов. - 2018. - С. 75-78.
4. Бойкачев М.А. Оптимизация работы станций технического обслуживания автомобилей // Рынок транспортных услуг (проблемы повышения эффективности). - 2004. - №2. - С. 25-27.
5. Виноградов В.М., Бухтеева И.В., Редин В.Н. Организация производства технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей: Учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования. - 3-е изд., стер. - М.: Издательский центр «Академия», 2013. - 272 с.
6. Буклагина Г.В. Разработка рациональных форм централизованных специализированных производств по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей // Инженерно-техническое обеспечение АПК: Реферативный журнал. - М. - 2004. - №1. - С. 292.
7. Денисов Ил.В., Смирнов А.А. Реализующий алгоритм управления режимами технических воздействий по техническому обслуживанию автомобилей на комплексных автотранспортных предприятиях // Проблемы функционирования систем транспорта: Сб. науч. тр. по материалам Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. - Тюмень. - 2015. - С. 182-187.
8. Дзюбан Е.О. Повышение эффективности компьютерных технологий при техническом обслуживании автомобилей // Вестник Поволжского государственного университета сервиса. Серия: Экономика. Тольятти. - 2010. - №3(11). - С. 149-154.
9. Жердев А.В., Предвечнов Д.С., Лукьяненко Д.Ю. Концепция технического обслуживания и ремонта автомобилей с учетом неравномерности и цикличности эксплуатации // Наука в современном обществе: закономерности и тенденции развития: сб. ст. Международной научно-практической конференции. - Sterilitamak: ООО «ОМЕГА САЙНС». - 2019. - С. 22-25.
10. Казаринов Ю.И., Казаринова Е.Ю. Методология построения корпоративной системы технического обслуживания и ремонта автомобилей на сервисном предприятии / Отв. ред. Ю.Б. Чебыкина // Опыт, актуальные проблемы и перспективы развития нефтегазового комплекса: сб. науч. тр. по материалам VIII Международной научно-практической конференции обучающихся, аспирантов и ученых: в 2 томах. - Нижневартовск: Тюменский индустриальный ун-т. - 2018. - С. 148-151.
11. Карпова Л.Ю. Стратегия управления качеством технического обслуживания и ремонта автомобилей на основе логистического подхода: Дис. ... канд. экон. наук. - Самара, 2004. - 217 с.
12. Комов П.Б., Комов А.Б., Комов А.П., Комов Е.А. Интеграция технической эксплуатации автомобилей в процессы и структуры цифровой экономики // Проблемы технической эксплуатации и автосервиса подвижного состава автомобильного транспорта: сб. науч. тр. по материалам 77-ой научно-методической и научно-исследовательской конференции МАДИ. - М.: ООО «Технополиграфцентр». - 2019. - С. 181-185.
13. Магомедов Ф.М., Меликов И.М., Магомедова Н.Ф., Гасанова Э.С. Стратегии технического обслуживания и ремонта автомобилей АПК // Актуальные вопросы развития транспортной системы: сб. науч. тр. по материалам Международной научно-практической конференции. - Махачкала: Компания Китаб. - 2016. - С. 22-29.
14. Махмудова, Ф.М. Система управления и ее основные положения при ремонте и технического обслуживания автомобилей / Под общей редакцией А.И. Вострецова // Инновационные научные исследования: теория, методология, практика: Сб. тр. по материалам Международной (заочной) научно-практической конференции. - Кишинев: Мир науки. - 2019. - С. 60-65.
15. Панин А.В. Организация технологических процессов технического обслуживания и ремонта автомобилей // Информационно-справочное пособие по курсу «Технологические процессы поддержания работоспособности автомобилей». - Барнаул, 2018. - С. 102.



16. Романцов Р.В. Разработка рациональных форм централизованных специализированных производств по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. - Саратов, 2002. - 19 с.
17. Федоров А.Г., Криков А.М. Оценка эффективности технического обслуживания грузовых автомобилей с применением системы информационной поддержки / Отв. ред. С.П. Озорнин // Наземные транспортно-технологические средства: проектирование, производство, эксплуатация: Сб. тр. по материалам I Всероссийской заочной научно-практической конференции. - Чита: Забайкальский государственный университет. - 2016. - С. 136-143.
18. Федоров А.Г. Информационные системы поддержки принятия решений в системе технического обслуживания автомобилей АПК // Леса России и хозяйство в них. - Екатеринбург. - 2012. - №1-2(42-43). - С. 92-94.
19. Хабибуллин Р.Г. Основы формирования фирменной системы технического обслуживания и ремонта автомобилей (на примере автоцентров КАМАЗ): Автореф. дис. ... канд. техн. наук. - Москва, 2000. - 20 с.
20. Шахтарин К.В. Совершенствование системы технического обслуживания автомобилей // Студент и аграрная наука: сб. науч. тр. по материалам XII Всероссийской студенческой научной конференции. - Изд-во: Башкирский государственный аграрный университет. - 2018. - С. 179-182.
21. Ясенков Е.П. Разработка методик планирования оптимальных режимов технического обслуживания грузовых автомобилей: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. - Ленинград, 1990. - 18 с.

**Сарбаев Владимир Иванович**

Московский политехнический Университет

Адрес: 107023, Россия, г. Москва, ул. Большая Семёновская, 38

Д.т.н., профессор, профессор кафедры «Наземные транспортные средства»

E-mail: visarbaev@gmail.ru

**Болдин Адольф Петрович**

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет

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

Д.т.н., профессор, профессор кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта и автосервис»

E-mail: boldin1940@yandex.ru

**Чусова Антонина Сергеевна**

Московский политехнический Университет

Адрес: 107023, Россия, г. Москва, ул. Большая Семёновская, 38

Аспирант

E-mail: marina-chusova67@yandex.ru

**Гусев Андрей Георгиевич**

Московский политехнический Университет

Адрес: 107023, Россия, г. Москва, ул. Большая Семёновская, 38

Аспирант

E-mail: andreu200909@icloud.com

V.I. SARBAEV, A.P. BOLDIN, A.S. CHUSOVA, A.G. GUSEV

## BACKGROUND OF IMITATION SIMULATION OF PROCESSES OF ORGANIZING WORKS FOR MAINTENANCE AND REPAIR OF CARS IN ATP OF GENERAL USE WITH THE CONNECTION OF SPECIALIZED CAR SERVICE ENTERPRISES

**Abstract.** *The modern tasks of organizing the maintenance and repair of ambulances, based on the cooperation of their implementation in motor transport organizations (ATP) and car service enterprises, are considered. Based on a preliminary analysis, research options for the rational organization of such processes based on the application of statistical simulation methods tied to real operation are formulated.*

**Keywords:** *organization of technical maintenance and repair of automobiles, motor transport organizations (ATP), car service enterprises (STO), cooperation, imitation simulation*

### BIBLIOGRAPHY

1. Tekhnicheskaya ekspluatatsiya avtomobiley: Uchebnik dlya vuzov / E.S. Kuznetsov, A.P. Boldin, V.M. Vlasov i dr. - 4-e izd., pererab. i dop. - M.: Nauka, 2004. - 535 s.
2. Boldin A.P., Maksimov V.A. Osnovy nauchnykh issledovaniy: Uchebnik dlya stud. uchrezhdeniy vyssh. obrazovaniya. - 2-e izd., pererab. i dop. - M.: Akademiya, 2014. - 352 s.
3. Boldin A.P., Sarbaev V.I., Chusova A.S. Osobennosti tekhnicheskoy ekspluatatsii avtomobiley spetsial'nogo naznacheniya // Sovershenstvovanie avtotransportnykh sistem i servisnykh tekhnologiy: Sb. nauch. tr. po materialam XIV Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. - Saratov. - 2018. - S. 75-78.

4. Boykachev M.A. Optimizatsiya raboty stantsiy tekhnicheskogo obsluzhivaniya avtomobiley // Rynok transportnykh uslug (problemy povysheniya effektivnosti). - 2004. - №2. - S. 25-27.
5. Vinogradov V.M., Bukhteeva I.V., Redin V.N. Organizatsiya proizvodstva tekhnicheskogo obsluzhivaniya i tekushchego remonta avtomobiley: Ucheb. posobie dlya stud. uchrezhdeniy sred. prof. obrazovaniya. - 3-e izd., ster. - M.: Izdatel'skiy tsentr «Akademiya», 2013. - 272 s.
6. Buklagina G.V. Razrabotka ratsional'nykh form tsentralizovannykh spetsializirovannykh proizvodstv po tekhnicheskomu obsluzhivaniyu i remontu avtomobiley // Inzhenerno-tekhnicheskoe obespechenie APK: Referativnyy zhurnal. - M. - 2004. - №1. - S. 292.
7. Denisov I.I., Smirnov A.A. Realizuyushchiy algoritm upravleniya rezhimami tekhnicheskikh vozdeystviy po tekhnicheskomu obsluzhivaniyu avtomobiley na kompleksnykh avtotransportnykh predpriyatiyakh // Problemy funktsionirovaniya sistem transporta: Sb. nauch. tr. po materialam Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchionykh. - Tyumen'. - 2015. - S. 182-187.
8. Dzyuban E.O. Povyshenie effektivnosti komp'yuternykh tekhnologiy pri tekhnicheskoy obsluzhivani avtomobiley // Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo universiteta servisa. Seriya: Ekonomika. Tol'yatti. - 2010. - №3(11). - S. 149-154.
9. Zherdev A.V., Predvechnov D.S., Luk'yanenko D.Yu. Kontseptsiya tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta avtomobiley s ucheto neravnomernosti i tsiklichnosti ekspluatatsii // Nauka v sovremennom obshchestve: zakonnomernosti i tendentsii razvitiya: sb. st. Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Sterlitamak: OOO «OMEGA SAYNS». - 2019. - S. 22-25.
10. Kazarinov Yu.I., Kazarinova E.Yu. Metodologiya postroeniya korporativnoy sistemy tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta avtomobiley na servisnom predpriyatii / Otv. red. Yu.B. Chebykina // Opyt, aktual'nye problemy i perspektivy razvitiya neftegazovogo kompleksa: sb. nauch. tr. po materialam VIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii obuchayushchikhsya, aspirantov i uchionykh: v 2 tomakh. - Nizhnevartovsk: Tyumenskiy industrial'nyy un-t. - 2018. - S. 148-151.
11. Karpova L.Yu. Strategiya upravleniya kachestvom tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta avtomobiley na osnove logisticheskogo podkhoda: Dis. ... kand. ekon. nauk. - Samara, 2004. - 217 s.
12. Komov P.B., Komov A.B., Komov A.P., Komov E.A. Integratsiya tekhnicheskoy ekspluatatsii avtomobiley v protsessy i struktury tsifrovoy ekonomiki // Problemy tekhnicheskoy ekspluatatsii i avtoservisa podvizhnogo sostava avtomobil'nogo transporta: sb. nauch. tr. po materialam 77-oy nauchno-metodicheskoy i nauchno-issledovatel'skoy konferentsii MADI. - M.: OOO «Tekhpolygon». - 2019. - S. 181-185.
13. Magomedov F.M., Melikov I.M., Magomedova N.F., Gasanova E.S. Strategii tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta avtomobiley APK // Aktual'nye voprosy razvitiya transportnoy sistemy: sb. nauch. tr. po materialam Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Makhachkala: Kompaniya Kitab. - 2016. - S. 22-29.
14. Makhmudova, F.M. Sistema upravleniya i ee osnovnye polozeniya pri remonte i tekhnicheskoy obsluzhivaniya avtomobiley / Pod obshchey redaktsiei A.I. Vostretsova // Innovatsionnye nauchnye issledovaniya: teoriya, metodologiya, praktika: Sb. tr. po materialam Mezhdunarodnoy (zaочноy) nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Kishinev: Mir nauki. - 2019. - S. 60-65.
15. Panin A.V. Organizatsiya tekhnologicheskikh protsessov tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta avtomobiley // Informatsionno-spravochnoe posobie po kursu «Tekhnologicheskie protsessy podderzhaniya rabotosposobnosti avtomobiley». - Barnaul, 2018. - C. 102.
16. Romantsov R.V. Razrabotka ratsional'nykh form tsentralizovannykh spetsializirovannykh proizvodstv po tekhnicheskomu obsluzhivaniyu i remontu avtomobiley: Avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. - Saratov, 2002. - 19 s.
17. Fedorov A.G., Krikov A.M. Otsenka effektivnosti tekhnicheskogo obsluzhivaniya gruzovykh avtomobiley s primeneniem sistemy informatsionnoy podderzhki / Otv. red. S.P. Ozornin // Nazemnye transportno-tekhnologicheskie sredstva: proektirovanie, proizvodstvo, ekspluatatsiya: Sb. tr. po materialam I Vserossiyskoy zaочноy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Chita: Zabaykal'skiy gosudarstvennyy universitet. - 2016. -S. 136-143.
18. Fedorov A.G. Informatsionnye sistemy podderzhki prinyatiya resheniy v sisteme tekhnicheskogo obsluzhivaniya avtomobiley APK // Lesa Rossii i khozyaystvo v nikh. - Ekaterinburg. - 2012. - №1-2(42-43). - S. 92-94.
19. Habibullin R.G. Osnovy formirovaniya firmennoy sistemy tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta avtomobiley (na primere avtotstentrov KAMAZ): Avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. - Moskva, 2000. - 20 c.
20. Shakhhtar K.V. Sovershenstvovanie sistemy tekhnicheskogo obsluzhivaniya avtomobiley // Student i agrarnaya nauka: sb. nauch. tr. po materialam III Vserossiyskoy studencheskoy nauchnoy konferentsii. - Izd-vo: Bashkirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet. - 2018. - S. 179-182.
21. Yassenkov E.P. Razrabotka metodik planirovaniya optimal'nykh rezhimov tekhnicheskogo obsluzhivaniya gruzovykh avtomobiley: Avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. - Leningrad, 1990. - 18 s.

**Sarbaev Vladimir Ivanovich**  
 Moscow Polytechnic University  
 Address: 107023, Russia, Moscow  
 Doctor of technical sciences  
 E-mail: visarbaev@gmail.ru

**Boldin Adolf Petrovich**  
 Moscow Automobile and Road State Technical University  
 Address: 125319, Russia, Moscow  
 Doctor of technical sciences  
 E-mail: boldin1940@yandex.ru

**Chusova Antonina Sergeevna**  
 Moscow Polytechnic University  
 Address: 107023, Russia, Moscow  
 Graduate student  
 E-mail: marina-chusova67@yandex.ru

**Gusev Andrey Georgievich**  
 Moscow Polytechnic University  
 Address: 107023, Russia, Moscow  
 Graduate student  
 E-mail: andreu200909@icloud.com

Научная статья

УДК 629.33: 004

doi:10.33979/2073-7432-2023-3-1(82)-43-50

И.Ф. ДЬЯКОВ, Ю.В. МОИСЕЕВ, В.И. ДЬЯКОВ

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

**Аннотация.** Изложены возможности поддержания конструкции транспортных средств в исправном состоянии в процессе эксплуатации путем прогнозирования отказов на основе энергопотребления. Рассмотрено техническое состояние транспортного средства с учетом потери энергии, связанной с отказами. Приведены основные зависимости энергопотребления, характеризующие чувствительность автомобиля к отказам.

Предложен краткосрочный, с учетом обслуживающего персонала парка машин, и долгосрочный прогнозы отказов транспортных средств.

**Ключевые слова:** прогнозирование отказов, автотранспортные средства, нейронная сеть, весовые коэффициенты, виброакустические и инерционные колебания, краткосрочный и долгосрочный прогноз

### Введение

При эксплуатации транспортных средств возникают отказы, зависящие от многих причин, в том числе от качества технологичности изготовления заводом-изготовителем и выпускаемых запасных частей, от периодичности проведения технического обслуживания и нагрузочно-скоростных режимов, оказывающих влияние на трудовые и материальные затраты. Заводы-изготовители прогнозируют гарантийный срок эксплуатации до капитального ремонта агрегатов и транспортного средства по пробегу.

### Материал и методы

Качественно изготовленные и собранные агрегаты на заводе-изготовителе и соответствующие техническим условиям дают возможность снизить интенсивность отказов агрегатов, удельный расхода топлива, трудоёмкость текущего ремонта и повысить надежность [1, 2]. Для оценки совершенства конструкции транспортного средства используют множества методов исследования направленные на повышение вероятности безотказной работы, тягово-скоростных режимов и топливно-экономических свойств. Чем динамичнее транспортное средство, тем меньше тратится время на разгон и тем выше его средняя скорость. Техническое состояние двигателя определяют по таким показателям как расход масла на 100 км пробега или продуктов износа цилиндро-поршневой группы. Более полную информацию о техническом состоянии транспортного средства можно получить по расходу топлива на 100 км пробега. Расход топлива изменяется при появлении неисправностей в различных системах двигателя, трансмиссии, ходовой части. Определены по данным эксплуатации транспортных средств ЗиЛ отказы по отдельным деталям, воспринимающим силовые нагрузки, которые имели высокий коэффициент корреляции до 76,4, отдельные детали, например, износ синхронизаторов коробки переменной передачи – 73,5 и некоторые – шарниры рулевого управления менее – 64,7. В общем для всех отказов транспортного средства коэффициент корреляции составил на 24,8 % больше, чем км пробега [3, 4].

Таким образом, целью данной работы является возможность минимизации времени простоя при текущем ремонте транспортного средства в условиях эксплуатации. Однако энергозатраты также имеют погрешность при эксплуатации, например, когда транспортное средство находится на стоянке с работающим двигателем или движется с накатом. Чтобы выявить закономерность между наработкой и отказами нужен достоверный показатель прогноза, который позволяет установить скорость изменения технического состояния транспортного средства. Динамика отказов транспортного средства позволяет планировать рациональные сроки эксплуатации, расход запасных частей, определять технический уровень разрабатываемой модели транспортного средства и экономическую целесообразность продолжительности его производства и эксплуатации. Для того, чтобы оценить динамику отказов и

описать её аналитически, необходимо использовать для сравнения наилучшие образцы транспортного средства, которые характеризуют достигнутый мировой технический уровень. При этом желательно использовать экстраполирующую функцию прогноза этого уровня [5-10]. Многообразие функций транспортного средства обуславливает необходимость учета и оценки технического уровня, характеризующие обобщенные показатели качества [11-16].

Именно для прогноза интенсивности отказов транспортных средств следует решать следующие задачи:

- провести прогнозирование отказов при краткосрочном и долгосрочном периоде эксплуатации транспортного средства;
- использовать для прогнозирования наиболее эффективный энергетический показатель.

### Теория / Расчет

Для преодоления сопротивлений движению транспортного средства затрачивается энергия двигателя. На величину энергозатрат влияют системы «моторных» масс, силы тяжести подрессоренной части, давления в шинах, которые зависят от условий эксплуатации с изменением режимов нагружения и неровности дорожного покрытия. Любой режим движения обеспечивается за счет энергии, получаемой при сгорании топлива на выполнение транспортной работы. Преодолеваемые сопротивления движению транспортным средством связаны между собой и влияют на топливно-экономические характеристики, которые связаны с режимами нагружения. Эти условия эксплуатации могут служить средством достижения основной цели – снижению непроизводительных потерь энергии транспортного средства. Обобщенным показателем для транспортного средства принята энергия, получаемая при сгорании топлива в двигателе и трансформируемая передаточным числом трансмиссии, выраженной в виде

$$J_Q = Q_S L \rho_T H_Q u_{тр} \eta_i \eta_z k, \quad (1)$$

где  $Q_S$  – расход топлива,  $\text{дм}^3/\text{км}$ ;

$L$  – путь, пройденный транспортным средством,  $\text{км}$ ;

$\rho_T$  – плотность топлива,  $\text{кг}/\text{дм}^3$ ;

$H_Q$  – теплотворная способность топлива,  $\text{ккал}/\text{кг}$ ;

$u_{тр}$  – передаточное число трансмиссии;

$\eta_i, \eta_z$  – индикаторный и эффективный КПД двигателя соответственно;

$k = 1,162 \cdot 10^{-3}$  – переводной коэффициент при переходе из ккал в кВт·ч.

Уравнение (1) является общим показателем и соответствующим всем типам транспортных средств, в том числе пригодно для дифференциальной оценки их работоспособности в комплексе в условиях эксплуатации. Комплексный учет множества параметров, отдельно взятого транспортного средства, влияющего на выполнение транспортной работы, представлен уравнением [2].

Преодолеваемые сопротивления движению вызывают повышение расхода топлива относительно нормативного за счет изменения упруго-диссипативной характеристики трансмиссии и ведущих колес. Упругий диссипативный момент трансмиссии  $T_{тр}$  зависит от крутильной жесткости  $c_{тр}$  трансмиссии, суммарного углового зазора  $\varphi_{зк}$  зубчатых колес, и может быть представлен в виде кусочно-линейной функции при исправном и возникновении неисправностей трансмиссии

$$T_{тр} = \left\{ \begin{array}{l} 0, \text{ если трансмиссия исправна } \varphi_{тр} \leq \frac{\varphi_{зк}}{2} \\ c_{тр} \left( \left| \varphi_{тр} \right| - \frac{\varphi_{зк}}{2} \right) \text{sign } \varphi_{тр}, \text{ если трансмиссия неисправна } \varphi_{тр} \geq \frac{\varphi_{зк}}{2} \end{array} \right\},$$

где  $\varphi_{тр}$  – относительный угол закручивания трансмиссии относительно коленчатого вала двигателя.

Признаками появления неисправностей трансмиссии могут быть вибрации зубчатых колес, подшипников карданного вала, которые приводят к изменению спектра вибрации зубчатой передачи. Интенсивным источником вибрации являются также изношенные подшипники качения. Одним из наиболее распространенных дефектов могут быть перекос валов, изменение формы внутренней и внешней дорожки тел качения. Виброакустические и инерционные колебания являются иногда признаками появления отказов, которые затруднены для их прогнозирования. Отказы, возникающие из-за погрешности сборки в процессе изготовления транспортного средства, можно отнести к несовершенству конструктивной технологичности. При этом конструктивную технологичность представляют отношением значений разности  $J_{Q_0}$  от энергии двигателя и затрачиваемые на выполнение транспортной работы  $J_s$  к общим энергозатратам  $J_{Q_0}$  в виде

$$\eta_i = \frac{J_{Q_0} - J_s}{J_{Q_0}} = 1 - \frac{J_s}{J_{Q_0}}$$

Коэффициент  $\eta_i$  находится в диапазоне от нуля до единицы в зависимости от режимов нагружения. Транспортное средство имеет значительные потери энергии при  $\eta_i \geq 0,8$  в период транспортирования грузов. Величина энергии  $J_{Q_0}$  зависит от совершенства конструкции двигателя, трансмиссии, включая свойства шины. Если рассматривать совершенства конструкции снаряженного транспортного средства, то возникает необходимость учета потери энергии в шинах в ведущем и ведомом режимах. Тогда коэффициент конструктивной технологичности можно выразить с использованием следующего соотношения:

$$\eta_J = J_{Q_0} - (J_{ш}^B + J_{ш}^H) / J_{Q_0} \leq 1,$$

где  $J_{ш}^B, J_{ш}^H$  – потери энергии в шинах в ведомом и ведущем режимах, соответственно.

Величину энергозатрат на ведущей шине при циклическом нагружении крутящим моментом, возникающим во время переключения передач выражают в виде

$$J_{S_{ш}} = 2,723 \cdot 10^{-6} \tau A_r \text{sign} A_l l_{\tau \delta} \mu_{\tau \delta} N_{ц} \text{tg} \alpha / 2 \pi r_k V_{ш} - b \pm \sqrt{b^2 - 4ac} / 2a,$$

где  $\tau$  – касательные напряжения шины с плоскостью дороги;

$A_r$  – площадь петли гистерезиса шины;

$\mu_{\tau \delta}$  – масштабные коэффициенты ( $\tau - A_r$ ) по координатным осям;

$\text{tg} \alpha$  – угол наклона площади петли гистерезиса в координатных осях ( $\tau - A_r$ );

$\text{sign} A_f$  – скорость роста сухого трения между слоями шины за цикла  $N_{ц}$  нагружения;

$r_k$  – радиус колеса;

$V_{ш}$  – объём шины.

Коэффициент технологичности транспортного средства в процессе эксплуатации изменяется не только от величины расхода топлива, но и от возникновения неисправностей любого  $i$ -го агрегата. Применение показателя эксплуатационной технологичности даёт возможность своевременно устранять отказы и приемлемо для оценки технического состояния парка машин, что окажет большую помощь при прохождении технического осмотра. При этом предоставляют годовую наработку и расход топлива. Если коэффициент эксплуатационной технологичности превышает более 0,80, то техническое состояние данного транспортного средства приходит к предельному состоянию.

Прогнозирование изменения технологичности транспортного средства по годам эксплуатации приводит к некоторым погрешностям, так как в течение года оно подвергается несколько раз текущему ремонту с определенной трудоемкостью. Следует различать краткосрочное и долгосрочное прогнозирование. Краткосрочное прогнозирование позволяет предупреждать об отказе в ближайшее время, долгосрочное дает возможность планировать расход запасных частей для текущего ремонта. Эффективность долгосрочного прогнозирования повышается если исследовать отказы по агрегатам или деталям в отдельности. Как при краткосрочном, так и долгосрочном прогнозировании используется эталонное транспортное средство, позволяющее судить согласованности значений тестирующего транспортного средства со случайными отказами за определенный период наработки по критерию согласия. При использовании критерия согласия выбирается некоторая величина  $D$ , являющаяся мерой отношений эмпирической функции распределения случайных отказов  $\lambda_i$  к тестирующим транспортным средствам  $F_{J_s}(\lambda_i)$  от функции распределения  $F(\lambda_i)$  эталонного транспортного средства, подчиняющиеся одинаковому закону распределения с учетом масштабного коэффициента:

$$D = f(F_{J_s}(\lambda), F(\lambda_i)).$$

По величине критерия согласия можно сравнить исследуемые транспортные средства с эталонными образцами. Прогнозируемая величина ресурса тестируемого транспортного средства соответствует определенной точности изготовления относительно закона распределения отказов. При значении  $D = 0,8$  прогнозируемый ресурс тестируемого транспортного средства составит дополнительно 20 %. Можно использовать и другие показатели, например, плотность цилиндрической группы, часовой расход топлива, спектр шума двигателя при частоте вращения коленчатого вала, агрегатов трансмиссии и др.

Краткосрочный прогноз ресурса  $R_n^-$  множества автомобилей возможен в форме вероятности безотказной работы, с учетом обслуживающего персонала парка машин и представив их в виде математической модели

$$R_n^- = \left\langle \{N_i\}_{i=1}^n, \{J_s\}_{j=1}^m, J_n \right\rangle \left\{ t_{jq} \right\}_{q=1}^{z_j} \left\{ \lambda_{kj}^g \right\}_{g=1}^{\omega_{kj}},$$

где  $\{N_i\}$  – множество транспортных средств;

$n$  – число исправных транспортных средств от  $i=1$  до  $n$ ;

$\{J_s\} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$  множество показателей, влияющих на работоспособность  $j$ -го агрегата;

$m$  – внешние условия нагружения;

$J_n$  – инженерно-технический состав, как регулирующее звено безотказной работы транспортных средств;

$t_{jq}$  – максимальные  $q$ -е нагрузки, действующие на  $j$ -е агрегаты транспортного средства;

$z_j$  – множество агрегатов, требующих ремонта;

$\lambda_{kj}^g$  –  $g$ -я характеристика интенсивности отказов  $k$ -го транспортного средства  $j$ -го агрегата;

$\omega_{kj}$  – количество ремонтных воздействий  $k$ -го транспортного средства по  $j$ -у агрегату.



## Результаты

Прогнозирование ресурса конструкции агрегатов между отказами возможно при проектировании нового транспортного средства. Период прогнозирования ресурса отдельных агрегатов зависит от коэффициента чувствительности к отказам, выраженный уравнением

$$\chi = \frac{J(Q)_{\text{пр}_i} - J(Q)_{\text{н}_i}}{J(s)_{\text{пр}_i} - J(s)_{\text{н}_i}},$$

где  $J(Q)_{\text{пр}_i}$ ,  $J(Q)_{\text{н}_i}$  – предельное и номинальное значения энергозатрат по расходу топлива соответственно за  $i$ -й период эксплуатации;

$J(s)_{\text{пр}_i}$ ,  $J(s)_{\text{н}_i}$  – предельная и номинальная наработка на выполнение транспортной работы соответственно за  $i$ -й период эксплуатации.

Процесс прогнозирования отказов включает следующие этапы:

- оценка работоспособности агрегатов транспортного средства с помощью коэффициента чувствительности;
- вычисление прогнозируемого показателя интенсивности отказов ( $\lambda$ ) в зависимости от наработки в кВт·ч, начиная сначала наблюдения до момента повышения значения коэффициента чувствительности;
- уточнение интенсивности отказов ( $\lambda$ ) прогнозируемого параметра по углу наклона кривой по координатным осям (отказ – наработка) за используемый период эксплуатации.

Многие из причин отказов следует рассматривать в сочетании с другими факторами, в частности, с износом трущихся деталей. Чем больше расход топлива при неисправностях, тем больше значение коэффициента чувствительности к отказам. Для оценки технического состояния транспортного средства может быть свойства информативности, которая оценивается количеством информации о техническом состоянии транспорта в целом в условиях неопределенности. Рассматривая в условиях неопределенности при долгосрочном прогнозировании ресурса агрегатов транспортного средства по коэффициенту эксплуатационной технологичности, можно для прогнозирования использовать многослойную нейронную сети. Фиксированные отказы в процессе эксплуатации транспортного средства являются случайными величинами, которые могут быть использованы как предсказывающими параметрами прогноза. Для долгосрочного прогнозирования изменения технического состояния использованы одномарочные транспортные средства, при этом сгруппировав интенсивность отказов нарастающим шагом по диапазонам: отк/тыс.кВт·ч: 0,0400-0,046; 0,050-0,055; 0,060-0,065; 0,070-0,075. Первый диапазон соответствует для пяти автомобилей, второй - для десяти и т.д. и представив их в виде

$$x_{\eta} = 0110010*0010100*0100100*0101100.$$

К эталонным транспортным средствам отнесены те транспортные средства, которые имеют гарантированную вероятность безотказной работы с наработкой не более 1,5 тыс.кВт·ч. Такие транспортные средства могут быть использованы для сравнения с исследуемыми для повышения точности прогноза производится предварительная (предпроцессорная) обработка информации [5-8]. Такая обработка сводится к масштабированию значений отсчетов с целью их сведения в единый диапазон. При согласованности количества отказов транспортного средства приняты весовые коэффициенты  $w$  с коэффициентом технологичности  $\eta_{\text{т}}$ .

Для прогнозирования использована программа, которая состоит из двух частей. Первая часть используется для обучения нейронной сети и в результате её работы формируется таблица весовых коэффициентов. Вторая часть – программа запускается для расчета и оценки качества сформированной задачи.

## Пример и результаты расчета

При прогнозировании ресурса между отказами агрегатов автомобиля необходимо иметь следующие условия:

- автотранспортное предприятие, имеющее автомобили ЗиЛ-45067, ГАЗ-3307, УАЗ-3303 и КамАЗ-5420 по – 5 ед.;
- дорожные условия – асфальтированные с неровностями;
- учетчики за техническим состоянием автомобилей 2 чел.;
- учетчик за расходом топлива и транспортной работы 1 чел.;
- среднесуточный пробег 125- 200 км;
- коэффициент использования пробега 0,5;
- компьютер 1 ед.;
- программный комплекс «STATISTICA» фирмы StatSoft, допустимые пределы наработки автомобиля УАЗ-3303 250 тыс. км (184,0 тыс.кВт· ч);
- срок наблюдения за транспортными средствами в условиях эксплуатации может быть в пределах 1,5 – 2 года.

В таблице 1 приведены результаты прогнозирования ресурса разных марок транспортных средств с номинальной грузоподъемностью.

Таблица 1–Значения показателей прогнозирования остаточного ресурса транспортных средств по данным АТП

Марка автомобиля	Расход топлива с грузом, $\text{дм}^3/100 \text{ км}$	Энергобаланс на км пробега, кВт· ч		Коэффициент конструктивной технологичности	Прогнозируемый ресурс, тыс. кВт· ч	
		получена при сгорании топлива	затрачена на перевозку груза		краткосрочный	долгосрочный
ГАЗ-3307	26,0	1,915	0,786	0,590	2,220	3,631
УАЗ-3303	18,9	0,919	0,748	0,187	3,718	5,156
КамАЗ-5420	30,0	2,273	0,837	0,632	1,731	2,510
ЗиЛ-45067	36,7	4,157	0,730	0,824	1,980	3,180

Анализировать техническое состояние автомобилей по энергозатратам представляет определенную сложность, так как отдельные транспортные средства недостаточно полно используют энергию двигателя, например, автомобиль УАЗ-3303. Автомобили КамАЗ-5420 и ГАЗ-3307-01 отличаются по расходу энергии на незначительную величину.

### Обсуждение

Признаками возникновения отказов транспортного средства в процессе эксплуатации могут быть изменения звукового давления выхлопных газов двигателя. Если звуковое давление является детерминированным гармоническим сигналом периодического воздействия, то появления вероятности отказов может не быть. При случайном акустическом процессе вызывает изменение вектора интенсивности звука и возможности появления отказа. Для анализа источников повышенного шума при предельном износе трущихся поверхностей могут быть: двигатель – 48-59 %; шины – 5-8 % и трансмиссия – 2-4 %. С ростом нагрузки уровень шума бензинового двигателя возрастает на 10-15 %. Расчет внутреннего акустического шума в кабине проводят на основе теории акустики.

### Выводы

1. Транспортные средства должны подвергаться к исследованию по всем параметрам на станции диагностики или заводом-изготовителем.
2. Такой показатель, как энергетический может быть представлен в виде средневзвешенного арифметического разностного значения энергозатрат с точки зрения потребительской оценки.
3. При долгосрочном прогнозировании отказов транспортных средств по энергозатратам с учетом срока эксплуатации обеспечивается повышение эффективности транспортной работы, снижение материальных затрат и простоев на текущий ремонт.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аубекеров Н.А., Аубекерова Ж.Н., Сунгатолланова А.Ж. и др. Индивидуальное прогнозирование отказов деталей автомобиля с учетом действительных режимов их работы // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - Карагандинский государственный технический университет. – 2018. - №1. - С. 16-20.
2. Дьяков И.Ф. Оптимальный выбор транспортных средств на основе нейронной технологии. - М.: Машиностроение, 2016. - 378 с.
3. Варнаков Д.В. Прогнозирование параметрической надёжности двигателей автотранспортных средств в нормальном и специальном эксплуатационных режимах // Международный технико-экономический журнал. - 2013. - №3. - С. 94-98.
4. А.с. № 688910 Устройство для учета ресурса транспортных машин. - Бюл. №36, 1979.
5. А.с. № 1206825 Устройство для учета работы двигателя транспортной машины. - Бюл. №3, 1986.
6. Кулешов А.А., Литвин А.Г. Анализ современных методов прогнозирования ресурса узлов и деталей горнотранспортных машин // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2004. - Вып. 3. - С. 294-297.
7. Михлин В.М. Прогнозирование технического состояния машин. - М.: Колос, 1976. - 287 с.
8. Данченко А.В., Ольгард Л.С., Бондарев С.В., Волков Л.Г. Прогнозирование остаточного ресурса ходовых частей подвижного состава, исчерпавших свой ресурс // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна. - 2007. - №15. - С. 83-87.
9. Голубев Ю.Ф. Нейросетевые методы в мехатронике. - М.: Моск. гос.ун-т, 2007. - 157 с.
10. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. – 2-е. изд. - М.: Вильямс, 2006. - 1104 с.
11. Зиновьев А.Ю. Визуализация многомерных данных. - Красноярск: Красноярский гос. техн. ун-т, 2000. – 180 с.
12. Жеглов Л.Ф. Виброакустика колесных машин. - М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. – С. 170.
13. Горяев И.А. Зависимость затрат на запасные части от возраста подвижного состава автомобильного транспорта // Вестник ЮУрГУ. – 2012. – №44. – С.185-186.
14. Дьяков И., Моисеев Ю. Эффективный прибор // Автомобильный транспорт. - №4. – 1986. - С. 14-17.
15. Дьяков И.Ф., Пинков А.П., Кольнев Д.В. и др. Прогнозирование эффективных свойств двигателей транспортного средства // THE SETENTIFI GENERIT GEE. – Прага. - №41- (41). - 2019. - С. 17-27.
16. Афонин М.А. Применение GALS- технологии информационной поддержки на стадии эксплуатации автотранспортных средств как способ обеспечения их надежности // Вестник военного института материального обеспечения: военно-научный журнал. - №2(46). - 2018. - С. 41-50.

### **Дьяков Иван Федорович**

Ульяновский государственный технический университет  
Адрес: 432027, Россия, г. Ульяновск, Северный Венец 32  
Д.т.н., профессор  
E-mail: i.dyakov@ulstu.ru

### **Моисеев Юрий Васильевич**

Ульяновское ЗАО «Системы безопасности»  
Адрес: 432011, Россия, г. Ульяновск, ул. Ленина, д. 6  
К.э.н.  
E-mail: yurymoiseev@mail.ru

### **Дьяков Владислав Иванович**

ООО «Евроизол»  
Адрес: 432000, Россия, г. Ульяновск, Московское шоссе, 32  
К.т.н., инженер АСУТП  
E-mail: v.dyakov72@mail.ru

---

I.F. DYAKOV, Yu.V. MOISEEV, V.I. DYAKOV

## **PREDICTION OF VEHICLE STRUCTURES UNDER OPERATING CONDITIONS**

**Abstract.** The possibilities of maintaining the structure of vehicles in good condition during operation by predicting failures based on energy consumption are outlined. The technical condition of the vehicle is considered, taking into account the energy loss associated with failures. The main dependences of energy consumption, characterizing the sensitivity of the car to failures, are given. The purpose of the work is the possibility of minimizing downtime during the current repair of a vehicle in op-

*erating conditions. The objectives of the study are to predict failures in a timely manner during the short and long-term operation of the vehicle. Short-term, taking into account the maintenance personnel of the fleet of vehicles, and long-term forecasts of vehicle failures are proposed. The long-term forecast is considered on the basis of a neural network that provides results under uncertainty.*

**Keywords:** *failure prediction, vehicles, neural network, weight coefficients, vibroacoustic and inertial vibrations, short-term and long-term forecast*

## **BIBLIOGRAPHY**

1. Aubekero N.A., Aubekero Zh.N. Sungatollanova A.Zh. i dr. Individual'noe prognozirovanie otkazov detaley avtomobilya s uchetom deystvitel'nykh rezhimov ikh raboty // Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy. - Karagandinskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet. - 2018. - №1. - S. 16-20.
2. D'yakov I.F. Optimal'nyy vybor transportnykh sredstv na osnove neyronnoy tekhnologii. - M.: Mashinostroyeniye, 2016. - 378 s.
3. Varnakov D.V. Prognozirovanie parametricheskoy nadiozhnosti dvigateley avtotransportnykh sredstv v normal'nom i spetsial'nom ekspluatatsionnykh rezhimakh // Mezhdunarodnyy tekhniko-ekonomicheskii zhurnal. - 2013. - №3. - S. 94-98.
4. A.s. № 688910 Ustroystvo dlya ucheta resursa transportnykh mashin. - Byul. №36, 1979.
5. A.s. № 1206825 Ustroystvo dlya ucheta raboty dvigatelya transportnoy mashiny. - Byul. №3, 1986.
6. Kuleshov A.A., Litvin A.G. Analiz sovremennykh metodov prognozirovaniya resursa uzlov i detaley gor-notransportnykh mashin // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. - 2004. - Vyp. 3. - S. 294-297.
7. Mikhlin V.M. Prognozirovanie tekhnicheskogo sostoyaniya mashin. - M.: Kolos, 1976. - 287 s.
8. Danchenko A.V., Ol'gard L.S., Bondarev S.V., Volkov L.G. Prognozirovanie ostatochnogo resursa kho-dovykh chastei podvizhnogo sostava, ischerpavshikh svoi resurs // Vestnik Dnipropetrovs'kogo natsional'nogo-universiteta zaliznichnogo transportu im. akademika V. Lazaryana. - 2007. - №15. - S. 83-87.
9. Golubev Yu.F. Neyrosetevye metody v mekhatronike. - M.: Mosk. gos.un-t, 2007. - 157 s.
10. Haykin S. Neyronnye seti: polnyy kurs. - 2-e. izd. - M.: Vil'yams, 2006. - 1104 s.
11. Zinov'ev A.Yu. Vizualizatsiyamnogomernykh dannykh. - Krasnoyarsk: Krasnoyarskiy gos. tekhn. un-t, 2000. - 180 s.
12. Zheglov L.F. Vibroakustika kolesnykh mashin. - M.: MGTU im. N.E. Baumana, 2013. - S. 170.
13. Goryaev I.A. Zavisimost' zatrat na zapasnye chasti ot vozrasta podvizhnogo sostava avtomobil'nogo transporta // Vestnik YUUrGU. - 2012. - №44. - S.185-186.
14. D'yakov I., Moiseev Yu. Effektivnyy pribor // Avtomobil'nyy transport. - №4. - 1986. - S. 14-17.
15. D'yakov I.F., Pinkov A.P., Kol'nev D.V. i dr. Prognozirovanie effektivnykh svoystv dvigateley transportnogo sredstva // THE SETENTIFI GEHERIT GEE. - Praga. - №41- (41). - 2019. - S. 17-27.
16. Afonin M.A. Primenenie GALS- tekhnologii informatsionnoy podderzhki na stadii ekspluatatsii avtotran-spotnykh sredstv kak sposob obespecheniya ikh nadezhnosti // Vestnik voennogo instituta material'nogo obespecheniya: voenno-nauchnyy zhurnal. - №2(46). - 2018. - S. 41-50.

### **D'yakov Ivan Fyodorovich**

Ulyanovsk State Technical University.

Address: 432027 Russia, Ulyanovsk, Northern Venets, 32

Doctor of technical sciences

E-mail: i.dyakov@ulstu.ru

### **Moiseev Yuri Vasilievich**

Ulyanovsk CJSC «Security Systems»

Address: 432011, Russia, Ulyanovsk, Leninastreet, 6

Candidate of economic sciences

E-mail: yurymoiseev@mail.ru

### **D'yakov Vladislav Ivanovich**

Evroizol LLC

Address: 432000, Russia, Ulyanovsk, Moscow highway, 32

Candidate of technical sciences

E-mail v.dyakov72@mail.ru

Научная статья

УДК 621

doi:10.33979/2073-7432-2023-3-1(82)-51-57

С.А. МИХАЙЛИЧЕНКО, А.В. ШАТАЛОВ, В.А. ШАТАЛОВ

## ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

**Аннотация.** В результате исследования установлено, что на качество дорожного покрытия большую степень оказывает вид и структура используемого материала, в этом свете особое внимание уделяется измельчаемым материалам. В связи с этим, в рамках статьи рассмотрено несколько материалов для измельчения в роторно – центробежном агрегате. Выбраны различные рабочие органы агрегата, влияющие на технологические параметры измельчителя. Установлены наиболее рациональные комплектующие измельчителя, удобные для дальнейшего использования на производстве.

**Ключевые слова:** автомобильные дороги, безопасность движения, строительство, измельчение, производительность измельчителя, гомогенизация, диспергатор

### Введение

В настоящее время идет интенсивный поиск принципиально новых агрегатов для измельчения различных материалов. Основные требования, предъявляемые к измельчителям – высокая производительность, умеренные энергозатраты, высокое качество получаемого сырья и т.д. Науке давно известны агрегаты, которые имеют возможность разносторонне воздействовать на измельчаемое сырье. К примеру, существует возможность совместить ударное и режущее воздействие на материал. Добиться комплексного динамического воздействия на сырье можно разными путями: конструирование агрегата со сложным рабочим органом или совместить несколько рабочих органов в одном агрегате. Мы предлагаем избрать второй путь т.к. он менее затратный на проектирование и науке уже известны несколько измельчителей с комплексным динамическим воздействием.

Измельчители комплексного динамического воздействия имеют два исполнения: многокамерные и однокамерные с рабочим органом в виде одного ротора с различными насадками. Известен агрегат комбинированного действия с роторно – центробежным строением для переработки органических и минеральных материалов [1]. Агрегат (рис. 1) включает в себя последовательно расположенные цилиндрические камеры измельчения 1, 2, внутри которых помещены роторы 7, 8. Камеры 1, 2 оборудованы средствами для подачи исходного материала, добавок и отвода готовой продукции. В первой камере 1 измельчения установлен смещенный в направлении загрузочного отверстия бандаж, который состоит из съемных элементов с классифицирующими отверстиями. Внутри бандаж эксцентрично его центральной оси установлен ротор 7, который составлен из набора дисковых фрез 9, закрепленных на валу 5. Над загрузочным отверстием первой камеры измельчения 1 установлены два шипованных вала 11, вращающихся навстречу друг другу [1].

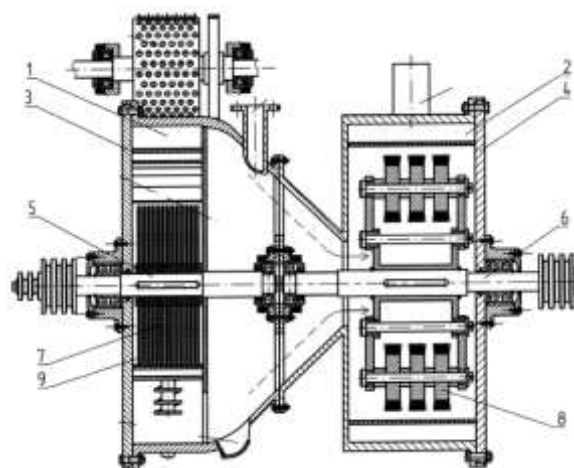
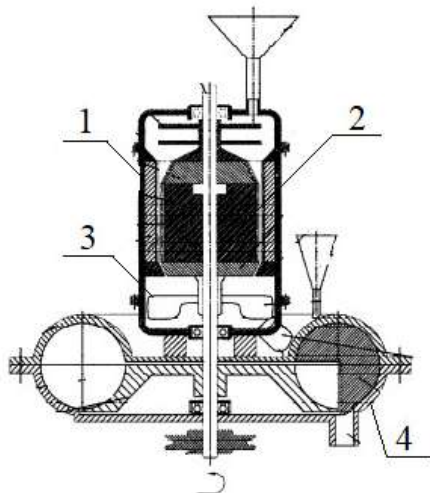


Рисунок 1 - Роторно – центробежный диспергатор механического воздействия на материал

Выбранный диспергатор примечателен тем, что он имеет двухкамерное строение, обеспечивающее воздействие на материал и перед загрузкой в первую камеру он имеет предизмельчающий орган в виде двух валков с шипами. У конструкции измельчителя присутствует ряд недостатков: многокамерное строение агрегата требует дополнительные приводы, для изготовления измельчителя потребуются много ресурсов.

Среди однокамерных диспергаторов можно выделить запатентованный Роторный – центробежный измельчитель (рис. 2)

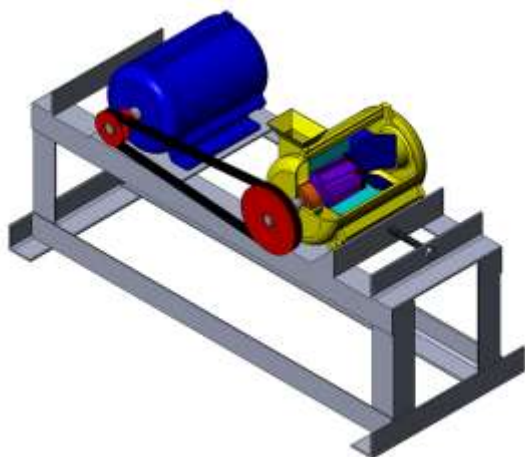


**Рисунок 2 - Роторный – центробежный измельчитель:** 1- камера измельчения, 2 - ротор, 3 - лопастной питатель, 4 - торообразный смеситель

Работа измельчителя комплексного динамического воздействия заключается в том, что исходный материал подается в камеру предварительного измельчения, где расположены режущие лопасти, далее материал подается на конусную насадку со шнеком. Далее материал поступает в зону измельчения, где расположена рабочая насадка с профильными канавками. Интенсивное измельчение происходит в малом зазоре между режущими канавками и ответной внутренней поверхностью корпуса агрегата. После измельчения сырье попадает в камеру гомогенизации путем прокачивания с помощью вентиляционной насадки. Готовое смешанное сырье выдается через выгрузной патрубок [2].

Исследованный агрегат имеет положительные качества: единый вал, проходящий через весь корпус, требует только один привод, а корпус в свою очередь заключает внутри себя несколько зон интенсивного

воздействия на сырье. На основе данного изобретения в лаборатории БГТУ им. В.Г. Шухова был разработан лабораторный образец нового диспергатора комплексного динамического воздействия на измельчаемое сырье (рис. 3).



**Рисунок 3 – Роторно-центробежный диспергатор**

загрузочная воронка (7), шнековая питающая насадка (8). Плоскость расположения пера шнека, имеет угол  $\alpha = 40-45^\circ$  относительно оси ротора. В камере измельчения (4) расположен рабочий ротор с режущими кромками (9), которые, с зазором, охватывает съемное кольцо (10) с треугольными канавками (11) на внутренней поверхности, для улучшения интенсивности измельчения сырья. Продольные канавки в корпусе ротора расположены под углом  $\beta = 5-10^\circ$  к его оси. На основании цилиндрического режущего устройства (ротора) (9), со стороны камеры смешения (6), с зазором установлена, проставочная пластина (12), обеспечивающая контроль дисперсности получаемого сырья за счет регулировки величины зазора между пластиной и выгрузными отверстиями. В камере разряжения (5) размещена вентиляционная крыльчатка (13). Плоскость расположения пера шнека камеры разряжения (5) и камера сме-

### Материал и методы

Для исследования зависимости технологических параметров от технического строения диспергатора был использован запатентованный лабораторный образец. Роторно-центробежный диспергатор (рис. 4) имеет корпус (1), в котором, на едином горизонтальном валу (2) последовательно размещены: камера загрузки (3), камера измельчения (4), камера разряжения (5) и камера смешения (6). Вал (2) приводится в движение при помощи шкива и ременной передачи. Все устройства на едином валу расположены разъемно. В камере загрузки (3) расположена



шения (6), для обеспечения должного разрежения, разделены пластиной (14) с центральным отверстием. В камере смешения (6) размещён разгонный аппарат (15) и разгрузочный патрубок (18). Корпус (1) диспергатора установлен на лапах крепления (17) [3].

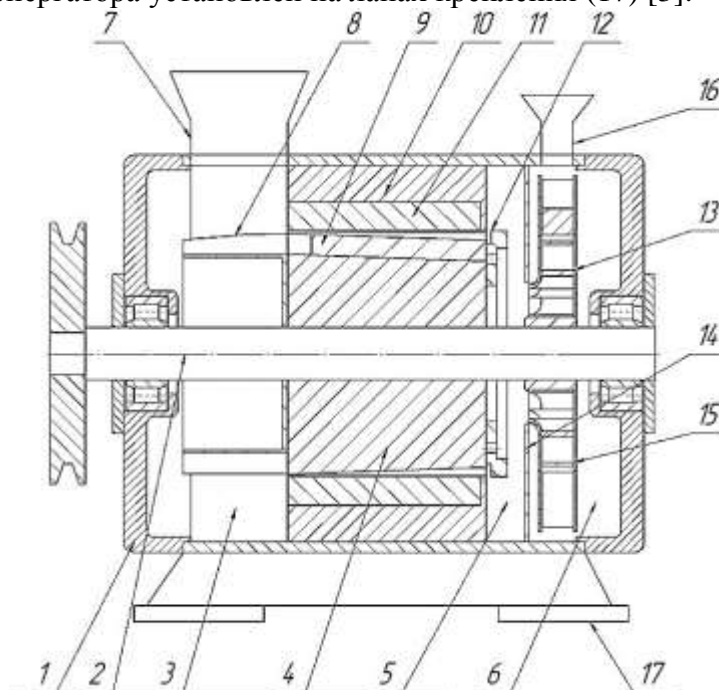


Рисунок 4 - Роторно – центробежный диспергатор

Для постановки эксперимента было выбрано несколько строений измельчающей насадки (рис. 5).

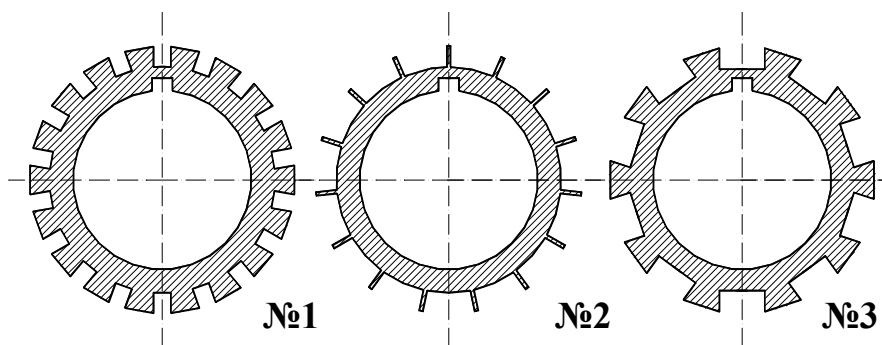


Рисунок 5 - Измельчающие насадки

У разработанных измельчающих насадок главным отличием является строение рабочей поверхности ротора. По результатам проведенных поисковых исследований выявлены три основные рациональные конструкции:

1) разработанная конструкция, обеспечивающая наибольшую загрузку измельчаемого материала. Доминирующим динамическим воздействием на материал является разрезание (рис. 5, поз. №1);

2) конструкция, имеющая меньший объем загружаемого материала. Происходит разрезание крупных частиц, преобладает истирающее воздействие на материал (рис. 5, поз. №2).

3) комбинированная конструкция, имеющая максимальное количество режущих поверхностей, сочетающая разрезание и истирание (рис. 5, поз. №3) [4].

Нами было отобрано несколько материалов для измельчения в агрегате: бумага, пластик, мел. Исходные материалы имели влажность  $W=4.5\%$  и размер частиц (3-5) мм. В ходе поискового эксперимента было установлено, что при нормальной производительности (30-40 кг/ч) наиболее эффективной оказалась насадка с комбинированным строением. Остальные

насадки давали большую производительность, но менее тонкий помол и наоборот. Зависимость производительности агрегата от количества оборотов представлены на графике (рис. 6).

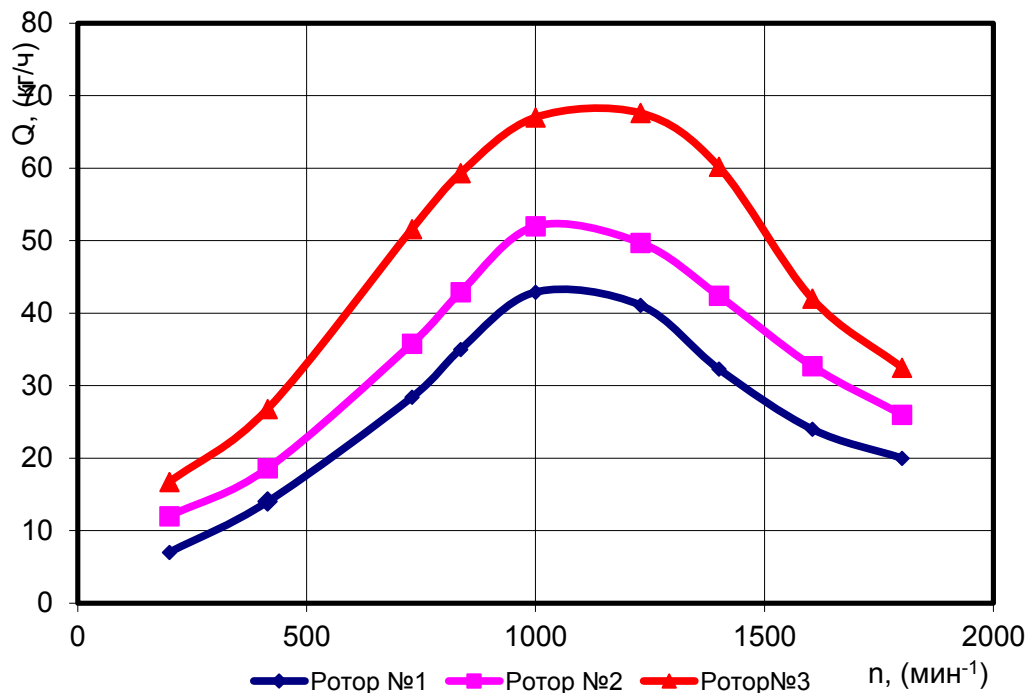


Рисунок 6 - График зависимости  $Q$  от строения ротора и числа оборотов его вращения

### Теория

Для расчета производительности агрегата следует воспользоваться следующей формулой

$$Q_{\text{изм}} = V_{\text{мат}} \cdot \rho \cdot n, \quad (1)$$

где  $V_{\text{мат}}$  - количество перерабатываемого материала, заключенного в режущих канавках рабочего ротора, ( $\text{м}^3$ );

$\rho$  - единица насыпной плотности диспергируемого материала, ( $\text{кг}/\text{м}^3$ );

$n$  - количество оборотов ротора в единицу времени, ( $\text{мин}^{-1}$ ).

Однако данное выражение является обобщенным и не учитывает особенности строения рабочего органа. Для более подробного расчета введем несколько переменных:  $\alpha$  - угол наклона режущих канавок к оси ротора,  $k_{\phi}$  - коэффициент заполнения материалом,  $k_{\lambda}$  - коэффициент, учитывающий выходной зазор агрегата [5].

Получим:

$$Q_{\text{изм}} = V_{\text{мат}} \cdot \rho \cdot n \cdot k_{\phi} \cdot k_{\lambda} \cdot \cos \alpha. \quad (2)$$

Объем перерабатываемого материала рассчитываем как:

$$V_{\text{мат}} = l \cdot b \cdot h \cdot z, \quad (3)$$

где  $l$  - длина канавки ротора, м;

$b$  - ширина канавки, м;

$h$  - высота канавки, м;

$z$  - количество канавок, шт.;

Подставив формулу 3 в выражение 2, получим окончательную формулу производительности РЦА:

$$Q_{\text{изм}} = l \cdot b \cdot h \cdot z \cdot \rho \cdot n \cdot k_{\phi} \cdot k_{\lambda} \cdot \cos \alpha, \quad (4)$$

где  $k_{\phi}=0,65-0,75$ ,  $k_{\lambda}=0,01-0,03$ .

В соответствии с полученной методикой производим расчет параметра производительности агрегата с насадкой комбинированного воздействия на материал:

$$Q_{\text{изм}} = 0,9 \cdot 0,12 \cdot 0,9 \cdot 13 \cdot 170 \cdot 2000 \cdot 0,75 \cdot 0,03 \cdot 0,996 = 32 \text{ кг/ч.}$$

### Результаты

Проведенный поисковый эксперимент показал нам, что насадка с комбинированным строением режущей кромки самая оптимальная по соотношению качества сырья и производительности кг/ч, а выполненный расчет по формуле позволил установить, что производительность реальная отличается от расчетной в пределах допустимых процентов. Полученные

результаты дают нам положительное понимание о целесообразности использования данного агрегата на производстве.

### **Обсуждение**

В ходе исследования была установлена целесообразность использования агрегата, как единицу малотоннажного производства диспергированного сырья. Выбранное строение рабочего органа позволяет нам наладить серийное производство уже апробированного агрегата.

### **Выводы**

Поставленные задачи были полностью выполнены, а именно:

- разработан план поискового эксперимента с различным техническим строением измельчающего агрегата;
- проведены исследования с различными видами измельчающей насадки;
- установлено рациональное строение измельчающей насадки на валу ротора;
- проведены математические расчеты производительности агрегата с различными измельчающими насадками.

### **Благодарности**

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

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Пат. 2724667 С1 Российская Федерация, МПК В02С 18/00. Роторно-центробежный агрегат комбинированного действия для переработки органических и минеральных материалов.
2. Пат. 2204437 С1 Российская Федерация, МПК В02С 18/08. Роторно-центробежный измельчитель.
3. Пат. 2786113 С1 Российская Федерация, МПК В02С 18/00. Роторно-центробежный диспергатор.
4. Михайличенко С.А. Роторно-центробежный агрегат комплексного динамического воздействия на материал: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. - Белгород: БелГТАСМ, 2002. - 24 с.
5. Михайличенко С.А., Шаталов А.В., Шаталов В.А. Методика определения основных параметров роторно-центробежного агрегата // Энерго-ресурсосберегающие технологии и оборудование в дорожной и строительной отраслях: Материалы международной научно-практической конференции. - Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. - 2021. - С. 289-295.
6. Румшинский Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента. - М.: Наука, 1971. - 192 с.
7. Михайличенко С.А. Роторно - центробежный диспергатор со смежными камерами классификации и гомогенизации // Качество, безопасность, энерго- и ресурсосбережение в промышленности строительных материалов и строительстве на пороге XXI века: Сб. докл. Междунар. науч.-практич. конф. - Белгород: БелГТАСМ. - 2000. - Ч. 6. - С. 195-198.
8. Shatalov A.V., Maslovskaya A.N., Shatalov V.A., Golubeva U.V. Disintegrator with intensive action on the ground material // Digital technologies in construction engineering: Selected Papers. - Белгород: Springer, 2022. - P. 201-207.
9. Dubinin N.N., Mikhailichenko S.A., Goncharov S.I., Uralskaya L.S. Determination of main parameters of clay grinder // Journal of Physics: Conference Series. - 2019. - С. 012007.
10. Михайличенко С.А., Дубинин Н.Н., Уральская Л.С. Производительность роторных машин с камерой переменного сечения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. - 2016. - №4. - С. 102-104.
11. Севостьянов В.С., Горягин П.Ю., Бабуков В.А. Исследование процесса измельчения техногенных полимерных материалов иглофрезерными рабочими органами // Энергетические системы. - 2019. - №1. - С. 313-318.
12. Севостьянов В.С., Михайличенко С.А., Ильин Т.Н., Макридин А.А., Сиваченко Т.Л. Способы совершенствования измельчителей ударного действия на основе многостержневых рабочих органов // Вестник БГТУ. - №5. - 2013. - С. 87-90.
13. Шаталов А.В., Михайличенко С.А. Технологические комплексы для измельчения кремнеземистых материалов: монография. - Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2016. - 135 с.
14. Большаков В.Д. Теория ошибок наблюдений. - М.: Недра, 1983. - 223 с.
15. Dubinin N.N., Mikhailichenko S.A., Goncharov S.I., Uralskaya L.S. Determination of main parameters of clay grinder // Journal of Physics: Conference Series. 2019. С. 012007.
16. Уральский В.И., Сеница Е.В., Уральский А.В., Сажнева Е.А. Технологический модуль замкнутого цикла измельчения // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. - 2017. - №10. - С. 144-148.
17. Севостьянов В.С., Везенцев А.И., Шамгулов Р.Ю., Раздобарин А.Е. Термолизная технология переработки ТКО // Рациональное использование природных ресурсов и переработка техногенного сырья: фундаментальные проблемы науки, материаловедение, химия и биотехнология: Сборник докладов Международной научной конференции. - Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. - 2021. - С. 234-239.
18. Хон Ю.А., Кривошеина М.Н., Туч Е.В. Анализ применения изотропных и анизотропных критериев разрушения для моделирования разрушения анизотропных материалов // Известия Российской академии наук. Серия физическая. - 2012. - Т. 76. - №1. - С. 79.

19. Качаев А.Е., Орехова Т.Н., Севостьянов В.С., Чемеричко Г.И. Исследования производительности дезинтегратора с внутренним рециклом материалов // Энерго-ресурсосберегающие технологии и оборудование в дорожной и строительной отраслях: Материалы международной научно-практической конференции. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. – 2021. – С. 151-159.

20. Проценко А.М., Нагаев Б.Ю., Бабуков В.А., Горягин П.Ю. Машины и агрегаты для переработки техногенных волокнистых материалов // Образование. Наука. Производство: Материалы XII Международного молодежного форума. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. – 2020. – С. 1113-1118.

21. Вакуленко С.П., Копылова Е.В. Клиентоориентированность пассажирского комплекса РЖД // Экономика железных дорог. – 2023. – №4. – С. 38-47.

22. Давыдова Е.А., Ефимов Р.А. Обзор работы автотранспортных средств по вывозу ТКО // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – №95-6. – С. 153-155. – DOI 10.18411/trnio-03-2023-314.

23. Иванова А.П., Родина Е.В. Моделирование случайных величин методом обратной функции: учебное пособие по дисциплине «Математическое моделирование, теория вычислений и системный анализ». – Курск: ЗАО «Универ», 2021. – 43 с. – DOI 10.47581/2021/Ivanova-Rodina.01.

24. Кузьмин Д.В., Барина Н.А., Барин М.В. Перспективы развития скоростных контейнерных перевозок грузов на железной дороге // Человек, общество, технологии: вопросы взаимодействия в современном мире: сборник статей II Международной научно-практической конференции. – г. Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская И.И.). – 2023. – С. 25-29.

25. Вакуленко С.П., Копылова Е.В., Туманов М.А. Стандартизация услуг в сфере грузовых перевозок // Железнодорожный транспорт. – 2020. – №10. – С. 11-14.

26. Голенков В.А., Васильева В.В. Комплексная оценка воздействия автотранспорта на акустическую среду городских территорий / Под общей редакцией А.Н. Новикова // Информационные технологии и инновации на транспорте: Материалы международной научно-практической конференции. – Орел: ФГБОУ ВПО «Государственный университет - учебно-научно-производственный комплекс», 2015. – С. 168-178.

**Михайличенко Сергей Анатольевич**

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова  
Адрес: 308012, Россия, Белгород, ул. Костюкова, д. 46  
К.т.н, профессор кафедры технологических комплексов, машин и механизмов  
E-mail: prorektor@intbel.ru

**Шаталов Алексей Вячеславович**

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова  
Адрес: 308012, Россия, Белгород, ул. Костюкова, д. 46  
К.т.н, доцент кафедры технологических комплексов, машин и механизмов  
E-mail: alexscha@mail.ru

**Шаталов Владислав Алексеевич**

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова  
Адрес: 308012, Россия, Белгород, ул. Костюкова, д. 46  
Аспирант  
E-mail: vladislav-shatalov@mail.ru

---

S.A. MIKHAYLICHENKO, A.V. SHATALOV, V.A. SHATALOV

## IMPROVING THE QUALITY OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS DURING RECONSTRUCTION OF ROADS

**Abstract.** As a result of the study, it was found that the type and structure of the material used has a great influence on the quality of the road surface; in this light, special attention is paid to the crushed materials. In this regard, within the framework of the article, several materials for grinding in a rotary centrifugal unit are considered. Selected various working bodies of the unit, affecting the technological parameters of the grinder. The most rational chopper components are installed, convenient for further use in production.

**Keywords:** car roads, traffic safety, construction, grinding, grinder performance, homogenization, dispersant

## BIBLIOGRAPHY

1. Pat. 2724667 C1 Rossiyskaya Federatsiya, MPK B02C 18/00. Rotorno-tsentrobezhnnyy agregat kombinirovannogo deystviya dlya pererabotki organicheskikh i mineral'nykh materialov.
2. Pat. 2204437 C1 Rossiyskaya Federatsiya, MPK B02C 18/08. Rotorno-tsentrobezhnnyy izmel'chitel'.
3. Pat. 2786113 C1 Rossiyskaya Federatsiya, MPK B02C 18/00. Rotorno-tsentrobezhnnyy dispergator.
4. Mikhaylichenko S.A. Rotorno-tsentrobezhnnyy agregat kompleksnogo dinamicheskogo vozdeystviya na material: Avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. - Belgorod: BelGTASM, 2002. - 24 s.
5. Mikhaylichenko S.A., Shatalov A.V., Shatalov V.A. Metodika opredeleniya osnovnykh parametrov rotorno-tsentrobezhnogo agregata // Energo-resursosberegayushchie tekhnologii i oborudovanie v dorozhnoy i stro-

- itel'noy otraslyakh: Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Belgorod: Belgorodskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskoy universitet im. V.G. Shukhova. - 2021. - S. 289-295.
6. Rumshinskiy L.I. Matematicheskaya obrabotka rezul'tatov eksperimenta. - M.: Nauka, 1971. - 192 s.
  7. Mikhaylichenko S.A. Rotorno - tsentrobezhnyy dispergator so smezhnymi kamerami klassifikatsii i gomogenizatsii // Kachestvo, bezopasnost', energo- i resursobezrezhenie v promyshlennosti stroitel'nykh materialov i stroitel'stve na poroge XXI veka: Sb. dokl. Mezhdunar. nauch.-praktich. konf. - Belgorod: BelG-TASM. - 2000. - CH. 6. - S. 195-198.
  8. Shatalov A.V., Maslovskaya A.N., Shatalov V.A., Golubeva U.V. Disintegrator with intensive action on the ground material // Digital technologies in construction engineering: Selected Papers. - Belgorod: Springer, 2022. - P. 201-207.
  9. Dubinin N.N., Mikhailichenko S.A., Goncharov S.I., Uralskaya L.S. Determination of main parameters of clay grinder // Journal of Physics: Conference Series. - 2019. - S. 012007.
  10. Mikhaylichenko S.A., Dubinin N.N., Ural'skaya L.S. Proizvoditel'nost' rotornykh mashin s kame-roy peremennogo secheniya // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova. - 2016. - №4. - S. 102-104.
  11. Sevost'yanov V.S., Goryagin P.Yu., Babukov V.A. Issledovanie protsessa izmel'cheniya tekhnogennykh polimernykh materialov iglofreznymi rabochimi organami // Energeticheskie sistemy. - 2019. - №1. - S. 313-318.
  12. Sevost'yanov V.S., Mikhaylichenko S.A., Il'in T.N., Makridin A.A., Sivachenko T.L. Sposoby sovershenstvovaniya izmel'chivately udarnogo deystviya na osnove mnogostezhnevnykh rabochikh organov // Vestnik BGTU. - №5. - 2013. - S. 87-90.
  13. Shatalov A.V., Mikhaylichenko S.A. Tekhnologicheskie komplekсы dlya izmel'cheniya kremnezemistykh materialov: monografiya. - Belgorod: BGTU im. V.G. Shukhova, 2016. - 135 s.
  14. Bol'shakov V.D. Teoriya oshibok nablyudeniya. - M.: Nedra, 1983. - 223 s.
  15. Dubinin N.N., Mikhailichenko S.A., Goncharov S.I., Uralskaya L.S. Determination of main parameters of clay grinder // Journal of Physics: Conference Series. 2019. S. 012007.
  16. Ural'skiy V.I., Sinitsa E.V., Ural'skiy A.V., Sazhneva E.A. Tekhnologicheskoy modul' zamknutogo tsikla izmel'cheniya // Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova. - 2017. - №10. - S. 144-148.
  17. Sevost'yanov V.S., Vezentsev A.I., Shamgulov R.Yu., Razdobarin A.E. Termoliznaya tekhnologiya pererabotki TKO // Ratsional'noe ispol'zovanie prirodnnykh resursov i pererabotka tekhnogennogo syr'ya: fundamental'nye problemy nauki, materialovedenie, khimiya i biotekhnologiya: Sbornik dokladov Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii. - Belgorod: Belgorodskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskoy universitet im. V.G. Shukhova. - 2021. - S. 234-239.
  18. Hon Yu.A., Krivosheina M.N., Tuch E.V. Analiz primeneniya izotropnykh i anizotropnykh kriteriev razrusheniya dlya modelirovaniya razrusheniya anizotropnykh materialov // Izvestiya Rossiyskoy akademii nauk. Seriya fizicheskaya. - 2012. - T. 76. - №1. - S. 79.
  19. Kachaev A.E., Orekhova T.N., Sevost'yanov V.S., Chemerichko G.I. Issledovaniya proizvoditel'nosti dezintegratora s vnutrennim retsiklom materialov // Energo-resursoberegayushchie tekhnologii i oborudovanie v dorozhnoy i stroitel'noy otraslyakh: Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Belgorod: Belgorodskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskoy universitet im. V.G. Shukhova. - 2021. - S. 151-159.
  20. Protsenko A.M., Nagaev B.Yu., Babukov V.A., Goryagin P.Yu. Mashiny i agregaty dlya pererabotki tekhnogennykh voloknistykh materialov // XII Mezhdunarodnyy molodezhnyy forum «Obrazovanie. Nauka. Proizvodstvo»: Materialy foruma. - Belgorod: Belgorodskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskoy universitet im. V.G. Shukhova. - 2020. - S. 1113-1118.
  21. Vakulenko S.P., Kopylova E.V. Klientoorientirovannost' passazhirskogo kompleksa RZHD // Ekonomika zheleznykh dorog. - 2023. - №4. - S. 38-47.
  22. Davydova E.A., Efimov R.A. Obzor raboty avtotransportnykh sredstv po vyvozu TKO // Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya. - 2023. - №95-6. - S. 153-155. - DOI 10.18411/trnio-03-2023-314.
  23. Ivanova A.P., Rodina E.V. Modelirovanie sluchaynykh velichin metodom obratnoy funktsii: uchebnoe posobie po distsipline «Matematicheskoe modelirovanie, teoriya vychisleniy i sistemnyy analiz». - Kursk: ZAO «Univer», 2021. - 43 s. - DOI 10.47581/2021/Ivanova-Rodina.01.
  24. Kuz'min D.V., Barinova N.A., Barinov M.V. Perspektivy razvitiya skorostnykh konteynernykh perevozok gruzov na zheleznoy doroge // Chelovek, obshchestvo, tekhnologii: voprosy vzaimodeystviya v sovremennom mire: sbornik statey II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - g. Petrozavodsk: Mezhdunarodnyy tsentr nauchnogo partnerstva «Novaya Nauka» (IP Ivanovskaya I.I.). - 2023. - S. 25-29.
  25. Vakulenko S.P., Kopylova E.V., Tumanov M.A. Standartizatsiya uslug v sfere gruzovykh perevozok // Zheleznodorozhnyy transport. - 2020. - №10. - S. 11-14.
  26. Golenkov V.A., Vasil'eva V.V. Kompleksnaya otsenka vozdeystviya avtotransporta na akusticheskuyu sredu gorodskikh territoriy / Pod obshchey redaktsiey A.N. Novikova // Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte: Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Orel: FGBOU VPO «Gosudarstvennyy universitet - uchebno-nauchno-proizvodstvennyy kompleks», 2015. - S. 168-178.

**Mikhailichenko Sergey Anatolyevich**

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

**Shatalov Vladislav Alekseevich**

Belgorod State Technological University  
Adress: 308012, Russia, Belgorod, Kostyukova str., 46  
Postgraduate student  
E-mail: vladislav-shatalov@mail.ru

**Shatalov Alexey Vyacheslavovich**

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

## РАЗРАБОТКА СХЕМНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ПРИЁМ И ВЫПОЛНЕНИЕ ГРУЗОВЫХ ОПЕРАЦИЙ С ПОЕЗДАМИ ПОСТОЯННОГО ФОРМИРОВАНИЯ, ВЕДОМЫМИ ЭЛЕКТРОВОЗАМИ

**Аннотация.** В исследовании для обеспечения выполнения безопасных грузовых операций при работе «вертикальных» грузовых механизмов предложено отказаться от контактной сети в пределах грузового фронта. Для обеспечения приёма поезда, ведомого электровозом, при частичном отказе от контактной сети предложены три конкурентоспособных варианта, учитывающих возможность приёма. В рамках исследования детально рассмотрен вариант, при котором приём поезда обеспечивается накато́м, в режиме выбега. Обоснование предложенной технологии приёма подкреплено разработкой технологии приема накато́м, моделированием возможности и целесообразности приёма поезда накато́м (графическое интегрирование уравнения движения поезда), а также разработкой технико-технологических требований для обеспечения реализации предлагаемого схемно-технологического решения.

**Ключевые слова:** тяговые расчеты, Холодный экспресс, грузовой поезд постоянного формирования, контактная сеть, грузовые операции, схема железнодорожной станции

### Введение

ОАО «РЖД» стремится к развитию контейнерных перевозок, сосредотачиваясь на ускорении продвижения грузов, а также сокращении времени обработки контейнеров на терминалах и расширении контейнерных сервисов. Для достижения этих целей, ученые и специалисты занимаются исследованием и разработкой новых технологических решений, которые могут включать в себя улучшенные системы мониторинга и управления грузами, новые методы обработки контейнеров и новые технологии транспортировки. Одно из современных направлений исследований – технология перевозок в грузовых поездах постоянного формирования, к которым относятся технология «Холодный экспресс» [1, 2]. Технология охватывает комплекс вопросов, связанных с возможностью внедрения нового транспортного продукта в области грузовых перевозок, способного развиваться параллельно с существующими на сети ОАО «РЖД» решениями в области грузовой логистики.

Принципиальным отличием технологии, в сравнении с уже существующими, должно стать назначение попутных остановок для выполнения грузовых операций на специально оборудованных промежуточных пунктах (рис. 1) по маршруту следования поезда, аналогично, как это осуществляется в пассажирском сообщении [3].

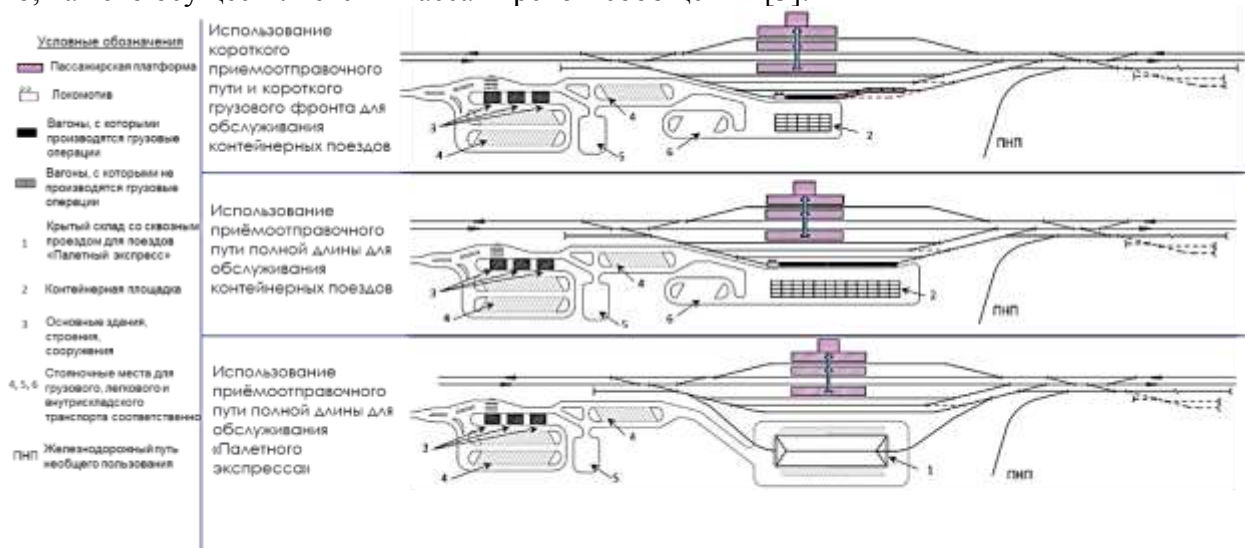


Рисунок 1– Вариантные эскизные схемы путевого развития попутных станций (на базе промежуточной станции) для обработки грузовых поездов постоянного формирования

Краткий анализ научных исследований установил, что работы, подчеркивающие потребность курсирования специализированных поездов постоянного формирования с попутными грузовыми операциями, впервые были опубликованы в 1940-х годах [4, 5]. Однако опыт и теоретическая база по применению такой технологии незаслуженно забыты.

Существенный вклад среди научных работ XXI века в развитие базовой теории организации перевозок грузовыми поездами постоянного формирования внесли такие учёные, как: С.П. Вакуленко [6], А.В. Колин, В.А. Котов [7], М.Н. Прокофьев [8] и другие.

Обеспечение температурного режима в процессе транспортировки грузов в поездах постоянного формирования принадлежат М.И. Мехедову и А.А. Скачкову [1], идея которых получила развитие при совместной работе с коллективом под руководством С.П. Вакуленко, С.А. Виноградова и нашла отражение в цикле научных работ [6, 9-12].

Параллельно с работой вышеперечисленных учёных и специалистов, коллективом под руководством В.М. Егоркина, предложена технология перевозки транспортных пакетов в специализированном подвижном составе «Палетный экспресс» [13]. Авторами углублены исследования М.Н. Прокофьева и предложена компоновка крытого вагона с раздвижной боковой стенкой, позволяющая размещать гружёные паллеты в соответствующие ячейки вагона грузового состава без его расформирования.

Базируясь на разработках авторских коллективов С.А. Виноградова, С.П. Вакуленко и В.М. Егоркина, с 2021 года ведутся разработки технологии «Ускоренная перевозка грузов», нацеленной на организацию ускоренной доставки широкой номенклатуры грузов в грузовых поездах, имеющих постоянную композицию на всем пути следования [14].

Таким образом, технологии «Палетный экспресс» и «Холодный экспресс» могут считаться частными случаями технологии «Ускоренной перевозки грузов», которые объединяет постоянная композиция грузового поезда на всем пути следования, возможность осуществления погрузо-разгрузочных операций на специализированных промежуточных станциях без расформирования состава, а также чёткие требования к продолжительности обработки составов.

#### **Материал и методы**

Согласно технологии перевозок грузовыми поездами постоянного формирования (например, «Холодный экспресс», «Ускоренная перевозка грузов»), для обеспечения безотцепочных операций, поезда должны отправляться и приниматься на погрузочно-выгрузочные пути без отцепки-прицепки поездных локомотивов от составов.

Для этого необходимо, чтобы терминалы [15-17] на станциях были определённым образом скомпонованы, чтобы обеспечить приём и отправку поездов поездным порядком. Поэтому инфраструктура, позволяющая осуществлять обработку грузовых поездов постоянного формирования, должна соответствовать определённому набору требований.

Безусловно, требования зависят от интенсивности и количества пропускаемых поездов, от количества главных путей на участке, размеров грузовой работы, наличия примыкания подъездных путей, типа графика движения поездов и т.д. и регламентируются соответствующими документами.

Для организации работы с составами грузовых поездов постоянного формирования рассматривались следующие требования к терминалам и конфигурация путевого развития станций:

- возможность приёма и отправления поездным порядком с основных направлений (подходов);
- наличие электрической изоляции рельсовых цепей соответствующего пути для обеспечения безопасности движения и безопасности труда при выполнении грузовых операций;
- возможность приёма непосредственно на пути грузового фронта, а также возможность отправления непосредственно с указанных путей - для исключения части операций по обработке поезда из технологического графика;
- возможность приёма, отправления и остановки полносоставных поездов – полезная длина путей должна удовлетворять длине поездов, курсирующих по заданному участку, (при необходимости) должна быть предусмотрена возможность занятия одного или нескольких последовательно расположенных путей без создания ограничения другим технологическим операциям, выполняемым на станции;
- возможность приёма состава поезда на грузовой фронт и отправление с него без смены кабины управления;



- возможность выполнения (при необходимости) маневровых операций с минимальной затратой времени и обеспечением безопасности движения;
- безопасность приёма, отправления и пропуска поездов других категорий;
- возможность обслуживания полной длины состава при использовании существующих открытых площадок с твёрдым покрытием;
- возможность подъезда большегрузных автомобилей с полуприцепами к грузовой площадке для выполнения прямой перегрузки.
- возможность приёма и отправления с основных подходов составов поездов, ведомых магистральным электровозом (при наличии электрификации), и выполнения безопасных и рациональных грузовых операций с составом.

Важно понимать, что грузовая работа на железнодорожных станциях в современном понимании появились на рубеже XIX-XX вв., для совершенствования работы которых отечественная и зарубежная железнодорожная наука прошла огромный путь, предлагая и реализуя различные вариативные схемы путевого развития, имеющие различную перерабатывающую способность с соответствующими способами выполнения грузовых операций.

При проектировании и строительстве железнодорожных станций всегда учитываются современные потребности и требования к транспортной инфраструктуре [18, 19]. Однако, со временем, схемы станций могут устареть и перестать соответствовать современным требованиям. Это может быть связано с изменением объёмов перевозок, развитием новых технологий и методов транспортировки, а также изменением потребностей пользователей.

Поскольку ранее сформированные требования к терминалам и станциям не применялись и не все станции в равной степени могут удовлетворять обозначенным требованиям, целесообразно рассмотреть существующие грузовые дворы и станции на возможность использования под разработанную технологию.

Для определения возможности использования существующей инфраструктуры были проанализированы грузовые дворы холдинга ОАО «РЖД».

Анализ проводился на основании материалов, представленных на официальном сайте ОАО «РЖД» в разделе «Терминально-складские услуги», а также спутниковых данных цифрового ортофотоплана местности полученных с помощью открытых сервисов «Яндекс. Карты», «GoogleКарты», а также доступных немасштабных схем путевого развития. Одним из критериев анализа так же являлась принадлежность к «пилотному» маршруту поездов сервиса «Холодный экспресс», опубликованному в [6].

Произведённый анализ позволяет сделать вывод, что большинство объектов терминально-складской и путевой инфраструктуры представляет собой небольшие грузовые районы со схемой путевого развития преимущественно тупикового или комбинированного типа, с полезной длиной пути менее 1050 метров, оборудованные прирельсовыми крытыми складами (пакгаузами), высокой грузовой платформой и повышенным путём для выгрузки сыпучих грузов.

При этом функционирующие, строящиеся и проектируемые контейнерные терминалы на сети ОАО «РЖД» (в т.ч. «частные»), как правило, не предназначены для обработки поездов постоянного формирования, курсирующих с попутными грузовыми операциями, поскольку специализируются на формировании прямых контейнерных маршрутов в адрес других терминалов, портов или предприятий-потребителей.

Кроме того, основным и существенным недостатком схемно-планировочных решений является:

- невозможность обеспечить приём на погрузочно-выгрузочные пути поездным порядком, в том числе ограниченность двустороннего приёма и отправления составов поездов;
- необходимость в изменении специализации приемоотправочных путей станции (в условиях плотной застройки) с дальнейшим выводом (в условиях повышения интенсивности обрабатываемых поездов) их из операций по приёму и отпавлению других типов поездов;
- трудность в их адаптации (некоторых станций) даже при условии реконструкции, в том числе в некоторых случаях невозможность реконструкции по сквозному типу;
- не обеспечение этапности развития станции (увеличения мощности), т.к. территория большинства станций зажата городскими строениями, устройствами локомотивного хозяйства, пассажирскими зданиями и (или) другими грузовыми дворами, распространённым ограничением также является расположение около кривой в плане малого радиуса, отсутствие возможности примыкания к перегону и т.д.;

– отсутствие возможности использования погрузочно-выгрузочных машин «вертикального типа» (козловые и порталные краны, ричстакеры, боковые перегружатели) при наличии контактной сети на грузовом фронте.

Таким образом, отсутствуют станции, идеально подходящие для обустройства на них грузовых терминалов для обслуживания поездов по новой технологии. Это объясняется как путевым развитием, так и размещением на станциях погрузо-разгрузочных механизмов.

Проанализированные пункты требуют различный объём переустройства: от электрификации, удлинения пути и переукладки стрелочных переводов, до полноценного строительства терминала с новым приёмотправочным путём/парком за пределами границ станций. Следовательно, капитальные затраты на реализацию технологии должны предусматривать реконструкционные работы на существующих станциях или строительство новых станций или терминалов.

Принятие решения о реконструкции существующих пунктов или строительства нового пункта для работы с поездами постоянного формирования относится к классическим инженерным задачам и должно определяться на основании технико-экономических расчётов, для которых отечественная и зарубежная наука прошла большой путь, позволяющий обеспечить управленческие решения.

Однако возможность осуществления грузовых операций и коммерческого осмотра при условии приёма на грузовый фронт станции поезда, ведомого электровозом до настоящего времени детально не проработана.

Поскольку большая часть линий российских железных дорог (более 70 %) электрифицирована – нельзя игнорировать разработку решений, обеспечивающих прием и обработку поездов постоянного формирования, ведомых электровозами.

С целью принятия всеобъемлющего решения, с учётом высоких требований обеспечения безопасности при работе под контактной сетью, в рамках исследования, рассматривается частичный отказ от контактной сети в пределах грузового фронта (рис. 2).

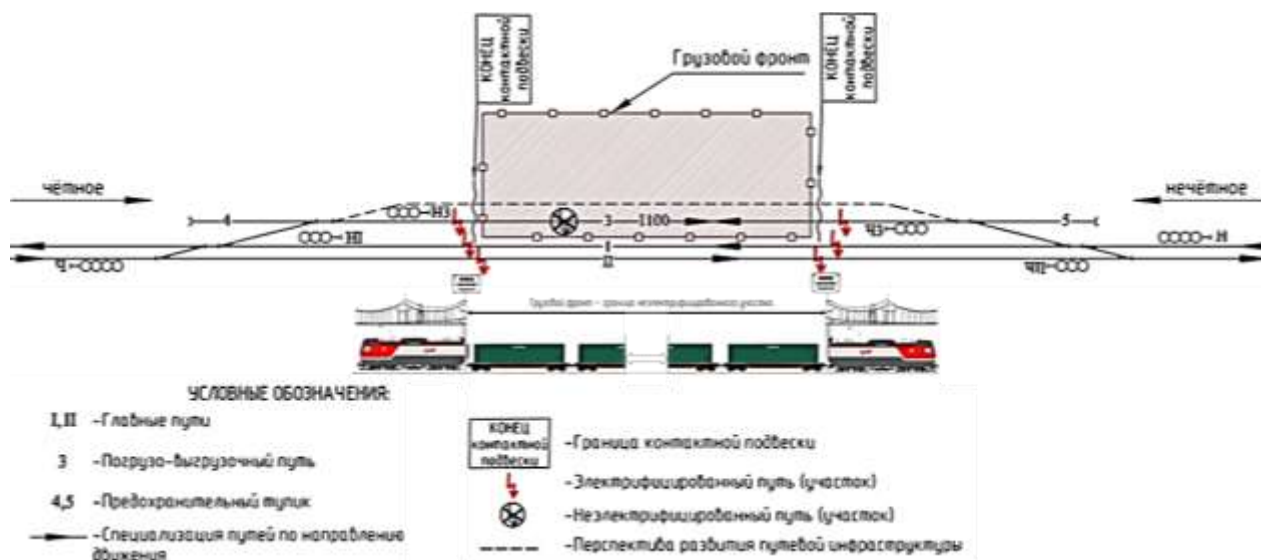


Рисунок 2 – Эскизная схема путевого развития станции при частичном отказе от контактной подвески в пределах грузового фронта

Под частичным отказом понимается участок пути грузового фронта (зона работы с составом поездов), не оборудованный контактной сетью. При этом по концам пути (под местом установки локомотива) выделяется специализированный участок пути, оборудованный контактной сетью, необходимый для питания локомотива во время стоянки и обеспечения возможности дальнейшего отправления с погрузочно-выгрузочного пути.

При частичном отказе от контактной сети в пределах грузового фронта для приёма поезда на погрузочно-выгрузочный путь (проследование участка пути без контактной сети) предложены и рассмотрены следующие решения:

Вариант № 1 – приём состава поезда накатом, в режиме выбега (холостой ход);

Вариант № 2 – приём состава поезда за счёт применения распределённой (кратной) тяги по составу;

Вариант № 3 – приём состава поезда вагонами вперёд.

В рамках исследования более подробно предлагается рассмотреть вариант № 1.

При приёме грузового поезда на грузовой фронт накатом (в режиме холостого хода – выбега) проследование по участку пути, свободному от контактной сети, возможно только с опущенными токоприёмниками при условии прицельного торможения над специализированным участком пути, оборудованным контактной сетью.

Для обеспечения условий приёма поезда накатом, разработана технология, учитывающая положения действующих нормативно-правовых документов в области железнодорожного транспорта и исключающая возможное повреждение токоприёмника. Краткая технология приёма поезда накатом представлена на рисунке 3.

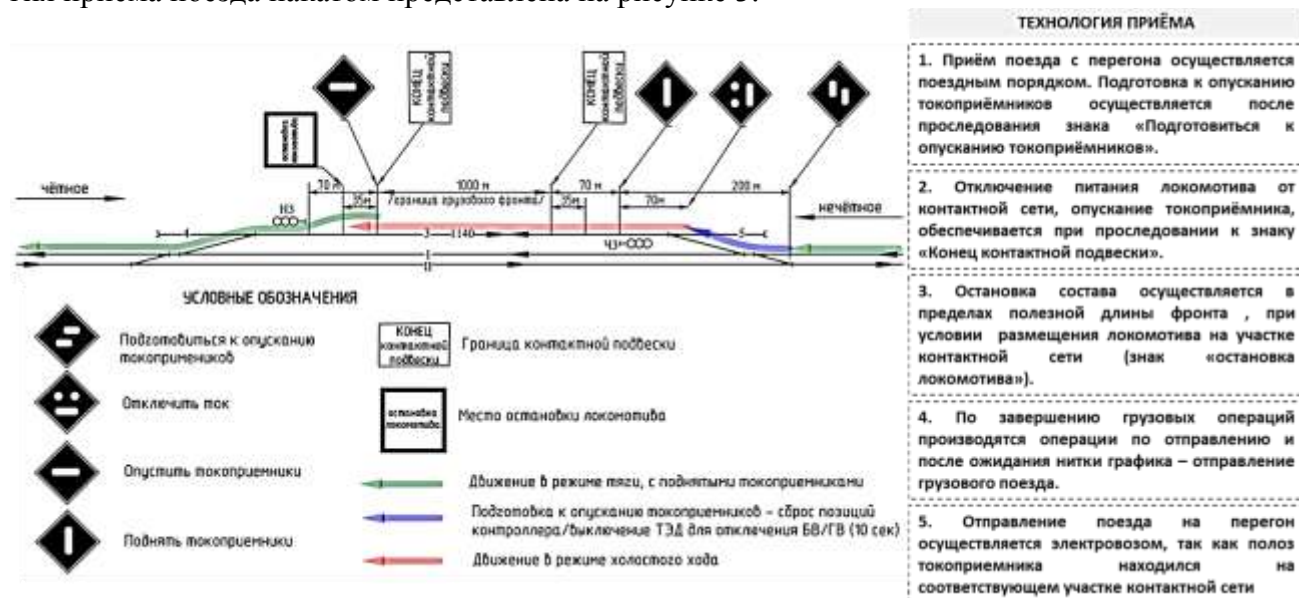


Рисунок 3 – Технология приёма грузового поезда накатом на грузовой фронт с участком пути, свободным от контактной сети (путевые знаки для чётных грузовых поездов размещаются аналогично знакам для грузовых поездов нечётного направления)

Важно отметить, что для железных дорог колеи 1520 мм, движение тягового подвижного состава грузового или пассажирского поезда в режиме выбега (накатом) с опущенными токоприёмниками не является принципиально новой технологией [20]. Можно отметить следующие примеры применения подобной технологии проследования участка с опущенными токоприёмниками:

- негабаритное место (например, низкий путепровод);
- нейтральная вставка (участок контактной сети без электрического напряжения);
- ремонтные работы на контактной сети;
- проследование временных съездов, не оборудованных контактной сетью.

Однако, проследование участка пути с опущенными токоприёмниками, при условии прицельного торможения, ранее специалистами не рассматривалось.

При этом сложность приёма заключается в выдерживании минимально допустимой скорости, значение которой должно удовлетворять следующим условиям:

- возможность безопасного и безостановочного проследования инфраструктурных ограничений (стрелочные переводы, состояние верхнего строения пути и т.д.);
- обеспечение соблюдения порядка подъезда к запрещающему показанию светофора;
- исключение преждевременной остановки на участке пути без контактной сети, для недопущения перекрытия горловины хвостом поезда, а также привлечения локомотивов на автономной тяге.

### Расчет

Для формирования теоретических выводов влияния продольного профиля [21, 22] на возможность приема грузовых поездов на погрузочно-выгрузочные пути при частичном отходе от контактной сети, произведено моделирование движения поезда. Моделирование производилось с помощью итерационного графического интегрирования уравнения движения поезда [23] (рис. 4 и 5) при благоприятных и неблагоприятных условиях.

Моделирование проводилось с учетом различных значений приведенного уклона (от 0 до 5 ‰, с шагом не более 1 ‰); массы грузового поезда 925 т или 5844 т (эквивалент порожнего состава и состава с максимальной массой-брутто, соответственно); невозможности применения двойного торможения (торможение-отпуск-торможение) с целью недопущения истощения тормозной магистрали сжатого воздуха, при опущенных токоприемниках.

Так же учитывались следующие требования к скорости проследования поезда:

- согласно нормам допускаемых скоростей [24], на маршрутах приема поезда с отклонением по стрелочным переводам, скорость движения при проследовании стрелочных переводов не должна превышать 40 км/ч;

- при приеме под разрешающее показание сигнала выходного (маршрутного) светофора, скорость движения в начале пути приема ограничивается скоростью проследования стрелочных переводов, в остальных случаях прием осуществляется со скоростью, установленной на прилегающем перегоне;

- при приеме под запрещающее показание сигнала выходного (маршрутного) светофора, скорость движения за 400 м до сигнала должна быть не более 20 км/ч, а за 150 м до сигнала – не более 5 км/ч [25].

Принимаемое в моделировании расстояние проследования в режиме холостого хода ( $L_{xx}$ ) (красная и синяя стрелка на рисунке 3), определено по формуле 1:

$$L_{xx} = l_{бв(гв)} + l_{тп} + l_{гф} + l_{лок} = 1115 \text{ м}, \quad (1)$$

где  $l_{бв(гв)}$  – расстояние, пройденное при отключении быстродействующего (главного) выключателя локомотива, м (нормативное время отключения БВ 0,003сек  $\approx$  1 сек),  $l_{бв(гв)}=10$  м;

$l_{тп}$  – расстояние, пройденное при опускании токоприёмников, м (нормативное время на отключение токоприёмников с наивысшей рабочей высоты = 6 сек.),  $l_{тп}=70$  м;

$l_{гф}$  – длина грузового фронта, м (участок пути без контактной сети),  $l_{гф}=1000$  м при длине состава 71 усл. ваг;

$l_{лок}$  – длина участка пути, выделенного для стоянки локомотива, м,  $l_{лок}=35$  м (средняя длина двухсекционного электровагона).

### Результаты и обсуждение

На основании проведенного моделирования движения, представленного на рисунках 4 и 5, можно сделать заключение о следующих ограничениях, связанных с технологией и скоростью приема на пути выполнения грузовых операций:

- 1) при приеме под разрешающее показание светофора, критическим условием является величина приведенного уклона, превышающая 4 ‰, повышающая вероятность преждевременной остановки состава; минимально допустимая скорость принимает значение 39 км/ч.;

- 2) при приеме под запрещающее показание:

- необходимость движения со скоростью 5 км/ч при подъезде на 150 м к сигналу накладывает ограничение на прием поезда на погрузочно-выгрузочный путь с приведенным уклоном 0 ‰ накатом. Повторное торможение не может быть осуществлено по причине не достаточности времени для заполнения тормозной магистрали после осуществления предыдущего торможения;

- в случае принятия решения, исключающего необходимость движения со скоростью 5 км/ч за 150 м до сигнала, критическим условием будет являться величина приведенного уклона, превышающая 3 ‰, а минимально допустимая скорость приёма – 35 км/ч.

На основании моделирования можно сделать вывод о допустимом приведенном уклоне участка пути, не превышающем 4 ‰. Однако, для обеспечения резерва и исключения внешних факторов, рекомендуется, чтобы приведенный уклон не превышал 3 ‰.

На основании результатов моделирования сформированы требования к станционной инфраструктуре, а также минимально допустимой скорости приема поезда «накатом»:

- станционную площадку целесообразно размещать в углублении профиля (яме) – это позволит использовать больше кинетической энергии поезда при приеме поезда в режиме холостого хода (выбега);

- полезную длину пути (во всех случаях) необходимо увеличивать на значение, учитывающее установку знаков (указанных на рисунке 3), а также возможную неточность остановки состава в пределах грузового фронта – это позволит размещать локомотив на участке, находящемся под контактной сетью (например, на участках, где нормативная длина грузовых поездов составляет 71 условный вагон, полезная длина пути должна составлять не менее 1140 м);



– путевые знаки (указанные на рисунке 3) должны быть интерактивного действия (с обеспечением возможности дистанционного изменения показаний) – это обеспечит адресность восприятия (позволит исключить некорректное восприятие локомотивными бригадами поездов других категорий);

– для исключения необходимости повторного торможения при осуществлении приема поезда к выходному (маршрутному) светофору с запрещающим показанием целесообразно рассматривать (в зависимости от местных условий) не менее одного из следующих инфраструктурно-технологических решений:

а) увеличение полезной длины пути приема на 300 м или формирование специализированных «шлюзовых» путей;

б) пересмотр порядка приёма поезда к светофору с запрещающим показанием, при котором исключается требование снижения скорости до 5 км/ч за 150 м до сигнала;

в) приём поезда под разрешающий сигнал светофора, при котором маршрут прибытия готовится «на проход» с передачей указания о необходимости остановки у путевого знака «остановка локомотива».

– для обеспечения приёма поезда накатом (при действующих ограничениях скорости) допустимый приведенный уклон маршрута приёма должен быть не более 3 ‰;

– для обеспечения приёма поезда накатом с приведенным уклоном местности более 3 ‰ скорость в начале пути приёма должна быть более 40 км/ч – это обеспечивается за счет применения пологих марок крестовины стрелочных переводов (1/18 и более), а также приёма поезда под зеленый или желтый сигнал входного и выходного (маршрутного) светофора;

– для обеспечения приема поезда под запрещающее показание входного светофора (нестандартная ситуация), когда скорость проследования такого сигнала должна быть не более 20 км/ч, должен быть разработан особый порядок, учитывающий местные инфраструктурные ограничения.

Дополнительные рекомендации:

– в целях корректной работы тормозной системы состава поезда, могут быть использованы системы, обеспечивающие (без участия действий машиниста локомотива), максимально допустимую скорость при условии автоматического прицельного торможения системой поезда;

– использование предлагаемой технологии приёма может быть реализовано после разработки местной инструкции, а также получения согласования от перевозчика и владельца инфраструктуры при обучении локомотивных бригад особенностям приёма поезда накатом.

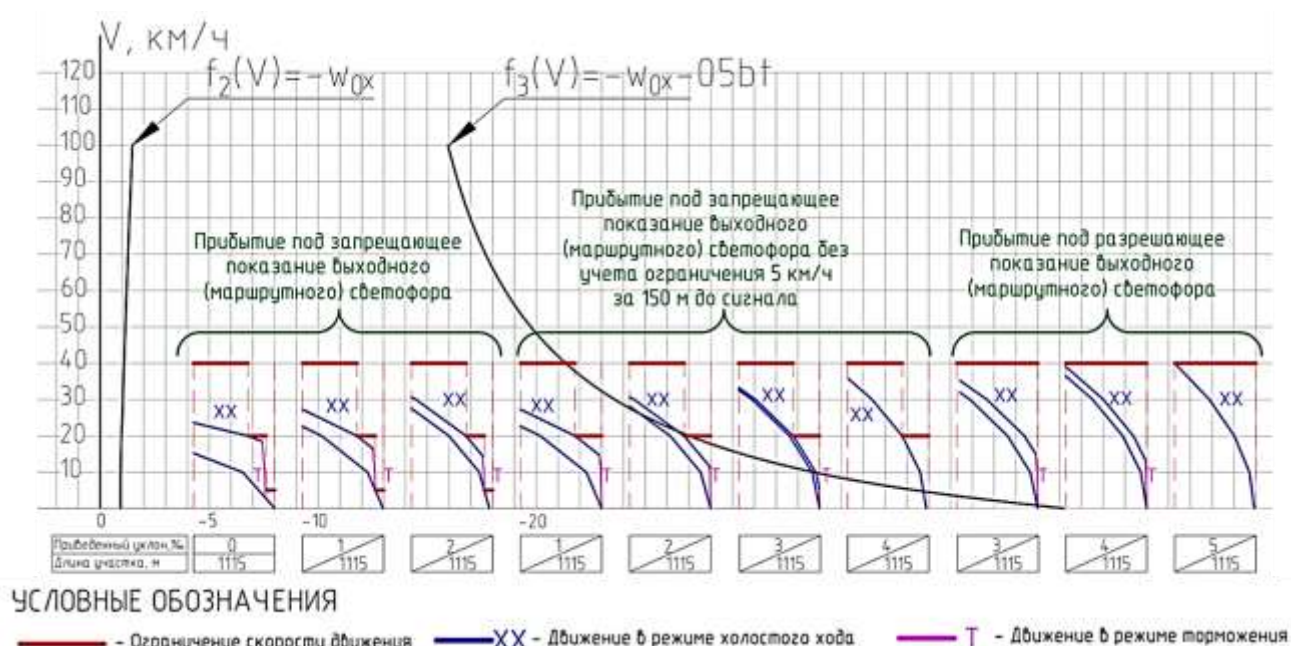


Рисунок 4 – Графическое интегрирование уравнения движения поезда (масса состава 5 844 т.)

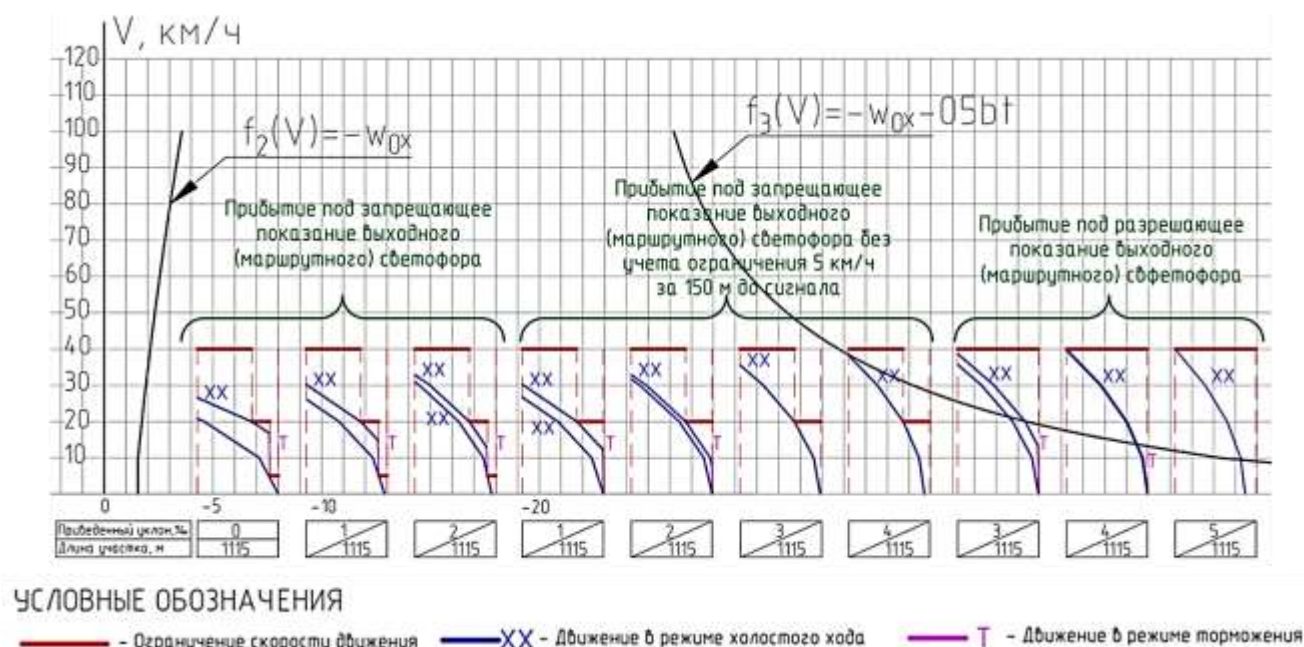


Рисунок 5 – Графическое интегрирование уравнения движения поезда (масса состава 925 т)

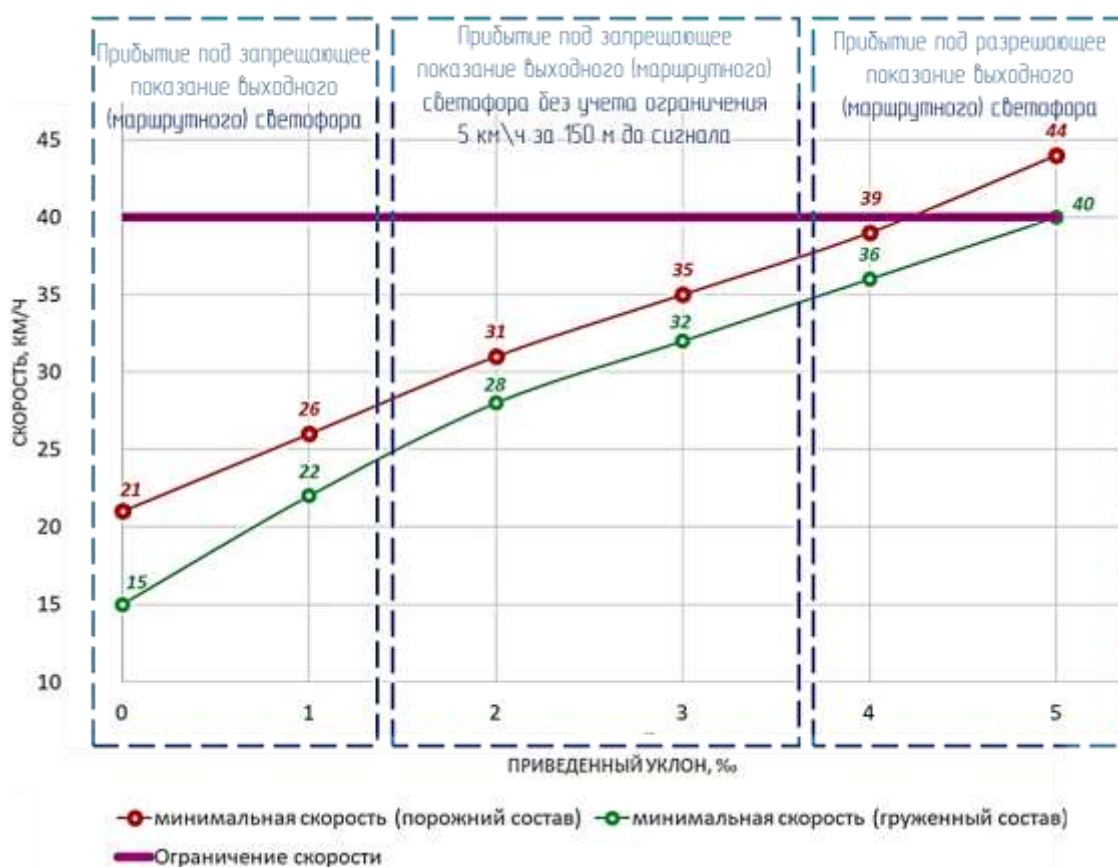


Рисунок 6 – Минимальная скорость движения грузового поезда в момент опускания токоприемников для обеспечения его приёма накатом при различных значениях приведенного уклона и массы состава поезда

### Выводы

Для обеспечения условий совмещения процессов выполнения грузовых операций и питания от контактной сети электровоза, гарантирующих возможность осуществления приёма и отправления с погрузочно-выгрузочного пути, одним из вариантов оснащения станции, является такая компоновка путей и парков, при которой погрузочно-выгрузочный путь частично перекрыт контактной сетью. При этом свободный от контактной сети участок, при

приёме поезда, проследуется с опущенными токоприемниками под действием кинетической энергии поезда (накатом).

Важно отметить, что в рамках частичного отказа от контактной сети, требуется проработка и освещение альтернативных вариантов приёма поезда, к которым относятся применение распределенной тяги, а также приём состава поезда на грузовой фронт вагонами вперед. Дальнейшее освещение обозначенных вопросов позволит объяснить возможность реализации предлагаемых решений, а также произвести сравнение предлагаемых вариантов, для дальнейшего определения сферы и эффективности решений.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Скачков А.А., Мехедов М.И., Петров В.В. Перевозка скоропортящихся грузов по технологии «холодный экспресс» // Железнодорожный транспорт. – 2018. – №9. – С. 51-54.
2. Типовая технология перевозки грузов поездами «Холодный экспресс»: утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 5 марта 2020 г. № 493/р. Екатеринбург: УралЮрИздат, 2020. – 24 С.
3. Шмаль В.Н. Оптимизация схем обращения пассажирских поездов // Железнодорожный транспорт. – 2010. – №6. – С. 61.
4. Повороженко В.В. Организация грузовой работы промежуточных станций и движения сборных поездов. – М.: Трансжелдориздат, 1940. – 168 с.
5. Повороженко В.В. Погрузка и выгрузка на промежуточных станциях без отцепки вагонов. – М.: Трансжелдориздат МПС, 1946. – 83 с.
6. Вакуленко С.П., Роменский Д.Ю., Мехедов М.И. и др. Экономические параметры перевозок поездами «Холодный экспресс» на примере маршрута Владивосток-Москва-Санкт-Петербург // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2020. – Т. 79. - №6. – С. 319-326. – DOI 10.21780/2223-9731-2020-79-6-319-326.
7. Колин А.В., Котов В.А. Возможности скоростной перевозки грузов // Железнодорожный транспорт. – 2008. – №3. – С. 20-23.
8. Прокофьев М.Н. Совершенствование технологии ускоренных грузовых перевозок железнодорожным транспортом: дис. ... канд. техн. наук. – Москва, 2018. – 213 с.
9. Вакуленко С.П., Насыбуллин А.М., Милевский А.С. Методология назначения остановок грузовым поездам постоянного формирования // Экономика железных дорог. – 2021. – №8. – С. 56-66.
10. Вакуленко С.П., Насыбуллин А.М., Айсина Л.Р. К вопросу о размещении грузовых мест в составах поездов постоянного формирования // Транспортное дело России. – 2022. – №5. – С. 80-84. – DOI 10.52375/20728689\_2022\_5\_80.
11. Vakulenko S.P., Nasybullin A.M. Technical solutions for loading and unloading operations on freight trains on an electrified track of a logistic terminal // T-Comm. – 2020. – Vol. 14. – №4. – P. 66-72. – DOI 10.36724/2072-8735-2020-14-4-66-72.
12. Вакуленко С.П., Мехедов М.И., Насыбуллин А.М. и др. Схемные решения контейнерных площадок для обслуживания поездов сервиса «Холодный экспресс» // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2021. – №9. – С. 19-25. – DOI 10.36535/0236-1914-2021-09-3.
13. Егоркин В.М., Харыбин И.А., Дзичковский Е.М. «Палетный экспресс» - мультимодальная система перевозок грузов на палетах // Железные дороги мира. – 2020. – №8. – С. 19-24.
14. Виноградов С.А., Мехедов М.И., Вакуленко С.П., Якубеня А.Ю. Перспективы развития ускоренных грузовых перевозок // Железнодорожный транспорт. – 2021. – №4. – С. 10-15.
15. Высоцкий В.А., Колышкина Д.В., Шевцова А.Г. Разновидности грузовых терминалов в транспортной отрасли / Отв. редактор Е.В. Агеев // Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ - 2021): Сборник статей XIII Международной научно-технической конференции. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2021. – С. 77-80.
16. Корчагин В.А., Суворов В.А., Чекрызов Е.А. Синтез эффективных транспортно-логистических систем // Логистика - евразийский мост: материалы XI международной научно-практической конференции, Том Часть 1. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2016. – С. 123-127.
17. Новиков А.Н., Дудник Т.А., Васильева В.В., Кулев М.В. Цифровые технологии в логистике как инструмент устойчивого развития // III Арригиевские чтения по теме: «Путь России в будущий мировой порядок»: Материалы международной научно-практической конференции. - В 2-х частях. – Ч. 2. – Орёл: ООО ПФ «Картуш». - 2020. – С. 97-108.
18. Бурлуцкая А.Г., Семикопенко Ю.В., Шевцова А.Г. Параметры для проверки адекватности моделирования // Проблемы исследования систем и средств автомобильного транспорта: Материалы Международной очно-заочной научно-технической конференции. – Вып. 1. – Тула: Тульский государственный университет, 2017. – С. 279-283.
19. Шевцова А.Г., Бурлуцкая А.Г., Лашин Д.А. Организация транспортного процесса с помощью программ моделирования // Актуальные вопросы организации автомобильных перевозок и безопасности движения:



Сборник материалов Международной научно-практической конференции. – Саратов: Межрегиональный центр инновационных технологий в образовании. – 2018. – С. 67-72.

20. Инструкция о порядке использования токоприемников электроподвижного состава при различных условиях эксплуатации: Инструкция о порядке действий локомотивных бригад и работников дистанций электроснабжения при повреждении токоприемников, контактной сети и комиссионном их рассмотрении. – М-во путей сообщения Рос. Федерации. – Москва: Трансinfo, 2004. – 31 с.

21. Ефимов Р.А., Тимкова А.Ю., Шорохова Л.С. Критерии оценки продольного профиля сортировочных путей при аттестации на возможность безопасного роспуска вагонов-цистерн для перевозки опасных грузов 2 класса // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2021. – №2(82). – С. 129-136. – DOI 10.46973/0201-727X\_2021\_2\_129.

22. Шмаль В.Н., Павлов С.С. Интеллектуальный анализ данных. – Екатеринбург: издательские решения, 2023. – 182 с.

23. Правила тяговых расчетов для поездной работы; утв. Распоряжением ОАО «РЖД» от 12.05.2016 г. №867р.

24. Нормы допускаемых скоростей движения подвижного состава по железнодорожным путям колеи 1520 (1524) мм федерального железнодорожного транспорта; утв. Распоряжением ОАО «РЖД» от 08.11.2016 г. №2240р.

25. Памятка локомотивной бригаде по предупреждению проездов светофоров с запрещающим показанием; утв. Распоряжением ОАО «РЖД» от 05.07.2018 № 1433/р в редакции Распоряжения ОАО «РЖД» от 23.04.2019 № 767р.

26. Новиков А.Н., Иващук О.А., Васильева В.В. Использование математических методов в системе мониторинга акустической среды г. Орла / под ред. А.Н. Новикова; сост. А.В. Севостьянихина // Актуальные вопросы подготовки специалистов по направлению «Эксплуатация наземного транспорта и транспортного оборудования» в условиях рыночной экономики: сборник научных статей международной научно-практической конференции. – Орел: ФГБОУ ВПО «Государственный университет - учебно-научно-производственный комплекс». – 2006. – С. 148-151.

**Насыбуллин Айрат Марсович**

Российский университет транспорта (МИИТ)

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

Старший преподаватель

E-mail: nasybullin.airat@mail.ru

**Айсина Лилия Риантовна**

Российский университет транспорта (МИИТ)

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

Старший преподаватель

E-mail: l.r.aysina@mail.ru

A.M. NASYBULLIN, L.R. AYSINA

## DEVELOPMENT OF CIRCUIT AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR ARRIVAL AND CARRYING CARGO OPERATIONS WITH PERMANENT FORMATION TRAINS, WHICH DRIVEN BY ELECTRIC LOCOMOTIVES

**Abstract:** *In the course of the study, in order to detect the implementation of safe cargo operations during the operation of «vertical» cargo blocks, it was proposed to choose a contact network within the cargo front. To receive the reception of a train driven by an electric locomotive, with a partial refusal from the contact network, three competitive options are proposed that teach the possibility of reception. As part of the variation study, when receiving a train, coasting is detected, in coastdown mode. The substantiation of the proposed acceptance technology is supported by the development of the catch-up technology, modeling the possibility and probability of receiving a train on the cut (graphical integration of the train motion equation), as well as the development of technical and technological stability to ensure the implementation of the proposed circuit-technological solution.*

**Keywords:** *speed-time-distance calculation, «Cold Express», freight train of permanent formation, catenary system, freight operation, circuit of railway station*

### BIBLIOGRAPHY

1. Skachkov A.A., Mekhedov M.I., Petrov V.V. Perevozka skoroportyashchikhsya грузов po tekhnologii «kholodnyy ekspress» // Zheleznodorozhnyy transport. - 2018. - №9. - S. 51-54.
2. Tipovaya tekhnologiya perevozki грузов poezdami «Holodnyy ekspress»: utv. rasporyazheniem ОАО «RZHD» ot 5 marta 2020 g. № 493/r. Ekaterinburg: Uralyurizdat, 2020. - 24 S.
3. Shmal' V.N. Optimizatsiya skhem obrashcheniya passazhirskikh poezdov // Zheleznodorozhnyy transport. - 2010. - №6. - S. 61.
4. Povorozhenko V.V. Organizatsiya грузовoy raboty promezhutochnykh stantsiy i dvizheniya sbornykh poezdov. - M.: Transzheldorizdat, 1940. - 168 s.
5. Povorozhenko V.V. Pogruzka i vygruzka na promezhutochnykh stantsiyakh bez ottsepki vagonov. - M.: Transzheldorizdat MPS, 1946. - 83 s.

6. Vakulenko S.P., Romenskiy D.Yu., Mekhedov M.I. i dr. Ekonomicheskie parametry perevozok poezdami «Holodnyy ekspress» na primere marshruta Vladivostok-Moskva-Sankt-Peterburg // Vestnik Nauchno-issledovatel'skogo instituta zheleznodorozhnogo transporta. - 2020. - T. 79. - №6. - S. 319-326. - DOI 10.21780/2223-9731-2020-79-6-319-326.
7. Kolin A.V., Kotov V.A. Vozmozhnosti skorostnoy perevozki грузов // Zheleznodorozhnyy transport. - 2008. - №3. - S. 20-23.
8. Prokof'ev M.N. Sovershenstvovanie tekhnologii uskorennykh gruzovykh perevozok zheleznodorozhnym transportom: dis. ... kand. tekhn. nauk. - Moskva, 2018. - 213 s.
9. Vakulenko S.P., Nasybullin A.M., Milevskiy A.S. Metodologiya naznacheniya ostanovok gruzovym poezdami postoyannogo formirovaniya // Ekonomika zheleznykh dorog. - 2021. - №8. - S. 56-66.
10. Vakulenko S.P., Nasybullin A.M., Aysina L.R. K voprosu o razmeshchenii gruzovykh mest v sostavakh poezdov postoyannogo formirovaniya // Transportnoye delo Rossii. - 2022. - №5. - S. 80-84. - DOI 10.52375/20728689\_2022\_5\_80.
11. Vakulenko S.P., Nasybullin A.M. Technical solutions for loading and unloading operations on freight trains on an electrified track of a logistic terminal // T-Comm. - 2020. - Vol. 14. - №4. - P. 66-72. - DOI 10.36724/2072-8735-2020-14-4-66-72.
12. Vakulenko S.P., Mekhedov M.I., Nasybullin A.M. i dr. Skhemnye resheniya konteynernykh ploshchadok dlya obsluzhivaniya poezdov servisa «Holodnyy ekspress» // Transport: nauka, tekhnika, upravlenie. Nauchnyy informatsionnyy sbornik. - 2021. - №9. - S. 19-25. - DOI 10.36535/0236-1914-2021-09-3.
13. Egorkin V.M., Harybin I.A., Dzichkovskiy E.M. «Paletnyy ekspress» - mul'timodal'naya sistema perevozok грузов na paletakh // Zheleznye dorogi mira. - 2020. - №8. - S. 19-24.
14. Vinogradov S.A., Mekhedov M.I., Vakulenko S.P., Yakuben' A.Yu. Perspektivy razvitiya uskorennykh gruzovykh perevozok // Zheleznodorozhnyy transport. - 2021. - №4. - S. 10-15.
15. Vysotskiy V.A., Kolyshkina D.V., Shevtsova A.G. Raznovidnosti gruzovykh terminalov v transportnoy ot-rasli / Otv. redaktor E.V. Ageev // Sovremennyye avtomobil'nye materialy i tekhnologii (SAMIT - 2021): Sbornik statey XIII Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. - Kursk: Yugo-Zapadnyy gosudarstvennyy universitet, 2021. - S. 77-80.
16. Korchagin V.A., Suvorov V.A., Chekryzhov E.A. Sintez effektivnykh transportno-logisticheskikh sistem // Logistika - evraziyskiy most: materialy III mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Tom Chast' 1. - Krasnoyarsk: Krasnoyarskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet, 2016. - S. 123-127.
17. Novikov A.N., Dudnik T.A., Vasil'eva V.V., Kulev M.V. Tsifrovyye tekhnologii v logistike kak instrument ustoychivogo razvitiya // III Arrievskie chteniya po teme: «Put' Rossii v budushchiy mirovoy poryadok»: Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - V 2-kh chastyakh. - CH. 2. - Oriol: OOO PF «Kartush». - 2020. - S. 97-108.
18. Burlutskaya A.G., Semikopenko Yu.V., Shevtsova A.G. Parametry dlya proverki adekvatnosti modeli-rovaniya // Problemy issledovaniya sistem i sredstv avtomobil'nogo transporta: Materialy Mezhdunarodnoy ochno-zaochnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. - Vyp. 1. - Tula: Tul'skiy gosudarstvennyy universitet, 2017. - S. 279-283.
19. Shevtsova A.G., Burlutskaya A.G., Lashin D.A. Organizatsiya transportnogo protsessa s pomoshch'yu pro-gramm modelirovaniya // Aktual'nye voprosy organizatsii avtomobil'nykh perevozok i bezopasnosti dvizheniya: Sbornik materialov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Saratov: Mezhhregional'nyy tsentr inno-vatsionnykh tekhnologiy v obrazovanii. - 2018. - S. 67-72.
20. Instruktsiya o poryadke ispol'zovaniya tokopriemnikov elektropodvizhnogo sostava pri razlichnykh usloviyakh ekspluatatsii: Instruktsiya o poryadke deystviy lokomotivnykh brigad i rabotnikov distantsiy elek-trosnabzheniya pri povrezhdenii tokopriemnikov, kontaktnoy seti i komissionnom ikh rassmotrenii. - M-vo putey soob-shcheniya Ros. Federatsii. - Moskva: Transinfo, 2004. - 31 s.
21. Efimov R.A., Timkova A.Yu., Shorokhova L.S. Kriterii otsenki prodol'nogo profilya sortirovochnykh putey pri attestatsii na vozmozhnost' bezopasnogo respuska vagonov-tsistem dlya perevozki opasnykh грузов 2 klassa // Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putey soobshcheniya. - 2021. - №2(82). - S. 129-136. - DOI 10.46973/0201-727X\_2021\_2\_129.
22. Shmal' V.N., Pavlov S.S. Intellektual'nyy analiz dannykh. - Ekaterinburg: izdatel'skie resheniya, 2023. - 182 s.
23. Pravila tyagovykh raschetov dlya poezdnoy raboty; utv. Rasporyazheniem OAO «RZHD» ot 12.05.2016 g. № 867r.
24. Normy dopuskaemykh skorostey dvizheniya podvizhnogo sostava po zheleznodorozhnym putyam kolei 1520 (1524) mm federal'nogo zheleznodorozhnogo transporta; utv. Rasporyazheniem OAO «RZHD» ot 08.11.2016 g. №2240r.
25. Pamyatka lokomotivnoy brigade po preduprezhdeniyu proezdov svetoforov s zapreshchayushchim pokaza-niem; utv. Rasporyazheniem OAO «RZHD» ot 05.07.2018 № 1433/r v redaktsii Rasporyazheniya OAO «RZHD» ot 3.04.2019 № 767r.
26. Novikov A.N., Ivashchuk O.A., Vasil'eva V.V. Ispol'zovanie matematicheskikh metodov v sisteme mo-nitoringa akusticheskoy sredy g. Orla / pod red. A.N. Novikova; sost. A.V. Sevost'yanikhina // Aktual'nye voprosy podgo-tovki spetsialistov po napravleniyu «Ekspluatatsiya nazemnogo transporta i transportnogo oborudovaniya» v usloviyakh rynochnoy ekonomiki: sbornik nauchnykh statey mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Orel: FGBOU VPO «Gosudarstvennyy universitet - uchebno-nauchno-proizvodstvennyy kompleks». - 2006. - S. 148-151.

**Nasybullin Ayrat Marovich**  
 Russian University of transport  
 Address: 127994, Russia, Moscow, Obraztsova str., 9  
 Senior teacher  
 E-mail: nasybullin.airat@mail.ru

**Aysina Liliya Rinatovna**  
 Russian University of transport  
 Address: 127994, Russia, Moscow, Obraztsova str., 9  
 Senior teacher  
 E-mail: l.r.aysina@mail.ru

Научная статья

УДК 656.085

doi:10.33979/2073-7432-2023-3-1(82)-69-76

А.И. ПЕТРОВ

**КАЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА СИСТЕМНОГО УПРАВЛЕНИЯ  
БЕЗОПАСНОСТЬЮ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ:  
ФИЛОСОФСКИЙ СМЫСЛ И ВОЗМОЖНОСТИ  
ИНФОРМАЦИОННО-ЭНТРОПИЙНОГО АНАЛИЗА**

**Аннотация.** В статье рассмотрены энтропийные подходы к оценке качества управления безопасностью дорожного движения (БДД) в регионах России. Приведены методика количественной оценки Относительной энтропии  $H_n$  региональной системы обеспечения БДД и примеры ее использования. Представлена энтропийная классификация региональных систем обеспечения БДД по уровням системной организованности. Сделана попытка философского осмысления результатов информационно-энтропийного анализа особенностей региональных систем обеспечения БДД.

**Ключевые слова:** системная организованность, информационно-энтропийный анализ, методика количественной оценки Относительной энтропии систем обеспечения БДД, энтропийная классификация региональных систем обеспечения БДД

**Введение**

Существующие и активно используемые ныне подходы к оценке безопасности дорожного движения (БДД) вполне могут быть использованы в сравнительных целях. Анализ абсолютных показателей (число ДТП (в целом и разных видов), число раненых, погибших и пострадавших в ДТП) позволяет сделать выводы о динамике различных аспектов дорожно-транспортной аварийности. Однако этот подход страдает однобокостью, т.к. никак не учитывает динамику изменения состояния автотранспортной системы. Более качественный анализ позволяет провести сравнение удельных (относительных) показателей БДД, учитывающих базовые характеристики состояния анализируемой системы (численность населения, размер парка транспортных средств и т.п.).

Именно поэтому уже более 70 лет назад Р. Смид [1] предложил для сравнения состояния в сфере БДД разных стран показатели *Социальный HR* и *Транспортный TR* риски. Чуть позже с этой же целью начали использовать показатель *Тяжесть ДТП*. Комплексный анализ абсолютных и относительных показателей БДД позволяет решать задачи управления БДД уже более профессионально. И, тем не менее, в системе ныне используемых показателей оценки БДД существует определенная недосказанность.

Размышления над этим тезисом позволяют прийти к выводу о том, что все ныне используемые показатели БДД являются количественными, но не позволяют оценивать систему обеспечения БДД того или иного масштаба с качественной точки зрения. Этот пробел позволяет устранить использование в оценке БДД информационно-энтропийного анализа. В рамках данной статьи сделана попытка объяснить философский смысл энтропии в контексте подобной оценки.

**Материал и методы****Краткая дефиниция понятия «энтропия»**

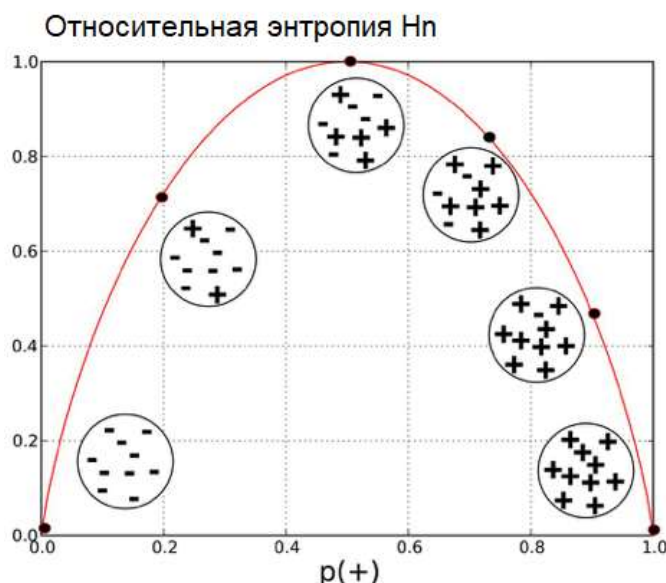
Пришедшее из термодинамики понятие энтропии ныне активно используется в самых разных науках. К настоящему времени сложилось три основных направления энтропийного анализа – термодинамическое, информационное и структурное [2]. Все эти три направления тесно связаны и понятийно дополняют друг друга. Принципиальная разница между ними заключается в методах и профессиональных областях использования. Между понятиями информационной и структурной энтропии грань размыта, т.к. показатель информационной энтропии  $H$ , предложенный К. Шенноном в 1949 г. используется в обоих случаях, но в разных контекстах.

Вообще, специалисты в новом направлении науки Complexity (иногда эту науку идентифицируют как теория сложности) любят иронизировать над тем, что никто так толком и не понимает, что такое энтропия. Так, А. Ben-Naim указывает [3]: «Нет другой концепции, которой серьезно злоупотребляли, неумело применяли, а в некоторых случаях даже злоупотребляли». Однако в другой своей работе общеполитического характера [4] А. Ben-Naim объясняет, что именно энтропийные характеристики (в частности, Относительная энтропия изучаемой системы  $H_n$ ) позволяют оценивать качество состояния какой-либо системы с количественных позиций. В полной мере это относится и к системам обеспечения БДД.

Согласно Второму закону термодинамики энтропия (мера хаоса, беспорядка) любой системы постоянно увеличивается. Этот тезис справедлив для систем без внешнего управления [5]. Именно с целью противостояния росту энтропии и используются всевозможные меры управления системой. Так, для систем обеспечения БДД это выражается в постоянном усложнении систем регулирования и управления дорожным движением [6-8]. Пожалуй, любой из нас согласится, что современные многофазные светофорные циклы намного сложнее, чем простой двухфазный цикл работы светофора, который был основным еще 30 лет назад для систем управления дорожным движением в большинстве городов России.

Одна из важнейших задач системного управления – структурирование всего и вся и последующая иерархизация с целью оптимизации системных процессов. Структурирование же заключается в том, что элементам системы придается различная значимость или «вес».

На рисунке 1 показан простейший графический пример распределения значений относительной энтропии  $H_n$  (в размерности  $H_n = [0; 1]$ ) для случая 2-х-компонентной системы.



*Рисунок 1 – Простейший пример распределения значений относительной энтропии  $H_n$  для случая 2-х-компонентной системы (компоненты [+ ] и [-])*

*В случае равного веса двух компонентов системы (случай, когда  $w(+)=w(-)$ ) относительная энтропия системы  $H_n = 1,0$*

Максимальное значение относительной энтропии  $H_n = 1,0$  характерно для случая отсутствия структуризации элементов системы, что выражается в форме их хаотического перемешивания. Минимальные значения относительной энтропии  $H_n \rightarrow 0$  характерны для случаев разноразмерности значимости различных структурных элементов системы (один весьма значим; другой – малозначим).

В то же время надо четко понимать, что это состояние системы маловероятно, а реальный диапазон значений относительной энтропии  $H_n$  любой системы достаточно узок. Так, для систем обеспечения БДД в разных странах мира (регионах, городах)  $H_{n\text{ БДД}} \approx (0,5-0,8)$ .

#### Основные идеи методики оценки относительной энтропии $H_n$ БДД.

Ранее различные варианты данной методики были подробно представлены в работах автора [9-11]. Поэтому тезисно напомним только основную суть данной методики в отношении региональных систем ОБДД.

Методика количественной оценки относительной энтропии региональных систем обеспечения БДД  $H_{n\text{ БДД}}$  подразумевает последовательное выполнение 7 этапов действий.

Этап 1. Структурирование системы обеспечения БДД и описание итогового результата ее функционирования в виде причинно-следственной цепочки, где каждый последующий этап процесса порождается как следствие ранее выполненных этапов.

Причинно-следственная цепочка процесса формирования дорожно-транспортной аварийности в регионах описывается следующим образом (рис. 2).

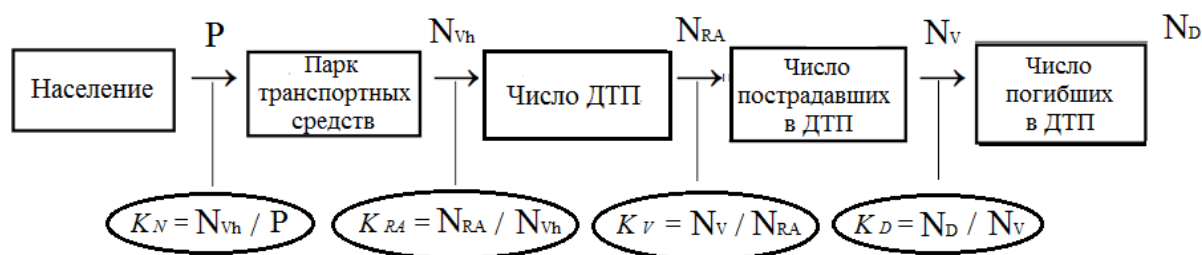


Рисунок 2 – Четыре этапа информационной передачи (Н-4), описываемые посредством  $K_i$  в процессе формирования дорожно-транспортной аварийности

Этап 2. Определение численных значений коэффициентов  $K_i$  информационной передачи по исследуемому каналу.

Коэффициентом передачи  $i$ -звена является (1) отношение значений характеристики его выхода ( $A_{out}$ ) к значению характеристики входа ( $A_{in}$ ):

$$K_i = A_{out} / A_{in} . \quad (1)$$

В частности, необходимо определить значения коэффициентов  $K_i$ (2):

$$K_N = N_{vh} / P ; \quad K_{RA} = N_{RA} / N_{vh} ; \quad K_v = N_v / N_{RA} ; \quad K_D = N_D / N_v . \quad (2)$$

Идентификация значений коэффициентов  $K_i$  информационной передачи по каналу позволяет расставить приоритеты в сфере управления БДД за счет выявления так называемых «слабых» звеньев в причинно-следственном механизме формирования дорожно-транспортной аварийности.

Этап 3. Определение так называемого позитива или положительного вклада  $Q$  относительно веса соответствующего звена исследуемого трансформационного процесса в объектно-смысловой цепочке информационной передачи «Население региона  $P$  – Парк ТС  $N_{vh}$  – Число ДТП  $N_{RA}$  – Число пострадавших в ДТП  $N_v$  – Число погибших в ДТП  $N_D$ ».

Физический смысл положительного вклада  $Q$  различных элементов причинно-следственной цепочки формирования аварийности в конечный результат дорожно-транспортной аварийности является мерой объема информации или производной энтропии исследуемого процесса.

Для четырехзвенной методики определения энтропии (Н-4) это можно сделать согласно (3):

$$Q = Q_N + Q_{RA} + Q_v + Q_D = \ln(1/K_N) + \ln(1/K_{RA}) + \ln(1/K_v) + \ln(1/K_D) \quad (3)$$

Этап 4. Определение численных значений весовых коэффициентов  $w_i$  для оценки положительного вклада  $Q$  различных элементов причинно-следственной цепочки. Для этого используется алгоритм (4):

$$w_i = Q_i / Q \quad (4)$$

Наличие расчетных значений  $w_i$ , а именно  $w_N, w_{RA}, w_v, w_D$  позволяет оценить степень относительного влияния («веса») различных блоков (четырёх этапов трансформации информации) исследуемой причинно-следственной цепочки на формирование итоговых характеристик дорожно-транспортной аварийности.

Этап 5. Определение логарифмированных значений «веса» позитива  $w_i$  различных звеньев причинно-следственной цепочки и их произведения с «весами» позитива  $w_i$ .

Так как в классической формуле К. Шеннона используются именно логарифмированные значения «весов», то необходимо сначала вычислить натуральные логарифмы соответствующих «весов» позитива звеньев цепочки, а затем и итоги перемножения логарифмов соответствующих «весов» на значения «веса».

Этап 6. Непосредственный расчет энтропии процесса обеспечения БДД по классической формуле К.Э. Шеннона (5):

$$H = - \sum_{i=1}^n w_i \cdot \ln w_i \quad (5)$$

где  $n$  - число звеньев причинно-следственной цепочки формирования дорожно-транспортной аварийности;

$w_i$  - весовые коэффициенты позитива звеньев цепочки, отвечающие условию нормиров-

ки  $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ .

Этап 7. Расчет Относительной энтропии  $H_n$  процесса обеспечения БДД в регионах РФ может быть осуществлен по формуле (6):

$$H_n = \left[ - \sum_{i=1}^n w_i \cdot \ln (w_i) \right] / \ln(n), \quad (6)$$

где  $n$  - число звеньев причинно-следственной цепочки формирования дорожно-транспортной аварийности;

$n = 4$  - для случая оценки энтропии региональных систем ОБДД;

### Теория

Пример использования информационно-энтропийного анализа в качественной оценке региональных систем обеспечения БДД.

В данном разделе представлен расчет относительной энтропии  $H_n$  БДД 2021 системы обеспечения БДД Тюменской области.

Для расчета величины  $H_n$  БДД требуется информация о пяти характеристиках причинно-следственной цепочки формирования дорожно-транспортной аварийности: «Население региона  $P$  – Парк ТС  $N_{vh}$  – Число ДТП  $N_{RA}$  – Число пострадавших в ДТП  $N_V$  – Число погибших в ДТП  $N_D$ ». Соответствующая информация для системы ОБДД Тюменской области (2021) представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Численные значения показателей (2021) причинно-следственной цепочки формирования дорожно-транспортной аварийности в Тюменской области

Численные значения (2021)				
Население региона, чел.	Парк ТС, ед.	Число ДТП, ед.	Число пострадавших в ДТП, чел.	Число погибших в ДТП, чел
1552148	721286	2462	3570	184

В таблицах 2-4 представлены результаты промежуточных этапов расчета  $H_n$  БДД Тюменская обл. 2021.

Таблица 2 – Расчетные значения коэффициентов передачи  $K_i$  в причинно-следственном механизме формирования аварийности в Тюменской области (2021)

Расчетные значения $K_i$			
$K_N$	$K_{RA}$	$K_V$	$K_D$
0,4647	0,0034	1,4500	0,0515

В таблице 3 представлены результаты расчета позитива  $Q_i$  звеньев информационной передачи в причинно-следственной цепочке формирования БДД и их относительного веса.

Таблица 3 – Результаты расчета позитива  $Q_i$  звеньев информационной передачи и их относительного веса  $Q_i / \Sigma Q_i$

Численные значения позитива $Q_i$ звеньев причинно-следственной цепочки формирования аварийности в Тюменской области (2021) и их относительного веса			
$Q(K_N)$	$Q(K_{RA})$	$Q(K_V)$	$Q(K_D)$
0,7664	5,6801	0,3716	2,9654
$\Sigma Q_i = 9,7834$			
$Q(K_N) / \Sigma Q_i$	$Q(K_{RA}) / \Sigma Q_i$	$Q(K_V) / \Sigma Q_i$	$Q(K_D) / \Sigma Q_i$
0,0783	0,5806	0,0380	0,3031

В таблице 4 представлены промежуточные этапы и итоговый результат расчета энтропии  $H$  процесса формирования региональной дорожно-транспортной аварийности для системы обеспечения БДД в Тюменской области в 2021 г.

Таблица 4 – Результаты расчета энтропии  $H$  процесса формирования дорожно-транспортной аварийности в Тюменской области в 2021 г.

Численные значения $\ln$ веса позитива $\ln(\omega_N)$ звеньев информационной передачи (2021) для причинно-следственной цепочки формирования аварийности в Тюменской области			
$\ln(\omega_N)$	$\ln(\omega_{RA})$	$\ln(\omega_V)$	$\ln(\omega_D)$
-2,5468	-0,5437	-3,2706	-1,1937
Численные значения произведений $(\omega_i) \cdot \ln(\omega_i)$ звеньев информационной передачи			
$(\omega_N) \cdot \ln(\omega_N)$	$(\omega_{RA}) \cdot \ln(\omega_{RA})$	$(\omega_V) \cdot \ln(\omega_V)$	$(\omega_D) \cdot \ln(\omega_D)$
-0,1995	-0,3157	-0,1242	-0,3618

Согласно формулам (5) и (6) Методики можно рассчитать значения абсолютной  $H$  и относительной энтропии  $H_n$  системы обеспечения БДД Тюменской области.

Расчетные значения (для системы обеспечения БДД Тюменской области) абсолютной  $H_{БДД}$  и относительной энтропии  $H_n$  БДД:

$$H_{БДД \text{ Тюменская обл. } 2021} = 1,001; H_n \text{ БДД Тюменская обл. } 2021 = 0,722.$$

Теоретический диапазон возможных значений  $H_n \text{ БДД} = [0; 1]$ . Фактический диапазон значений  $H_n \text{ БДД}$  для региональных систем ОБДД Российской Федерации  $H_n \text{ БДД } 2021 = [0,631; 0,810]$ . Минимальное значение  $H_n \text{ БДД } 2021 = 0,631$  характерно для системы ОБДД Камчатского края. Максимальное значение  $H_n \text{ БДД } 2021 = 0,810$  характерно для системы ОБДД Республики Тыва.

В таблице 5 представлено распределение (2021) численных значений региональных (для субъектов РФ) величин относительной энтропии  $H_n \text{ БДД}$ . Диапазон фактических значений  $H_n \text{ БДД } 2021 = [0,631; 0,810]$ .

Таблица 5 – Распределение (2021) систем обеспечения БДД 82 регионов РФ (исключая города регионального значения) по диапазонам значений относительной энтропии  $H_n \text{ БДД}$  и энтропийная классификация регионов по уровням системной организованности

Диапазоны значений $H_n$ БДД / Число субъектов РФ							
<0,650	0,651....0,675	0,676....0,700	0,701....0,725	0,726....0,750	0,751....0,775	0,776....0,800	>0,801
5	14	16	32	13	1	0	1
Энтропийная классификация регионов РФ по величине $H_n$ БДД							
Очень высокий уровень системной организованности – класс I	Высокий уровень системной организованности БДД – класс II		Средний уровень си- стемной организованности БДД – класс III		Низкий уровень си- стемной организо- ванности БДД – класс IV		Очень высокий уровень системной организованности – класс V
	подкласс II-1	подкласс II-2	подкласс III-1	подкласс III-2	подкласс IV-1	подкласс IV-2	
Примечание. Системы ОБДД городов федерального значения (Москва, Санкт-Петербург, Севастополь ис- ключены из анализа, т.к. городские системы ОБДД некорректно сравнивать с региональными аналогами).							

Наибольшее представительство регионов РФ в диапазоне значений  $H_n \text{ БДД} = [0,701; 0,725]$ . В энтропийной классификации регионов РФ по величине  $H_n \text{ БДД}$  это класс III-1. Например, к этой группе регионов РФ относится и Тюменская область (место жительства автора статьи). К классам низкого (класс IV) и очень низкого (класс V) уровней системной организованности в сфере ОБДД относятся лишь 2 региональных системы (национальные республики – Ингушетия и Тыва).



И все же, почему в каких-то регионах страны относительная энтропия БДД  $H_n$  БДД выше, чем в других? За счет чего сформировалась принципиальная разница между этими значениями? Рассмотрим ответ на этот вопрос в следующем разделе статьи.

### **Результаты и обсуждение**

#### Сравнительная интерпретация фактических результатов информационно-энтропийного анализа особенностей региональных систем обеспечения БДД.

Итоговые результаты оценки относительной энтропии  $H_n$  БДД являются следствием особенностей соотношений между значениями численных значений коэффициентов  $K_i$  информационной передачи по причинно-следственной цепочке.

В таблице 6 представлены сравнительные результаты оценки коэффициентов передачи  $K_i$  для соответствующих цепочек формирования аварийности, характерных для систем обеспечения БДД Камчатского края и Республики Тыва (2021).

Таблица 6 – Расчетные значения коэффициентов передачи  $K_i$  в причинно-следственных механизмах формирования аварийности в Камчатском крае и Республике Тыва (2021)

Субъекты РФ	Расчетные значения $K_i$			
	$K_N$	$K_{RA}$	$K_V$	$K_D$
Камчатский край	0,6965	0,0020	1,3770	0,0689
Республика Тыва	0,2197	0,0065	1,6962	0,1381

Сравнивая соответствующие значения (табл. 5) коэффициентов передачи  $K_i$  причинно-следственных цепочек двух регионов РФ, можно легко принципиальную разницу структуры исследуемого процесса.

Уровень автомобилизации (оценивается посредством  $K_N$ ) в Камчатском крае выше, чем в Республике Тыва в 3,17 раз ( $0,6965/0,2197 = 3,17$ ).

Вероятность попасть в ДТП для автомобилистов Тывы в 3,25 раза выше, чем у автомобилистов Камчатского края ( $0,0065/0,0020 = 3,25$ ).

Масштабность ДТП или среднестатистическое число пострадавших, приходящихся на 1 ДТП выше в Тыве, чем на Камчатке на 23 % ( $1,6962/1,3770 = 1,23$ ).

Вероятность гибели в результате ДТП выше в Тыве, чем на Камчатке в 2 раза ( $0,1381/0,0689 = 2,00$ ).

Сочетание этих специфических особенностей процесса формирования аварийности (т.е. качество процесса обеспечения БДД) и оценивается посредством относительной энтропии  $H_n$  БДД.

Чем ниже величина относительной энтропии  $H_n$  БДД, тем выше структурное качество региональной системы обеспечения БДД. Т.е., проводя сравнение качества региональных систем ОБДД для Камчатского края и Республики Тыва, можно сделать вывод о более высоком уровне структурного качества соответствующей системы ОБДД дальневосточного региона.

Осталось разобраться, что такое структурное качество системы и какой философский смысл можно извлечь из конкретных значений относительной энтропии  $H_n$  БДД.

#### Философский смысл результатов информационно-энтропийного анализа особенностей региональных систем обеспечения БДД.

Изначальная смысловая нагрузка термина «информационная энтропия» была обозначена К. Шенноном в [12] и означает меру неопределенности состояния некоторой системы. Применительно к системам ОБДД этот смысл может быть переосмыслен следующим образом.

Относительная энтропия  $H_n$  БДД региональной системы обеспечения БДД идентифицирует степень противодействия этой системы вероятности гибели жителя региона в ДТП. Т.е. при относительно низких значениях  $H_n$  БДД эта степень выше; при высоких значениях  $H_n$  БДД – степень противодействия гибели в ДТП ниже.

Так как противодействие гибели в ДТП является главной и конечной целью системы обеспечения БДД, то степень успеха в реализации этой цели и является свидетельством качества функционирования системы, предназначенной для противодействия негативу в форме дорожно-транспортной аварийности. Поэтому относительная энтропия  $H_n$  БДД региональной системы ОБДД является количественной оценкой качества системы ОБДД.

Разберем этот тезис на примере региональных систем ОБДД регионов с лучшим (Камчатский край) и худшим (Республика Тыва) уровнями качества управления (табл. 6).

В условиях более высокой автомобилизации (что способствует большей хаотизации состояния транспортной системы) в Камчатском крае удастся обеспечивать более низкую вероятность наступления случайных событий в форме ДТП, более низкую их масштабность

и более низкую тяжесть последствий ДТП, чем в Республике Тыва. Эти выводы свидетельствуют о более высоком организационном (профессиональном и т.п.) уровне организации работы специалистов, обеспечивающих БДД в Камчатском крае. Очевидно, тувинские коллеги в этом качестве им проигрывают.

### **Вывод**

В заключение необходимо отметить научную новизну использования информационно-энтропийного анализа в решении задач оценки качества управления БДД. До сегодняшнего дня в этой сфере много субъективизма [13]. Энтропийные оценки позволяют количественно оценить качество структуры процесса формирования дорожно-транспортной аварийности; именно качество структуры системы (и процесса, как результата ее функционирования) позволяет судить не на уровне субъективных оценок, а именно объективно, с использованием количественных оценок об организационном (профессиональном и т.п.) уровне работы специалистов, обеспечивающих БДД в каком-либо регионе [14-16].

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Smeed R.J. Some statistical aspects of road safety research // Journal royal statistics. - 1949. - A(I). - P. 1 - 34.
2. Wu K., Qi L. Introduction to Philosophical Information. Shaanxi People's Press: Xi'an, China, 1987.
3. Ben-Naim A. Entropy and Information Theory: Uses and Misuses // Entropy. - 2019. - №21. - P. 1170.
4. Ben-Naim A. Information, Entropy, Life, and the Universe // Entropy. - 2022. - №24. - P. 1636.
5. Прангишвили И.В. Энтропийные и другие системные закономерности: Вопросы управления сложными системами - М.: Наука, 2003. - 428 с.
6. Кравченко П.А. Организация и безопасность дорожного движения в больших // Наука и техника в дорожной отрасли. - 2013. - №1(64). - С. 1-2.
7. Novikov A., Novikov I., Shevtsova A. Modeling of traffic-light signalization depending on the quality of traffic flow in the city // Journal of applied engineering science. - 2019. - Vol. 17. - № 2. - P. 175-181.
8. Zhankaziev S.V., Vorobyev A.I., Morozov D.Y., Novikov A.N., Kulev A.V. Efficiency of operation and functioning of the system of an indirect transport flow regulation and control // International journal of applied engineering research. - 2017. - Vol. 12. - №13. - P. 3645-3652.
9. Петров А.И., Евтюков С.А., Колесов В.И. Новые подходы к управлению безопасностью дорожного движения: парадигма организованности процессов обеспечения безопасности дорожного движения // Мир транспорта и технологических машин. - 2019. - №3(66). - С. 65-74.
10. Петров А.И., Евтюков С.А. Новая антиэнтропийная концепция организованности систем обеспечения безопасности дорожного движения // Вестник гражданских инженеров. - 2019. - №1(72). - С. 184-193.
11. Петров А.И., Евтюков С.А. Концептуальные смыслы энтропийного анализа состояния безопасности дорожного движения в разномасштабных автотранспортных системах // Мир транспорта и технологических машин. - 2022. - № 3-4(78). - С. 55-62.
12. Shannon C.A. Mathematical Theory of Communication // Bell System Technical Journal. - 1948. - Vol. 27. - P. 379-423 and 623-656.
13. Кравченко П.А. Концепция полной наблюдаемости систем обеспечения безопасности дорожного движения // Транспорт Российской Федерации. Специальный выпуск. - 2015. - С. 25-31.
14. Ешуткин Д.Н., Кулев М.В. Анализ проблемы экологической и дорожной безопасности автотранспортных средств в России // Мир транспорта и технологических машин. - 2009. - № 3(26). - С. 79-82.
15. Новиков А.Н., Кулев М.В., Кулев А.В. Анализ влияния технических неисправностей транспортных средств на уровень дорожной безопасности // Мир транспорта и технологических машин. - 2010. - № 1(28). - С. 8-11.
16. Новиков А.Н., Кулев М.В., Кулев А.В. Разработка мероприятий по снижению дорожно-транспортной аварийности по вине водителей в состоянии алкогольного опьянения // Мир транспорта и технологических машин. - 2016. - № 4(55). - С. 97-104.
17. Широкопад О.А., Володькин П.П. Информационно-технологическое обеспечение повышения качества пассажирских перевозок в Приморском крае // Автомобильный транспорт Дальнего Востока. - 2018. - №1. - С. 328-333.
18. Кулев М.В., Васильева В.В., Кулева Н.С., Есин К.С. Оценка качества перевозок городским пассажирским транспортом // Мир транспорта и технологических машин. - 2019. - №1(64). - С. 65-71.
19. Паршакова К.А., Якунин Н.Н., Якунина Н.В. Повышение качества городских пассажирских автомобильных перевозок на основе оптимизации интервалов движения с учетом региональных особенностей // Наука сегодня: глобальные вызовы и механизмы развития: Материалы международной научно-практической конференции. - 2019. - С. 51-56.

### **Петров Артур Игоревич**

Тюменский индустриальный университет

Адрес: 625027, Россия, г. Тюмень, ул. Мельникайте, 72

К.т.н., доцент кафедры эксплуатации автомобильного транспорта

E-mail: ArtIgPetrov@yandex.ru

A.I. PETROV

## QUALITATIVE ASSESSMENT OF THE ROAD SAFETY MANAGEMENT SYSTEM: PHILOSOPHICAL MEANING AND POSSIBILITIES INFORMATION-ENTROPY ANALYSIS

**Abstract.** The article discusses entropic approaches to assessing the quality of road safety (RS) management in the regions of Russia. The methodology for quantifying the Relative entropy  $H_n$  of the regional RS system and examples of its use are given. The entropy classification of regional RS systems by levels of system orderliness is presented. An attempt is made to philosophically comprehend the results of information-entropy analysis of the features of regional RS systems.

**Keywords:** system orderliness, information-entropy analysis, methodology for quantifying the relative entropy of RS support systems, entropy classification of regional RS support systems

### BIBLIOGRAPHY

1. Smeed R.J. Some statistical aspects of road safety research // Journal royal statistics. - 1949. - A(I). - P. 1 - 34.
2. Wu K., Qi L. Introduction to Philosophical Information. Shaanxi People's Press: Xi'an, China, 1987.
3. Ben-Naim A. Entropy and Information Theory: Uses and Misuses // Entropy. - 2019. - №21. - R. 1170.
4. Ben-Naim A. Information, Entropy, Life, and the Universe // Entropy. - 2022. - №24. - R. 1636.
5. Prangishvili, I.V. Entropiynye i drugie sistemnye zakonomernosti: Voprosy upravleniya slozhnyimi sistemami - M.: Nauka, 2003. - 428 s.
6. Kravchenko P.A. Organizatsiya i bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya v bol'shikh // Nauka i tekhnika v dorozhnoy otrasli. - 2013. - №1(64). - S. 1-2.
7. Novikov A., Novikov I., Shevtsova A. Modeling of traffic-light signalization depending on the quality of traffic flow in the city // Journal of applied engineering science. - 2019. - Vol. 17. - № 2. - P. 175-181.
8. Zhankaziev S.V., Vorobyev A.I., Morozov D.Y., Novikov A.N., Kulev A.V. Efficiency of operation and functioning of the system of an indirect transport flow regulation and control // International journal of applied engineering research. - 2017. - Vol. 12. - №13. - P. 3645-3652.
9. Petrov A.I., Evtukov S.A., Kolesov V.I. Novye podkhody k upravleniyu bezopasnost'yu dorozhnogo dvizheniya: paradigma organizovannosti protsessov obespecheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2019. - №3(66). - S. 65-74.
10. Petrov A.I., Evtukov S.A. Novaya antientropiynaya kontseptsiya organizovannosti sistem obespecheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. - 2019. - №1(72). - S. 184-193.
11. Petrov A.I., Evtukov S.A. Kontseptual'nye smysly entropiynogo analiza sostoyaniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v raznomasshtabnykh avtotransportnykh sistemakh // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2022. - № 3-4(78). - S. 55-62.
12. Shannon C.A. Mathematical Theory of Communication // Bell System Technical Journal. - 1948. - Vol. 27. - P. 379-423 and 623-656.
13. Kravchenko P.A. Kontseptsiya polnoy nablyudaemosti sistem obespecheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya // Transport Rossiyskoy Federatsii. Spetsial'nyy vypusk. - 2015. - S. 25-31.
14. Eshutkin D.N., Kulev M.V. Analiz problemy ekologicheskoy i dorozhnoy bezopasnosti avtotransportnykh sredstv v Rossii // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2009. - № 3(26). - S. 79-82.
15. Novikov A.N., Kulev M.V., Kulev A.V. Analiz vliyaniya tekhnicheskikh neispravnostey transportnykh sredstv na uroven' dorozhnoy bezoapsnosti // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2010. - № 1(28). - S. 8-11.
16. Novikov A.N., Kulev M.V., Kulev A.V. Razrabotka meropriyatiy po snizheniyu dorozhno-transportnoy avariynosti po vine voditeley v sostoyanii alkogol'nogo op'yaneniya // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2016. - № 4(55). - S. 97-104.
17. Shirokorad O.A., Volod'kin P.P. Informatsionno-tekhnologicheskoe obespechenie povysheniya kachestva passazhirskikh perevozok v Primorskom krae // Avtomobil'nyy transport Dal'nego Vostoka. - 2018. - №1. - S. 328-333.
18. Kulev M.V., Vasil'eva V.V., Kuleva N.S., Esin K.S. Otsenka kachestva perevozok gorodskim passazhirskim transportom // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2019. - №1(64). - S. 65-71.
19. Parshakova K.A., Yakunin N.N., Yakunina N.V. Povyshenie kachestva gorodskikh passazhirskikh avtomobil'nykh perevozok na osnove optimizatsii intervalov dvizheniya s uchetom regional'nykh osobennostey // Nauka segodnya: global'nye vyzovy i mekhanizmy razvitiya: Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - 2019. - S. 51-56.

**Petrov Artur Igorevich**

Tyumen Industrial University

Address: 625027, Russia, Tyumen, Mel'nikayte str., 72

Candidate of technical sciences

E-mail: ArtIgPetrov@yandex.ru

Научная статья

УДК 625.72

doi:10.33979/2073-7432-2023-3-1(82)-77-85

С.Н. БОНДАРЕНКО, И.Ю. МАРКОВА, С.А. ГНЕЗДИЛОВА

## МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

**Аннотация.** В статье рассматриваются методы повышения безопасности автомобильных дорог за счет применения эффективных материалов в конструктивных слоях дорожных одежд на стадии их проектирования, что является важным фактором в обеспечении долговечности конструкции автомобильной дороги. Проектируемые конструкции позволяют уменьшить процессы деградации ровности покрытия в процессе эксплуатации и, как следствие, обеспечат безопасность дорожного движения

**Ключевые слова:** комплексное минеральное вяжущее, укрепленный грунт, модуль упругости, дорожная одежда, КРЕДО РАДОН, запас прочности

### Введение

На сегодняшний день в нашей стране реализуется масштабный национальный проект – «Безопасные качественные дороги», выполнение которого заключается в разработке и внедрении мер по улучшению качества жизни населения [1]. В данном вопросе достичь показателей, которые ставятся этим проектом возможно лишь при комплексном подходе [2-8]. Ключевым показателем, влияющим на основные потребительские свойства дороги, такие как скорость и безопасность движения, служит показатель ровности. Постепенное ухудшение ровности, вызванное доуплотнением грунта земляного полотна, а также необратимые процессы накопления остаточных деформаций в слоях дорожных одежд и грунте земляного полотна обуславливают необходимость разработки мер по повышению стабильности грунта рабочего слоя земляного полотна. Так, для уменьшения процесса деградации ровности покрытия в процессе эксплуатации и, как следствие, обеспечения безопасности дорожного движения, в первую очередь необходимо разрабатывать конструкции автомобильных дорог с учетом современных технологий и эффективных материалов, применяемых в конструктивных слоях дорожных одежд [9-16]. Одним из распространенных проектных решений, увеличивающим долговечность конструкций автомобильных дорог и снижающих ресурсозатраты на их строительство, является применение укрепленных грунтов. Однако достижение требуемых параметров слоев из укрепленных грунтов различных видов практически невозможно без использования помимо вяжущих (как правило цементных вяжущих) вспомогательных компонентов – добавок и стабилизаторов различного происхождения и состава [17-22]. Данные добавки делят на два класса исходя из агрегатного состояния: жидкие и порошкообразные. Применение порошкообразных добавок имеет преимущество перед жидкими добавками с технологической точки зрения, так как не требуют предварительного растворения в воде. Однако недостатком их применения являются значительные погрешности в процессе дозирования и равномерности распределения компонентов добавки в составе укрепленного грунта. Решением этой проблемы может являться комплексное минеральное вяжущее, содержащее в себе добавку.

В предыдущих исследованиях [23-25] доказана эффективность введения порошкообразной полимерно-минеральной добавки NICOFLOK в составе вяжущего, полученного методом совместного помола сырьевой смеси портландцементного клинкера и природного гипса в количестве 10 % на свойства укрепленных грунтов из различных их типов. Данное технологическое решение позволило получить укрепленные грунты с повышенными физико-механическими характеристиками, более высокой морозо- и водостойкостью. Закономерно предположить, что настоящее решение также повысит и деформативные характеристики укрепленного грунта, что позволит его применять для устройства конструктивных слоев дорожных одежд взамен привозных каменных материалов.

Цель работы – обоснование целесообразности и эффективности применения разработанных составов укрепленных грунтов комплексным минеральным вяжущим в конструктивных слоях дорожных одежд автомобильных дорог, что является важным фактором в обеспечении долговечности дорожных одежд.

### **Материал и методы**

Для определения характеристик укрепленных грунтов (грунтобетонов) приготавливались образцы из смеси суглинистого грунта с комплексным минеральным вяжущим согласно методике, описанной [25]. Определение физико-механических характеристик грунтобетона проводилось согласно ГОСТ 23558-94 [26]. Подготовка образцов грунтобетона для определения прочности на сжатие и морозостойкости проводилась с использованием цилиндрической формы диаметром 50,5 мм под нагрузкой 15 МПа в течение 3-х минут. Для определения предела прочности на растяжение при изгибе изготавливались образцы в виде призм размером 160×40×40 мм под нагрузкой 20 МПа в течение 3-х минут. Прочность на сжатие и растяжение при изгибе укрепленных грунтов определяли в соответствии с ГОСТ 10180-2012 [27]. Определение морозостойкости осуществлялось с использованием базового метода, регламентируемого ГОСТ 10060-2012 [28]. Так же был определен упруго-пластический модуль деформации (модуль полных деформаций) далее по тексту модуль деформации, который определялся по формуле 1 [29]:

$$E_0 = \frac{\sigma}{\varepsilon_b}, \quad (1)$$

где  $\sigma$  – напряжения в образце грунтобетона;

$\varepsilon_b$  – полная деформация, вызванная напряжением.

Значения показателей для расчета по формуле (1) определялись с использованием испытательного пресса ДТС 06-50/100 после испытаний образцов цилиндров на сжатие.

Для обоснования целесообразности и эффективности применения разработанных составов укрепленных комплексным минеральным вяжущим грунтов, произведен сравнительный автоматизированный расчет конструкций автомобильных дорог для различных типов дорожных одежд: капитального и облегченного с использованием лицензионного программного обеспечения «КРЕДО РАДОН. Версия 4.2» [30-33].

Указанное программное обеспечение производит расчет различных конструктивных элементов автомобильных дорог с учетом требований действующей нормативной документации. При расчете есть возможность учитывать индивидуальные параметры материалов, что способствует решению нестандартных задач. В качестве таких параметров при расчете использовались: марка разработанного грунтобетона, модуль упругости, плотность. Расчет стоимости разработанных конструкций производился в программе для составления сметных расчетов «Гранд – СМЕТА».

### **Теория / Расчет**

Для укрепления грунта был использован грунт из района с развивающейся транспортной автодорожной инфраструктурой Краснодарского края – суглинков легкий пылеватый обладающий следующими характеристиками: влажность на границе раскатывания – 30,00 %; влажность на границе текучести – 18,70 %; оптимальная влажность – 17,7 %; максимальная плотность 1,76 г/см<sup>3</sup>. Свойства укрепленного грунта определялись при капиллярном режиме водонасыщения образцов. Марка оценивалась исходя требования ГОСТ 23558-94.

Таблица 1 – Свойства укрепленного грунта в зависимости от количества вяжущего

Кол-во вяжущего, %	Предел прочности		Модуль деформации, МПа	Морозостойкость, циклы	Марка по	
	на сжатие, МПа	при изгибе, МПа			прочности	Морозостойкости
8	9,2	1,78	472	20	M75	F20
6	8,5	1,73	418	15	M75	F15
4	5,7	1,21	352	10	M40	F10

Как видно из таблицы, с увеличением содержания вяжущего в составе укрепленного грунта происходит увеличение всех его физико-механических характеристик и, соответственно, увеличение марок по прочности и морозостойкости. Для проектирования конструкции дорожной одежды было выбрано содержание вяжущего 4 % так как данный состав позволяет получить необходимые параметры согласно ГОСТ 23558-94 (табл. 1).

Для расчета дорожных одежд использовали исходные данные, представленные в таблице 2.

Таблица 2 – Общие данные о дороге в зависимости от типа дорожной одежды

Наименование	Облегченный тип	Капитальный тип
Категория дороги	IV	II
Количество полос движения	2	2
Номер расчетной полосы	1	1
Тип конструкции дорожной одежды	Усовершенствованный облегченный	Капитальный
Срок службы покрытия, лет	11	12
Коэффициент надежности	0.90	0.95

Расчет вариантов конструкций дорожных одежд был выполнен по условиям прочности сдвигустойчивости грунта по сопротивлению монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе, а также проверки конструкции на морозоустойчивость. Результаты расчета представлены ниже на рисунках 1-4.

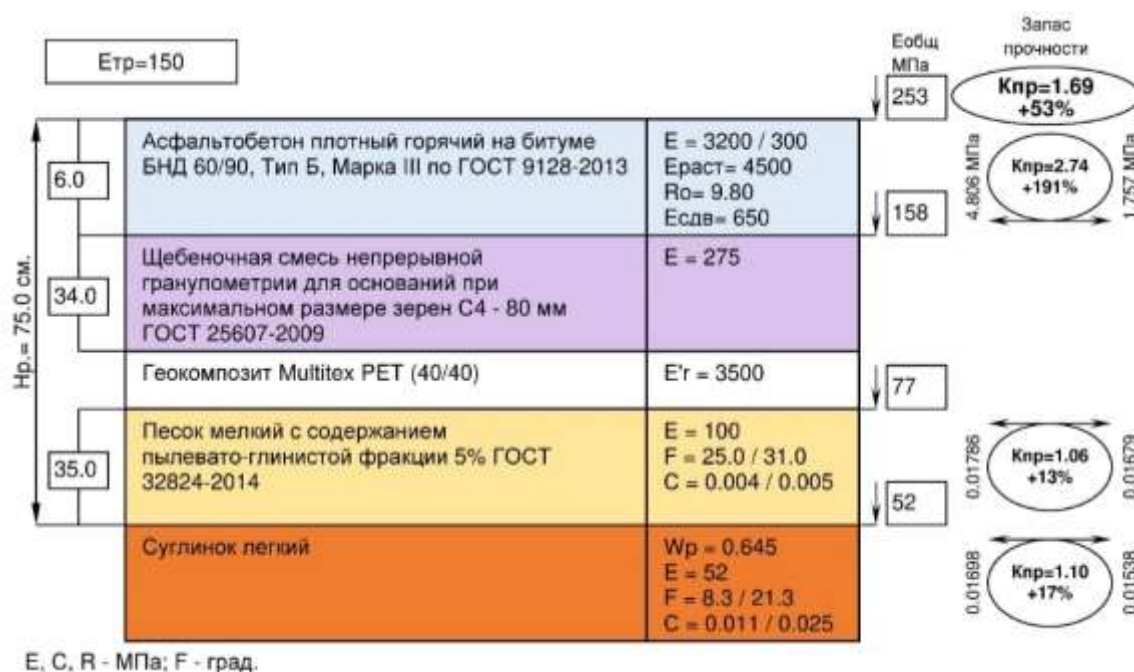


Рисунок 1 – Конструкция дорожной одежды облегченного типа без укрепления

Для рассчитанных конструкций была определена сметная стоимость на 1 м<sup>2</sup> (табл. 3) с помощью комплекса программного обеспечения «Гранд – СМЕТА» версия 2021.2 в текущем уровне цен (3 квартал 2022 г.)

Таблица 3 – Сметная стоимость конструкций

Тип дорожной одежды	Облегченный тип		Капитальный тип	
	1	2	3	4
Стоимость за 1 м <sup>2</sup> , руб	3045,8	3445,6	3241,6	2468,4





Рисунок 2 – Конструкция дорожной одежды облегченного типа с использованием грунта, укрепленного комплексным минеральным вяжущим

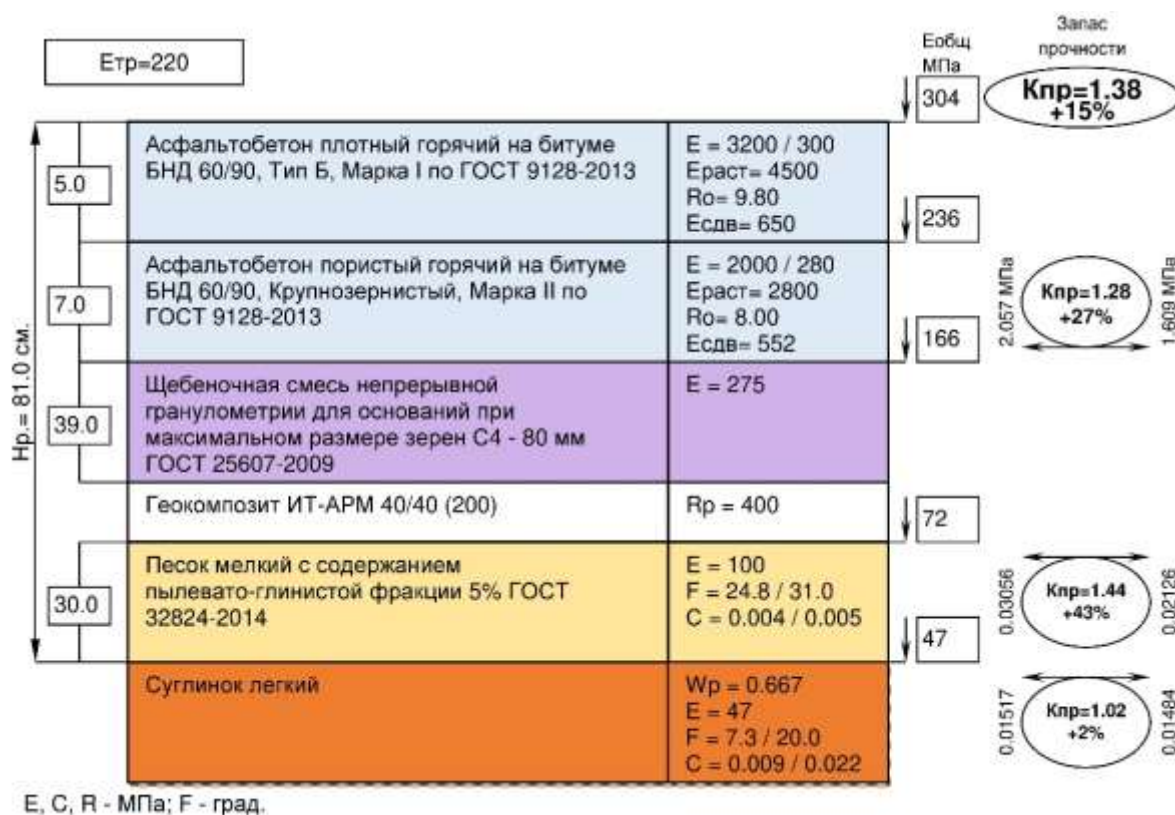


Рисунок 3 – Конструкция дорожной одежды капитального типа без укрепления грунта



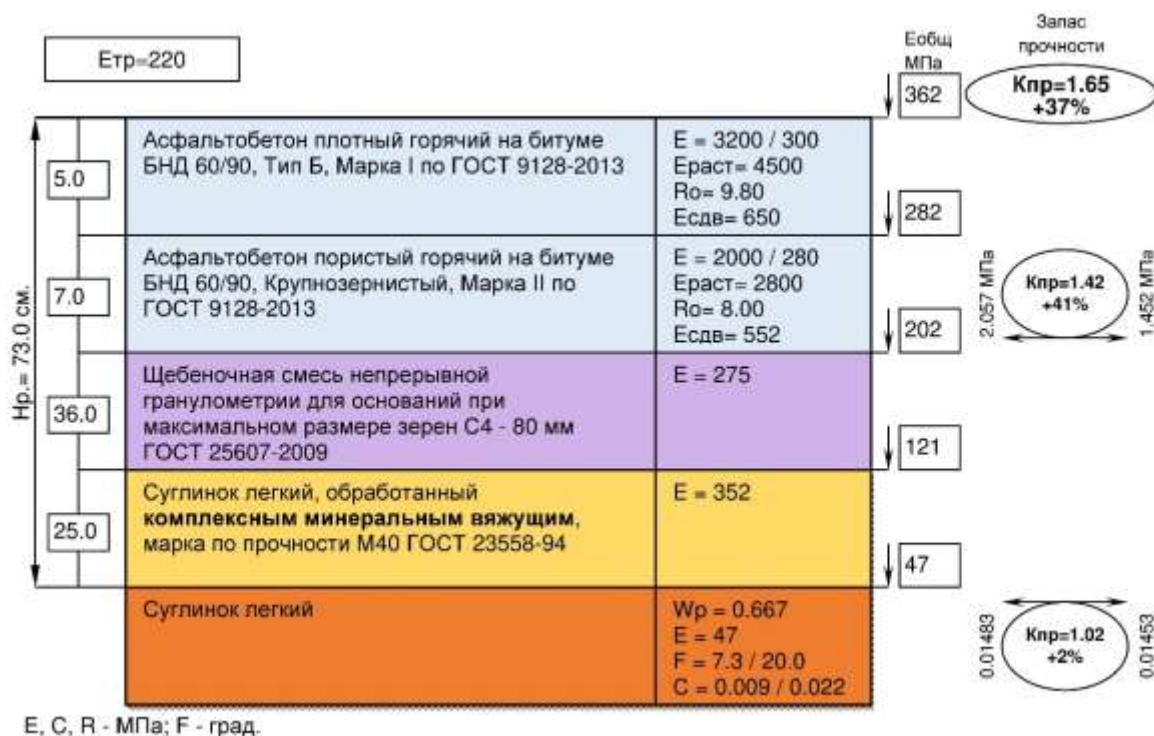


Рисунок 4 – Конструкция дорожной одежды капитального типа с использованием грунта, укрепленного комплексным минеральным вяжущим

Согласно полученным данным, в результате применения комплексного минерального вяжущего для укрепления грунта при устройстве конструктивного слоя как капитального, так и облегченного типов дорожной одежды, стоимость снижается в среднем на 13 %.

#### Обсуждение

На основании результатов расчета установлено, что использование укрепленного грунта комплексным минеральным вяжущим позволяет снизить толщину конструкции дорожной одежды на 8 см для дорожной одежды капитального типа и на 11 см для облегченного типа при замене слоя из песка на слой из укрепленного грунта. Кроме того, снижается толщина слоя из щебня на 3 см для капитального типа и на 2 см для облегченного типа. Общий модуль упругости возрастает на 58 МПа – капитального типа, и на 5 МПа – облегченного типа. В результате обеспечивается больший запас прочности и, соответственно, долговечность конструкции. Повышенная морозоустойчивость конструктивных слоев, устраиваемых из грунта укрепленного комплексным минеральным вяжущим, а также достигаемая при этом экономия за счет сокращения количества цемента, сокращение числа технологических операций при устройстве данного конструктивного слоя позволяет рекомендовать конструкции дорожных одежд, представленные на рисунках 2 и 4, в качестве типовых конструкций.

#### Выводы

Произведенный расчет, позволил выявить, что применение слоя из грунта, укрепленного разработанным комплексным вяжущим, в слоях конструкций дорожных одежд различных типов как капитального, так и облегченного, обеспечивает снижение общей толщины конструкций автомобильных дорог при этом обеспечивая её больший запас прочности. Вышесказанное позволит обеспечить стабильность верхнего слоя земляного полотна и будет способствовать повышению показателей безопасности автомобильных дорог на стадии проектирования, а также эффективности организации дорожного движения в различных условиях, при применении технических средств организации дорожного движения, экспертизы и комплексной оценки работы транспортных систем в рамках городских агломераций [34-41].

**Благодарности**

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

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-19-00796, <https://rscf.ru/project/23-19-00796/>. Работа выполнена с использованием оборудования Центра высоких технологий на базе БГТУ им. В.Г. Шухова.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Владимирова Н. Безопасные и качественные дороги // Мир дорог. – 2017. – №96. – С. 13-14.
2. Dukhovny G., Zolotykh S., Bodyakov A. Structural analysis of factors influencing the functionality of Subgrade of transport constructions // Materials Science Forum. – 2019. – Vol. 945. – P. 821-826. – DOI 10.4028/www.scientific.net/MSF.945.821.
3. Вакуленко С.П., Копылова Е.В., Куликова Е.Б. Стандартизация качества: ориентиры и требования // Мир транспорта. – 2016. – Т. 14. - №2(63). – С. 132-142. – DOI: 10.30932/1992-3252-2016-14-2-14/
4. Копылова Е.В. Значение транспорта для развития городских агломераций // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2019. – С. 199.
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 // T-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. – УГЛУ, 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.
21. Траутвайн А.И., Акимов А.Е., Яковлев Е.А. и др. Оценка эффективности применения стабилизаторов серии «Чим-сто» в грунтах, укрепленных неорганическими вяжущими // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2017. – №12. – С. 6-13.
22. Гусев Н.К., Нехорошков П.А. Исследование прочности слоёв конструкции дорожной одежды из материалов, укрепленных полимерно-минеральной композицией «Nisoflok» // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. – 2013. – №2(18). – С. 52-58.

23. Гридчин А.М., Золотых С.Н. Исследование влияния ПМК Nisoflok как механохимического активатора на свойства цемента, применяемого при укреплении грунтов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2018. – №5. – С. 5-10. – DOI 10.12737/article\_5af5a72640c9f7.36216170.
24. Бондаренко С.Н., Гридчин А.М., Лебедев М.С. Влияние способа введения полимерно-минеральной композиции Nisoflok на характеристики грунтобетона // Региональная архитектура и строительство. – 2019. – №4(41). – С. 42-47.
25. Бондаренко С.Н., Маркова И.Ю., Яковлев Е.А. и др. Структурообразование цементного камня на основе композиционного вяжущего с применением полимерно-минеральной добавки // Строительные материалы. – 2022. – №12. – С. 15-21. – DOI 10.31659/0585-430X-2022-809-12-15-21.
26. ГОСТ 23558–94. Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия (с Изменениями № 1, 2); Введ. 01.01.1995. – М.: МИТКС, 1995. – 6 с.
27. ГОСТ 10180–2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам; Введ. 01.07.2013. – М.: Стандартинформ, 2018. – 31 с.
28. ГОСТ 10060–2012. Бетоны. Методы определения морозостойкости (с Поправками); Введ. 01.01.2014. – М.: Стандартинформ, 2018. – 33 с.
29. Маковецкий О.А. Расчет и конструирование искусственного основания «структурный геотехнический массив»: дис. ... д-ра техн. наук. – Москва, 2021. – 363 с.
30. Ефименко В.Н., Ефименко С.В., Афиногенов О.П. Конструирование и расчет дорожных одежд. – Томск: ТГАСУ, 2020. – 443 с.
31. Волкова Е.В., Солоненко А.И. Использование программной системы радон ги для конструирования и расчета дорожной одежды нежесткого типа // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2015. – №2(13). – С. 28-33.
32. Бавбель Е.И., Игнатенко В.В., Науменко А.И. Конструирование и методика расчета дорожных одежд из укрепленных грунтов // Труды БГТУ. – №2. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. – 2016. – №2(184). – С. 58-60.
33. Клековкина М.П. Состояние и недостатки конструирования и расчета дорожных одежд с цементобетонным покрытием // Вестник гражданских инженеров. – 2016. – №1. – С. 136-140.
34. Копылова Е.В. Формирование транспортной системы городской агломерации / Под общей редакцией Ю.И. Кулаженко // Проблемы безопасности на транспорте: Материалы XII Международной научно-практической конференции, посвященной 160-летию Белорусской железной дороги. - В 2-х частях. – Ч. 2. – Гомель: Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта», 2022. – С. 125-128.
35. Вакуленко С.П., Копылова Е.В. Научные подходы к обеспечению качества обслуживания пассажиров при организации мультимодальных пассажирских перевозок // Железнодорожный транспорт. – 2018. – №6. – С. 21-26.
36. Горбунов К.С., Коваленко Н.А., Ефимов Р.А., Бородин А.А. Методический подход к формализованному составлению технических заключений при расследовании нарушений безопасности движения // Наука и технологии железных дорог. – 2019. – Т. 3. – №4(12). – С. 75-82.
37. Шевцова А.Г., Мочалина Ю.А. Обзор новых технических средств организации дорожного движения // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. – 2015. – Т. 2. – №2(3). – С. 672-677. – DOI 10.12737/19521.
38. Shevtsova A., Novikov A. Development of an approach to determination of coupling qualities of road covering using weather-climate factor // Journal of applied engineering science. – 2021. – Vol. 19. – №1. – P. 30-36. – DOI 10.5937/jaes0-26642.
39. Кузьмин Д.В., Багинова В.В. Проблемы транспортной системы Москвы, вызванные автомобилизацией: их причины и пути решения // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2012. – Т. 2. – №1. – С. 79-82.
40. Кузьмин Д.В., Багинова В.В. Дискретно-событийная имитационная модель работы перекрестка // Академик Владимир Николаевич Образцов - основоположник транспортной науки: Труды международной научно-практической конференции, посвященной 125-летию университета. – Москва: Российский университет транспорта. – 2021. – С. 487-497. – DOI 10.47581/2022/Obrazcov.65.
41. Сидоренко В.Г., Копылова Е.В., Сафронов А.И., Туманов М.А. Опыт и перспективы автоматизации управления перевозочным процессом скоростного транспорта городских агломераций // Автоматика на транспорте. – 2023. – Т. 9. – №1. – С. 33-48. – DOI 10.20295/2412-9186-2023-9-01-33-48.

**Бондаренко Светлана Николаевна**

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова  
Адрес: 308012, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова, 46  
Старший преподаватель кафедры «Автомобильные и железные дороги»  
E-mail: sveta-zolotykh@yandex.ru

**Маркова Ирина Юрьевна**

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова  
Адрес: 308012, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова, 46  
К.т.н., доцент кафедры материаловедения и технологии материалов  
E-mail: irishka-31.90@mail.ru

**Гнездилова Светлана Александровна**

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

S.N. BONDARENKO, I.Y. MARKOVA, S.A. GNEZDILOVA

## METHODS OF IMPROVING THE SAFETY OF HIGHWAYS AT THE DESIGN STAGE

**Abstract.** *The article discusses methods of improving the safety of highways through the use of effective materials in the structural layers of road coverings at the stage of their design, which is an important factor in ensuring the durability of the highway structure. The designed structures will reduce the processes of degradation of the evenness of the coating during operation and, as a result, will ensure road safety.*

**Keywords:** *complex mineral binder, reinforced soil, modulus of elasticity, travel clothing, RADON CREDO, safety margin*

## BIBLIOGRAPHY

1. Vladimirova N. Bezopasnye i kachestvennyye dorogi // Mir dorog. - 2017. - №96. - S. 13-14.
2. Dukhovny G., Zolotykh S., Bodyakov A. Structural analysis of factors influencing the functionality of Subgrade of transport constructions // Materials Science Forum. - 2019. - Vol. 945. - P. 821-826. - DOI 10.4028/www.scientific.net/MSF.945.821.
3. Vakulenko S.P., Kopylova E.V., Kulikova E.B. Standartizatsiya kachestva: orientiry i trebovaniya // Mir transporta. - 2016. - T. 14. - №2(63). - S. 132-142. - DOI: 10.30932/1992-3252-2016-14-2-14/
4. Kopylova E.V. Znachenie transporta dlya razvitiya gorodskikh aglomeratsiy // InterKarto. Inter-GIS. - 2019. - S. 199.
5. Timkova A.Yu., Shorokhova L.S., Efimov R.A. Rol' tsifrovoy transformatsii v perevozochnom protsesse // 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: Telekommunikatsii 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 passazhiro v 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 gamn'tona-Yakobn-Bellmana i ikh primeneniye 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. Sodyreva 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 protivopuchinykh 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 primenении 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 ukreplenii peschanykh i krupnooblomochnykh gruntov // Dorogi i mosty. - 2022. - №1(47). - S. 307-324.

21. Trautvain A.I., Akimov A.E., Yakovlev E.A. i dr. Otsenka effektivnosti primeneniya stabilizatorov serii «Chim-sto» v gruntakh, ukreplennykh neorganicheskimi vyazhushchimi // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova. - 2017. - №12. - S. 6-13.
22. Gusev N.K., Nekhoroshkov P.A. Issledovanie prochnosti sloiiv konstruktssii dorozhnoy odezhdy iz materialov, ukreplionnykh polimerno-mineral'noy kompozitsiei «Nicoflo» // Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie. - 2013. - №2(18). - S. 52-58.
23. Gridchin A.M., Zolotykh S.N. Issledovanie vliyaniya PMK Nicoflok kak mekhanokhimicheskogo aktivatora na svoystva tsementa, primenyaemogo pri ukreplenii gruntov // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova. - 2018. - №5. - S. 5-10. - DOI 10.12737/article\_5af5a72640c9f7.36216170.
24. Bondarenko S.N., Gridchin A.M., Lebedev M.S. Vliyanie sposoba vvedeniya polimerno-mineral'noy kompozitsii Nicoflok na kharakteristiki gruntobetona // Regional'naya arkhitektura i stroitel'stvo. - 2019. - №4(41). - S. 42-47.
25. Bondarenko S.N., Markova I.Yu., YAKovlev E.A. i dr. Strukturoobrazovanie tsementnogo kamnya na osnove kompozitsionnogo vyazhushchego s primeneniem polimerno-mineral'noy dobavki // Stroitel'nye materialy. - 2022. - №12. - S. 15-21. - DOI 10.31659/0585-430X-2022-809-12-15-21.
26. GOST 23558-94. Smesi shchebenochno-graviyno-peschanye i grunty, obrabotannye neorganicheskimi vyazhushchimi materialami, dlya dorozhnogo i aerodromnogo stroitel'stva. Tekhnicheskie usloviya (s Izmeneniyami № 1, 2); Vved. 01.01.1995. - M.: MITKS, 1995. - 6 s.
27. GOST 10180-2012. Betony. Metody opredeleniya prochnosti po kontrol'nym obraztsam; Vved. 01.07.2013. - M.: Standartinform, 2018. - 31 s.
28. GOST 10060-2012. Betony. Metody opredeleniya morozostoykosti (s Popravkami); Vved. 01.01.2014. - M.: Standartinform, 2018. - 33 s.
29. Makovetskiy O.A. Raschet i konstruirovaniye iskusstvennogo osnovaniya «strukturnyy geotekhnicheskiy massiv»: dis. ... d-ra tekhn. nauk. - Moskva, 2021. - 363 s.
30. Efimenko V.N., Efimenko S.V., Afinogenov O.P. Konstruirovaniye i raschet dorozhnykh odezhd. - Tomsk: TGASU, 2020. - 443 s.
31. Volkova E.V., Solonenko A.I. Ispol'zovanie programmnoy sistemy radon ru dlya konstruirovaniya i rascheta dorozhnoy odezhdy nezhestkogo tipa // Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost'. - 2015. - №2(13). - S. 28-33.
32. Baybel' E.I., Ignatenko V.V., Naumenko A.I. Konstruirovaniye i metodika rascheta dorozhnykh odezhd iz ukreplennykh gruntov // Trudy BGTU. - №2. Lesnaya i derevoobrabatyvayushchaya promyshlennost'. - 2016. - №2(184). - S. 58-60.
33. Klekovkina M.P. Sostoyaniye i nedostatki konstruirovaniya i rascheta dorozhnykh odezhd s tsemento-betonnyim pokrytiem // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. - 2016. - №1. - S. 136-140.
34. Kopylova E.V. Formirovaniye transportnoy sistemy gorodskoy aglomeratsii / Pod obshchey redaktsiei Yu.I. Kulazhenko // Problemy bezopasnosti na transporte: Materialy HII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 160-letiyu Belorusskoy zheleznoy dorogi. - V 2-kh chastyakh. - CH. 2. - Gomel': Uchrezhdeniye obrazovaniya «Belorusskiy gosudarstvennyy universitet transporta», 2022. - S. 125-128.
35. Vakulenko S.P., Kopylova E.V. Nauchnye podkhody k obespecheniyu kachestva obsluzhivaniya passazhirov pri organizatsii mul'timodal'nykh passazhirskikh perevozok // Zheleznodorozhnyy transport. - 2018. - №6. - S. 21-26.
36. Gorbunov K.S., Kovalenko N.A., Efimov R.A., Borodin A.A. Metodicheskiy podkhod k formalizovannomu sostavleniyu tekhnicheskikh zaklyucheniy pri rassledovanii narusheniy bezopasnosti dvizheniya // Nauka i tekhnologii zheleznykh dorog. - 2019. - T. 3. - №4(12). - S. 75-82.
37. Shevtsova A.G., Mochalina Yu.A. Obzor novykh tekhnicheskikh sredstv organizatsii dorozhnogo dvizheniya // Al'ternativnye istochniki energii v transportno-tekhnologicheskoy kompleks: problemy i perspektivy ratsional'nogo ispol'zovaniya. - 2015. - T. 2. - №2(3). - S. 672-677. - DOI 10.12737/19521.
38. Shevtsova A., Novikov A. Development of an approach to determination of coupling qualities of road covering using weather-climate factor // Journal of applied engineering science. - 2021. - Vol. 19. - №1. - P. 30-36. - DOI 10.5937/jaes0-26642.
39. Kuz'min D.V., Baginova V.V. Problemy transportnoy sistemy Moskvy, vyzvannye avtomobilizatsiei: ikh prichiny i puti resheniya // Sovremennyye problemy transportnogo kompleksa Rossii. - 2012. - T. 2. - №1. - S. 79-82.
40. Kuz'min D.V., Baginova V.V. Diskretno-sobytiynaya imitatsionnaya model' raboty perekrestka // Akademik Vladimir Nikolaevich Obraztsov - osnovopolozhnik transportnoy nauki: Trudy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 125-letiyu universiteta. - Moskva: Rossiyskiy universitet transporta. - 2021. - S. 487-497. - DOI 10.47581/2022/Obrazcov.65.
41. Sidorenko V.G., Kopylova E.V., Safronov A.I., Tumanov M.A. Opyt i perspektivy avtomatizatsii upravleniya perevozochnym protsessom skorostnogo transporta gorodskikh aglomeratsiy // Avtomatika na transporte. - 2023. - T. 9. - №1. - S. 33-48. - DOI 10.20295/2412-9186-2023-9-01-33-48.

**Bondarenko Svetlana Nikolaevna**

Belgorod state technological university  
Address: 308012, Russia, Belgorod, Kostyukova str., 46  
Senior lecturer  
E-mail: sveta-zolotykh@yandex.ru

**Gnezdilova Svetlana Aleksandrovna**

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

**Markova Irina Yurievna**

Belgorod state technological university  
Address: 308012, Russia, Belgorod, Kostyukova str., 46  
Candidate of technical science  
E-mail: irishka-31.90@mail.ru

Научная статья

УДК 656.021.8

doi:10.33979/2073-7432-2023-3-1(82)-86-92

В.В. ДРОНСЕЙКО, А.М. МЕРКОВИЧ, А.В. ЗАМЫЦКИХ, О.И. МАКСИМЫЧЕВ

## ПРЕДИКАТИВНЫЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ КОНФЛИКТНОСТИ В ТРАНСПОРТНОМ ПОТОКЕ

**Аннотация.** В работе рассмотрено понятие конфликтности в транспортном потоке как цепь явлений, повышающих в совокупности вероятность возникновения ДТП. В качестве исходных данных были взяты статистические показатели уровня аварийности среди различных классов транспортных средств, а также показатели параметров состояния среды и характеристик движения транспортных потоков. Разработанная модель может быть практически применена в качестве первого звена обучения систем искусственного интеллекта для качественного мониторинга и принятия управленческих решений в сфере транспортного координирования и общей регуляторики.

**Ключевые слова:** конфликтность в транспортном потоке, предикативная аналитика, вероятность ДТП, каршеринг, такси, общественный транспорт, частный транспорт, безопасность дорожного движения

### Введение

На сегодняшний день для определения уровня конфликтности на дорогах общего пользования обычно используют зарегулированные понятия и показатели, связанные с основными параметрами транспортного потока, а также местами возможного пересечения участников дорожного движения между собой. При проведении аудита безопасности участка УДС применяются, в основном, статистические показатели уровня аварийности и инструментально-фиксируемые характеристики движения транспортных средств, проходящих его. Для этого используются данные уже реализованных в процессе движения ситуативных актов – произошедших за определённый период ДТП, изменение скоростей движения в зависимости от степеней удобства движения, нарушения ПДД и т.д.

Основным недостатком данных методик является неучёт большого числа моментных факторов, которые бы позволили строить модели прогнозируемого развития дорожно-транспортных ситуаций в реальном времени. Инструментальный переход от статистических вероятностных моделей поведения транспортного потока к мгновенным может быть осуществлён при помощи существующих средств ИТС.

### Материал и методы

Для начального построения теоретической модели конфликтности в транспортном потоке была проанализирована статистика аварийности среди участников дорожного движения по типу имущественного владения транспортным средством в г. Москве за 2021 г.: частный автомобиль, такси и краткосрочная аренда (каршеринг) (табл. 1).

Таблица 1 – Анализ аварийности по типу имущественного владения транспортным средством в г. Москве

Тип транспортного средства	Вероятность участия транспортного средства в ДТП $P_{\left(\frac{\text{ДТП}}{y}\right)}$ , ДТП на 10 тыс. ТС
Частный транспорт	20
Каршеринг	150
Такси	230

Анализ проводился по формуле вероятности участия транспортного средства в ДТП:

$$P_{\left(\frac{\text{ДТП}}{y}\right)} = (N_{\text{ДТП}}/N_{\text{ТС}}) * 10^{-4}, \quad (1)$$

где  $N_{\text{ДТП}}$  – количество всех ДТП с участием транспортных средств соответствующего типа за год;

$N_{\text{ТС}}$  – количество транспортных средств соответствующего типа (класса).

По данным из таблицы 1 видно, что аварийность на транспорте системы «такси» в 11,5 раз выше по сравнению с уровнем аварийности на частном транспорте. Данный показатель для системы краткосрочной аренды «каршеринг» выше в 8,5 раз в аналогичном сопоставлении. Такое распределение можно связать с следующими социально-экономическими факторами:

1) интенсивность функционального использования транспортных средств в системах «такси» и «каршеринг» значительно выше, чем у частных автомобилей. Это объясняется спецификой тех задач, которые ставят перед собой водители каждого из трёх типов транспортных средств за тождественный временной интервал. В первом случае спектр задач состоит из возможно большего количества исполненных заказов, во втором – быстром и комфортном перемещении из пункта «А» в пункт «В». Когда транспортное средство находится в частной собственности, то первая группа задач может полностью отсутствовать, вторая – присутствовать, но с учётом факторов долгосрочного использования, которые подразумевают корректировку свои управляющих действий в зависимости от степени функциональной нагрузки на транспортное средство за рассматриваемый период;

2) в системе «такси» наблюдается негативное явление повышенной утомляемости [1, 2], связанное с сознательной переработкой водителей на линии, что приводит к ошибкам в управлении и общим снижением психофизиологических характеристик водителя, обеспечивающих надёжность управления транспортным средством. Данное явление является следствием общей мотивации водителей «такси» при осуществлении своей профессиональной деятельности, описанной в предыдущем пункте;

3) особенности имущественных отношений в системе краткосрочной аренды транспортных средств системы «каршеринг» заключаются в том, что автомобиль не является практической собственностью лица, им управляющего. В связи с этим когнитивная модель управления таким транспортным средством не будет включать в себя ряд условий, обеспечивающих более высокую степень надёжности, как при управлении личным автомобилем на дорогах общего пользования.

В связи с вышеизложенным, можно сделать промежуточный вывод о непосредственном влиянии транспортных средств систем «такси» и «каршеринг» на общий уровень конфликтности в транспортном потоке.

### Теория / Расчет

Анализ влияния нештатных дорожных ситуаций на вероятность гибели человека в ДТП представляет собой иерархическую корреляцию последовательной реализации цепи событий, согласно которой на 1 200 тыс. таких ситуаций приходится одна смерть (рис. 1) [3].

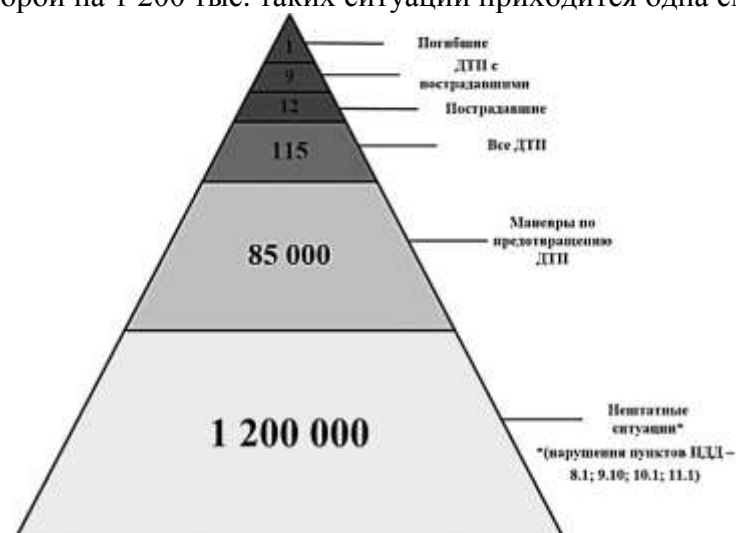


Рисунок 1 – Корреляционная зависимость гибели в ДТП от количества нештатных ДТС



Упростив данную зависимость, можно представить конфликтность в транспортном потоке, как совокупность характерных для возникновения нештатной дорожной ситуации предпосылок, которые включают в себя факторы коллизионных предпосылок, коллизионные предпосылки и непосредственно коллизии (рис. 2).



Рисунок 2 – Концептуальная схема формирования ДТП с последствиями

Исходя из данной цепи последовательных явлений, ведущих к ДТП различной степени тяжести, транспортный поток можно представить как систему взаимозависимых дискретных объектов [4-7], действующих в определённой среде, которая оказывает влияние на степень активности каждого из элементов. В качестве базовой характеристики такой системы была предложена дифференциация транспортных средств в потоке по типу имущественного владения:

- частный легковой транспорт;
- грузовой транспорт;
- общественный транспорт;
- такси;
- каршеринг.

Такое разделение обусловлено частным влиянием каждого из представленных типов транспортных средств на общий уровень аварийности, а также по аргументам, изложенным выше.

По результатам проведённого исследования, которое опиралось на официальные статистические данные уровня аварийности на территории Российской Федерации [8, 9], была определена вероятность ДТП (1) по каждому классу транспортных средств, которая, в дальнейшем, была принята в качестве численного критерия оценки степени агрессивности реализуемой модели управления транспортным средством (табл. 2).

Таблица 2 – Распределение вероятности ДТП в соответствии с классом транспортного средства

Тип имущественного владения	Вероятность ДТП
Каршеринг	139
Такси	79
Общественный транспорт	99
Грузовой транспорт	28
Частный легковой транспорт	27

Используя основные положения теории вероятностей [10], базовую конфликтность  $P_{\text{баз}}$  можно представить в виде сумм вероятностей ДТП каждого класса по отношению к общему количеству ДТП, умноженную на условную вероятность ДТП по каждому классу по отношению к списочному числу транспортных средств:

$$P_{\text{баз}} = \sum P_{\text{ДТП}}^{\text{общ}} P_{\text{ДТП}}^{\text{ТС}}; \quad (2)$$

$$P_{\text{ДТП}}^{\text{общ}} = (N_{\text{ДТП}}^{\text{ТС}} / N_{\text{ДТП}}^{\text{общ}}) * 10^{-4}; \quad (3)$$

$$P_{\text{ДТП}}^{\text{ТС}} = (N_{\text{ДТП}}^{\text{ТС}} / N_{\text{ТС}}) * 10^{-4}, \quad (4)$$

где  $N_{\text{ДТП}}^{\text{ТС}}$  – количество ДТП в каждом классе транспортных средств;

$N_{\text{ДТП}}^{\text{общ}}$  – общее количество ДТП;

$N_{\text{ДТП}}^{\text{ТС}}$  – количество списочных транспортных средств каждого класса.

Данная формула полной вероятности (2) описывает гипотетический механизм формирования конфликтных взаимодействий транспортных средств в транспортном потоке, исходя из парадигмы принципа имущественного владения в каждом конкретном классе транспортных средств.

Учитывая факт воздействия на этот механизм предметов и явлений из внешней среды, был проведён анализ влияния различных объективных параметров её состояния, а также других характеристик транспортного потока, на вероятность ДТП [11-17]. В качестве исходных данных были использованы параметры времени суток, дней недели, коэффициента сцепления на трассе, температуры в салоне автомобиля, а также показатели отклонения скорости движения транспортного средства от скорости транспортного потока и показатели шума ускорения. Все показатели были математически обработаны методом процентного соотношения к эталонным значениям с целью приведения к единой метрической системе.

### Результаты и обсуждение

По результатам анализа были установлены коэффициенты влияния на базовую конфликтность  $P_{\text{баз}}$ , которые могут значительно повышать вероятность ДТП на рассматриваемых участках, разделённые на 5 уровней по степени влияния соответственно (табл. 3).

Таблица 3 – Уровни влияния среды и транспортного потока на вероятность возникновения ДТП.

Уровень влияния	Время суток	День недели	Тип участка	Коэффициент сцепления, ф	Температура в кабине	Отклонение скорости ТС от скорости потока, $\Delta V$	Шум ускорения, $\delta$
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2,32	1,04	1,67	1,10	3,00	2,00	1,62
3	2,48	1,07	2,30	1,40	5,00	4,00	2,15
4	3,71	1,11	5,60	1,60	6,40	8,00	2,77
5	4,74	1,14	8,91	1,70	8,00	12,00	3,19

Таким образом, умножая величину базовой конфликтности  $P_{\text{баз}}$  на значения коэффициентов, соответствующих существующим факториальным параметрам движения транспортных средств в потоке на конкретном участке, можно получить значение ситуационной конфликтности.

Исходя из всего вышеизложенного, данная модель предикативной аналитики может быть использована в цифровых системах мониторинга и оценки состояния транспортного потока с целью составления энергограммы конфликтности [18, 20] и последующего принятия управленческих решений, в том числе с использованием методов рефлексивного управления [19].

### Вывод

В проведённом исследовании были установлены корреляционные связи между типом имущественного владения транспортным средством и уровнем аварийности, а также установлены закономерности влияния общих характеристик среды и транспортного потока на

вероятность ДТП. Разработана математическая модель базовой конфликтности, основанная на теории вероятностей, а также установлены добавочные коэффициенты влияния, соответствующие параметрам внешней среды и характеристикам транспортного потока, влияющим на ситуационную конфликтность. Представленная модель может быть практически применена в качестве первого звена обучения систем искусственного интеллекта для качественного мониторинга и принятия управленческих решений в сфере транспортного координирования и общей регуляторики.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Ноговицина Е.М., Шилов С.Ю. Психофизиология невнимательности и утомляемости у водителей автотранспортных средств, отвлекающихся на электронные устройства [Электронный ресурс] / Медицина катастроф. – 2023. – №1. – С. 51-56. – Режим доступа: <https://doi.org/10.33266/2070-1004-2023-1-51-56>.
2. Ротенберг Р.В. Основы надежности системы водитель – автомобиль – дорога – среда. – М.: Машиностроение, 1986. – 216 с.
3. Майборода О.В., Брагина И.В., Чебышев А.Е. О допуске к участию в дорожном движении систем управления автоводитель – автомобиль // Научный центр безопасности дорожного движения МВД РФ. – №3. – 2021. – С. 101-106.
4. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими. – М.: Транспорт, 1972. – 424 с.
5. Хейт Ф. Математическая теория транспортных потоков. – М.: Мир, 1966. – 287 с.
6. Сильянов В.В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения. – М.: Транспорт, 1977. – 303 с.
7. Вол М., Мартин Б. Анализ транспортных систем. – М.: Транспорт, 1981. – 516 с.
8. Сведения о показателях состояния безопасности дорожного движения [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://stat.gibdd.ru/>.
9. Состояние и тенденции безопасности дорожного движения в Российской Федерации в 2011 - 2020 годах. Аналитический обзор / К.С. Баканов, С.Н. Антонов, П.В. Ляхов и др. - Под ред. М.Ю. Черникова и Д.В. Митрошина. - М.: ФКУ «НЦ БДД МВД России», 2022. - 368 с.
10. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Высшая школа, 1998. – 576 с.
11. Гольчевский В.Ф., Ермаков А.Р., Думнов С.Н. Сравнительный анализ факторов, влияющих на безопасность дорожного движения // Вестник Восточно-Сибирского института Министерства внутренних дел России. – 2015. – №2(73). – С. 61-70.
12. Грунская Л.Ю., Лещев И.В., Исакевич В.В., Широбоков А.В., Сушкова Л.Т. Исследование взаимосвязи дорожно-транспортных происшествий по Владимирской области с гео и гелиофизическими характеристиками // Биотехносфера. – 2013. – №3(27). – С. 26-34.
13. Якунин И.Н., Якунин Н.Н., Фаттахова А.Ф., Минатуллаев Ш.М. Результаты исследования эффективности климатических систем автомобиля в условиях жаркого климата // Вестник СибАДИ. - 2021. - №6(82). – С. 712-719.
14. Евтюков С.А., Евтюков С.С. Параметры, влияющие на сцепные качества покрытий автодорог // Вестник Тувинского государственного университета. Технические и физико-математические науки. – 2013. – №3(18). – С. 75-82.
15. Печатнова Е.В. Влияние времени суток на дорожно-транспортную аварийность // Мир транспорта. – 2016. – Т. 14. – №2(63). – С. 194-200.
16. Печатнова Е.В. Методика обеспечения безопасности дорожного движения на автомобильных дорогах федерального значения: Дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / Печатнова Елена Владимировна. – Омск, 2021. – 171 с.
17. Дронсейко В.В. Показатели опасного управления транспортным средством и контроль за поведением водителей в дорожном движении как управленческое решение: Дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / Дронсейко Виталий Витальевич. – Москва, 2018. – 162 с.
18. Zamytskih A., Zhankaziev S., Dronseiko V., Shalagina E., Pletnev M. Determination of Instant Social Risk for a Moving Vehicle // Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications. – 2022. – P. 1-6.
19. Дронсейко В.В., Короткова Ю.А., Забудский А.Ю. Рефлективное управление в транспортных средствах с различным уровнем автоматизации как инструмент снижения уровня конфликтности // Вестник Московского автомобильно дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2021. – №2(65). – С. 101-105.
20. Zhankaziev S., Zamytskih A., Vorobyev A., Gavrilyuk M., Pletnev M. Predicting Traffic Accidents Using the Conflict Coefficient // Intelligent Technologies and Electronic Devices in Vehicle and Road Transport Complex (TIRVED). – 2022. – P. 1-6.

**Дронсейко Виталий Витальевич**

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

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

К.т.н., доцент кафедры «Организация и безопасность движения, интеллектуальные транспортные системы»

E-mail: drons123@yandex.ru

**Меркович Александр Михайлович**

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

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

Лаборант кафедры «Организация и безопасность движения, интеллектуальные транспортные системы»

E-mail: amerkovich@hotmail.com

**Замыцких Александр Викторович**

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

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

Ассистент кафедры «Организация и безопасность движения, интеллектуальные транспортные системы»

E-mail: zamytskih@yandex.ru

**Максимычев Олег Игоревич**

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

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

Д.т.н., профессор, заведующий кафедрой Автоматизированные системы управления

E-mail: maksimych@yandex.ru

V.V. DRONSEIKO, A.M. MERCOVICH, A.V. ZAMYTSKIH, O.I. MAKSIMYCHEV

## PREDICATIVE APPROACH TO THE ANALYSIS OF CONFLICT IN THE TRAFFIC FLOW

**Abstract.** *The paper considers the concept of conflict in the traffic flow as a chain of phenomena that collectively increase the likelihood of an accident. Statistical indicators of the accident rate among various classes of vehicles, as well as indicators of environmental parameters and traffic flow characteristics were taken as initial data. The developed model can be used as the first link in the training of artificial intelligence systems for high-quality monitoring and management decision-making in the field of transport coordination and general regulation.*

**Keywords:** *conflict in the traffic flow, predictive analytics, accident probability, carsharing, taxi, public transport, private transport, road safety*

## BIBLIOGRAPHY

1. Nogovitsina E.M., Shilov S.Yu. Psikhofiziologiya nevnimatel'nosti i utomlyaemosti u voditeley avtotransportnykh sredstv, otvlekayushchikhsya na elektronnye ustroystva [Elektronnyy resurs] / Meditsina katastrof. - 2023. - №1. - S. 51-56. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.33266/2070-1004-2023-1-51-56>.
2. Rotenberg R.V. Osnovy nadezhnosti sistemy voditel' - avtomobil' - doroga - sreda. - M.: Mashinostroenie, 1986. - 216 s.
3. Mayboroda O.V., Bragina I.V., Chebyshev A.E. O dopuske k uchastiyu v dorozhnom dvizhenii sistem upravleniya avtovoditel' - avtomobil' // Nauchnyy tsentr bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya MVD RF. - №3. - 2021. - S. 101-106.
4. Dryu D. Teoriya transportnykh potokov i upravlenie imi. - M.: Transport, 1972. - 424 s.
5. Heyt F. Matematicheskaya teoriya transportnykh potokov. - M.: Mir, 1966. - 287 s.
6. Sil'yanov V.V. Teoriya transportnykh potokov v proektirovanii dorog i organizatsii dvizheniya. - M.: Transport, 1977. - 303 s.
7. Vol M., Martin B. Analiz transportnykh sistem. - M.: Transport, 1981. - 516 s.
8. Svedeniya o pokazatelyakh sostoyaniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <http://stat.gibdd.ru/>.
9. Sostoyanie i tendentsii bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v Rossiyskoy Federatsii v 2011 - 2020 godakh. Analiticheskiy obzor / K.S. Bakanov, S.N. Antonov, P.V. Lyakhov i dr. - Pod red. M.Yu. Chernikova i D.V. Mitroshina. - M.: FKU «NTS BDD MVD Rossii», 2022. - 368 s.

10. Venttsel' E.S. Teoriya veroyatnostey. - M.: Vysshaya shkola, 1998. - 576 s.
11. Gol'chevskiy V.F., Ermakov A.R., Dumnov S.N. Sravnitel'nyy analiz faktorov, vliyayushchikh na bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya // Vestnik Vostochno-Sibirskogo instituta Ministerstva vnutrennikh del Rossii. - 2015. - №2(73). - S. 61-70.
12. Grunskaya L.Yu., Leshchev I.V., Isakevich V.V., Shirobokov A.V., Sushkova L.T. Issledovanie vzaimosvyazi dorozhno-transportnykh proisshествiy po Vladimirskey oblasti s geo i geliofizicheskimi kharakteristikami // Biotekhnosfera. - 2013. - №3(27). - S. 26-34.
13. Yakunin I.N., Yakunin N.N., Fattakhova A.F., Minatullaev SH.M. Rezul'taty issledovaniya effektivnosti klimaticheskikh sistem avtomobilya v usloviyakh zharkogo klimata // Vestnik SibADI. - 2021. - №6(82). - S. 712-719.
14. Evtyukov S.A., Evtyukov S.S. Parametry, vliyayushchie na stepnye kachestva pokrytiy avtodorog // Vestnik Tuvinskogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie i fiziko-matematicheskie nauki. - 2013. - №3(18). - S. 75-82.
15. Pechatnova E.V. Vliyanie vremeni sutok na dorozhno-transportnuyu avariynost' // Mir transporta. - 2016. - T. 14. - №2(63). - S. 194-200.
16. Pechatnova E.V. Metodika obespecheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya na avtomobil'nykh dorogakh federal'nogo znacheniya: Dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.22.10 / Pechatnova Elena Vladimirovna. - Omsk, 2021. - 171 s.
17. Dronseyko V.V. Pokazateli opasnogo upravleniya transportnym sredstvom i kontrol' za povedeniem voditeley v dorozhnom dvizhenii kak upravlencheskoe reshenie: Dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.22.10 / Dronseyko Vitaliy Vital'evich. - Moskva, 2018. - 162 s.
18. Zamytskiy A., Zhankaziev S., Dronseiko V., Shalagina E., Pletnev M. Determination of Instant Social Risk for a Moving Vehicle // Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications. - 2022. - P. 1-6.
19. Dronseyko V.V., Korotkova Yu.A., Zabudskiy A.Yu. Refleksivnoe upravlenie v transportnykh sredstvakh s razlichnym urovnem avtomatizatsii kak instrument snizheniya urovnya konfliktnosti // Vestnik Moskovskogo avtomobil'no dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI). - 2021. - №2(65). - S. 101-105.
20. Zhankaziev S., Zamytskiy A., Vorobyev A., Gavriluk M., Pletnev M. Predicting Traffic Accidents Using the Conflict Coefficient // Intelligent Technologies and Electronic Devices in Vehicle and Road Transport Complex (TIRVED). - 2022. - P. 1-6.

**Dronseiko Vitaly Vitalyevich**

Moscow Automobile and Road Construction State Technical University  
Adress: 125319, Russia, Moscow, Leningradsky ave., 64  
Candidate of technical sciences  
E-mail: drons123@yandex.ru

**Mercovich Alexandr Mihailovich**

Moscow Automobile and Road Construction State Technical University  
Adress: 125319, Russia, Moscow, Leningradsky ave., 64  
Laboratory assistant  
E-mail: amerkovich@hotmail.com

**Zamytskiy Alexandr Victorovich**

Moscow Automobile and Road Construction State Technical University  
Adress: 125319, Russia, Moscow, Leningradsky ave., 64  
Assistant  
E-mail: zamytskiy@yandex.ru

**Maksimychiev Oleg Igorevich**

Moscow Automobile and Road Construction State Technical University  
Adress: 125319, Russia, Moscow, Leningradsky ave., 64  
Doctor of technical sciences  
E-mail: maksimychiev@yandex.ru

Научная статья

УДК 656.13

doi:10.33979/2073-7432-2023-3-1(82)-93-100

Д.А. КОНОВАЛОВА, О.Ю. БУЛАТОВА

## СТРАТЕГИЯ СНИЖЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

**Аннотация.** В данной статье рассматриваются варианты применения подсистем интеллектуальных транспортных систем для регулирования дорожного трафика и сокращения уровня ДТП. Необходимо создание всех возможных условий для обеспечения структурной и функциональной однородности транспортного потока в рамках дорожной безопасности. Целью данной статьи является рассмотреть, представить и описать варианты использования ИТС для регулирования уровня коллизий и сокращения количества смертельных исходов в дорожно-транспортных происшествиях. Помимо этого, данные системы также могут помочь в повышении эффективности дорожного движения, что является основной целью управления дорожным движением.

**Ключевые слова:** ИТС, управление дорожным движением, дорожная безопасность, ДТП, Vision Zero

### Введение

Разработка, внедрение и эксплуатация интеллектуальных транспортных систем (ИТС) является основной тенденцией развития транспортной инфраструктуры современных городов. Интеллектуальные транспортные системы (ИТС) – это комплекс современных электронных информационных технологий и телекоммуникаций, направленных на обеспечение безопасности и эффективности дорожного движения, а также изменение и управление транспортными системами всех видов. Этот синтез высоких технологий в области информации и коммуникации призван содействовать важному развитию транспортной системы во многих аспектах, в том числе сокращению дорожно-транспортных происшествий. В качестве основного результата, ИТС создает более удобную и выгодную транспортную систему, особенно в сферах эффективности и полезности дорожного движения, при этом, уменьшая трудности и издержки дорожного регулирования, и решая транспортные проблемы с помощью синхронного управления как функционированием транспорта, так и поведением участников движения. Применение разнообразных технологий обмена данными между всеми участниками дорожного движения, использование различных датчиков, детекторов, навигационных систем позволяют создавать качественные базы данных для принятия управленческих решений для повышения эффективности транспортного обслуживания в условиях чрезвычайных ситуаций.

За последние несколько десятилетий, дорожно-транспортные происшествия стали важной проблемой для правительств, исследователей и производителей транспортных средств. Одной из основных целей применения интеллектуальных транспортных систем в современном транспортном регулировании является сокращение уровня ДТП и любых происшествий с непосредственным вовлечением транспорта [4]. Политика многих государств направлена на максимизацию собственных возможностей и усилий в данной сфере, а также внедрение современных технологий для управления происшествиями, в том числе реагирования на них транспортных систем и распределение транспортного потока.

### Материал и методы

Стратегия снижения дорожно-транспортных происшествий выступает ключевой в создании и имплементации новых поколений ИТС. На данный момент происходит разработка четвертого поколения, однако только в наиболее развитых городах (таких как, Сеул, Токио и Сингапур) оперативно используется третье. Несмотря на активную заинтересованность правительства, в России довольно редко можно встретить эффективное применение интеллектуальных систем для регулирования трафика и уровня ДТП. Единственным городом, где при-

меняются элементы второго поколения, является Москва, что говорит об отставании формирования системы от мировых лидеров. Концепция внедрения ИТС представляет собой видение пользовательских услуг, идеологии построения системы, постановки задач и разработки планов системного продвижения ИТС в России.

Не стоит забывать о том, что в России отсутствуют официальные организационные структуры, ответственные за развитие ИТС, а также нет единой политики, концепции или других атрибутов зрелого процесса развертывания ИТС [21]. Несмотря на действие Российского международного конгресса по ИТС, не было достигнуто результатов в построении архитектуры ИТС по всей стране. Однако именно в этом заключается успешное внедрение интеллектуальных систем для управления дорожным движением. В данной статье представлены идеи, которые рассказывают о возможностях создания и применения комплекса ИТС для улучшения ситуации не только в случае возникновения ДТП, но и в создании условий для безопасной мобильности в целом.

Как и любые другие комплексные системы, интегрированные приложения ИТС требуют создания стратегической инфраструктуры в качестве основы для принятия решений и их исполнения. Реализация принятых решений выступает самой важной частью в формировании любой системы, поскольку именно на этом этапе закладываются все возможные последствия происшествия, и нужно уметь прогнозировать не только действия самой системы, но и ответную реакцию участников дорожного движения. Подобную структурную основу обычно называют архитектурой системы.

Архитектура ИТС должна включать в себя различные технические аспекты и связывать множественные организационные, правовые, комплементарные элементы, а также интегрировать системы управления и реагирования. Архитектуры ИТС могут быть разработаны на национальном, региональном или городском уровне, или же могут быть связаны с конкретными секторами или отдельными услугами. Однако не стоит забывать, что только при внедрении ИТС на территории всей страны может быть достигнуто их результативное использование.

Большинство аварий происходят непосредственно в дорожном движении и довольно часто приводят к гибели людей, повреждению инфраструктуры и нанесению вреда здоровью. Поэтому существует необходимость в разработке протокола, позволяющего избежать или предотвратить дорожно-транспортные происшествия на базовом уровне, чтобы уменьшить человеческие потери. В таблице ниже приведена статистика дорожно-транспортных происшествий в России за последние годы [17], в которой четко наблюдается, что показатели смертности до сих пор далеки от идеальных в отношении к количеству аварий, несмотря на уменьшение общих показателей (табл. 1).

Таблица 1 – ДТП России за последние 5 лет

Год	Количество ДТП	Погибло	Ранено
2018	168099	18214	214854
2019	164358	16981	210877
2020	145073	16152	183040
2021	133331	14874	167856
2022	126705	14172	159635

### **Расчет**

Для формирования подхода к системе принятия решений по управлению дорожным движением в условиях чрезвычайных ситуаций необходимо решение следующих задач:

1) анализ опыта организации эффективного управления дорожным движением в условиях чрезвычайных ситуациях;



- 2) формирование основных принципов обеспечения эффективного управления организации дорожного движения в условиях чрезвычайных ситуаций;
- 3) разработка анкет для проведения опроса о транспортном поведении населения в условиях чрезвычайных ситуаций;
- 4) формирование основных принципов применения макромоделей и сетевой основной диаграммы транспортного потока при управлении дорожным движением в условиях ЧС;
- 5) разработка математических моделей, отображающих транспортное поведение населения в условиях ЧС;
- 6) на основе данных моделей необходима разработка принципов оптимизации дорожного движения в условиях ЧС.

Несмотря на стабильный спад как числа самих ДТП, так и уровня смертельных исходов, основной целью политики регулирования транспортного движения остается сокращение количества ДТП до возможного минимума. В рамках такого подхода, необходимо регулировать не только трафик, но и внедрять архитектуру интеллектуальных транспортных систем на всех уровнях дорожного движения. Для непосредственного регулирования уровня ДТП, рекомендуется использовать ряд подсистем ИТС, таких как:

1. Система управления транспортным потоком.

Данная система включает в себя: светофорные объекты (в том числе адаптивные); знаки переменной информации; знаки изменяемых ограничений скорости. Все эти элементы можно использовать для создания системы, которая будет благоприятна для сокращения ДТП и минимизации транспортных издержек путем применения современных технологий.

Например, если на перекрестке установлен адаптивный светофор и определенное количество транспорта проходит через него, то процессор автоматически зафиксирует необходимость смены цвета с красного на зеленый, при этом определяя количество проехавших автомобилей [23]. На этом этапе можно справиться с проблемой отложенного спроса, которая нередко является причиной возникновения ДТП, путём регулирования потока и пропускной способности.

2. Система мониторинга транспортного потока.

Здесь, в первую очередь, нужно говорить об использовании и внедрении видеодетекторов и фотофиксации на протяжении всего маршрута следования автомобилей. Помимо этого, эффективным будет применение радиочастотных детекторов, которые помогают перейти на новый план координации потока, путем определения количества автомобилей.

Основной задачей данного этапа является прямой мониторинг транспортного спроса для прогнозирования возможности возникновения нарушений и коллизий, что обеспечивает дорожную безопасность. Помимо этого, данная система позволит помочь в выявлении очагов повышенного транспортного спроса, что в дальнейшем ускорит решение проблем заторов движения.

3. Система реагирования на дорожные происшествия.

Основой данной системы выступает формирование эффективной V2P (vehicle to person – непосредственное сообщение между транспортом и человеком) коммуникации. Создание таких условий, позволит настроить быстрое реагирование на ДТП, что сократит количество смертельных исходов, а также увеличит полезность индикатора «золотого часа» – системы ликвидации последствий ДТП.

В рамках данной системы, предусмотрено применение различных датчиков давления и движения, которые устанавливаются непосредственно в транспортных средствах. Когда два или более транспортных средств вступают в контакт и, в определенной степени, придают друг другу тягу, то компьютерные системы автоматически определяют, является ли данная ситуация аварийной или нет. Таким образом, после обнаружения аварии, GPS на этих автомобилях отправляет сигналы на спутниковое управление, которое перераспределяет данные сигналы в ближайшие больницы, полицейские участки, пожарные службы и другие аварийные службы, тем самым сокращая время определение факта возникновения ДТП [16].

Помимо перечисленных выше систем, в последние годы в ряде европейских стран была предложена концепция «Vision zero» – применение максимальных усилий для устранения травматизма. Данный подход подразумевает под собой имплементацию и координацию

существующих подсистем ИТС с новыми инновационными подходами в рассмотрении безопасности УДД не со стороны аварий, как основного источника опасности, а со стороны организации превентивных мер и возможностей человеческого тела как реальной причине смертей и серьезных травм. Другим ключевым компонентом является переход от индивидуальной ответственности за ДТП к важности проектирования комплексной системы, а также признание того факта, что невозможно окончательно исключить травмы и ушибы в процессе инцидентов, однако действительно реально сократить количество смертей.

Иными словами, данная концепция направлена на сокращение смертельных исходов и серьезных травм до нуля. Постоянный прогресс в достижении данной цели требует принятия прогрессивного взгляда на безопасность дорожного движения, основанного на совместной ответственности между участниками дорожного движения и ухода от традиционно-принятых подходов, которые возлагают бремя ответственности на отдельных участников дорожного движения для обеспечения их собственной безопасности.

Общая система управления «Vision zero» опирается на эффективную систему оценки и анализа дорожных происшествий, чтобы связать воедино различные элементы дорожной безопасности, а также создавать пути для минимизации количества инцидентов в целом. Основной системой здесь выступает физическая архитектура ИТС, позволяющая осуществлять непосредственный мониторинг объектов дорожной сети с применением современных технологий для прогнозирования возможности ухудшения дорожного трафика, а также применения превентивных мер для снижения смертельных истоков. По своей сути, «Vision zero» интегрирует все элементы сервисной группы по управлению инцидентами, связанными с транспортом инструментальной подсистемы ИТС, где наиболее важными подсистемами являются: подсистема видеонаблюдения, детектирования ДТП и ЧС; подсистема информирования пользователей подсистемы ИТС с помощью бортовых устройств ТС и персональных устройств; подсистема регистрации нарушений ПДД и другие.

В то время, как достижение концепции «Vision zero» является сложной задачей, города и страны предпринимают все возможные усилия, чтобы решить вызовы, которые возникают в связи с обязательствами по созданию безопасных дорог и безопасной мобильности. Многие международные организации, в том числе ООН, ВОЗ и Организация экономического сотрудничества и развития, одобрили подход создания и применения подобной системы безопасности дорожного движения [14].

Количество погибших УДД в Нью-Йорке 2000-2020 гг.

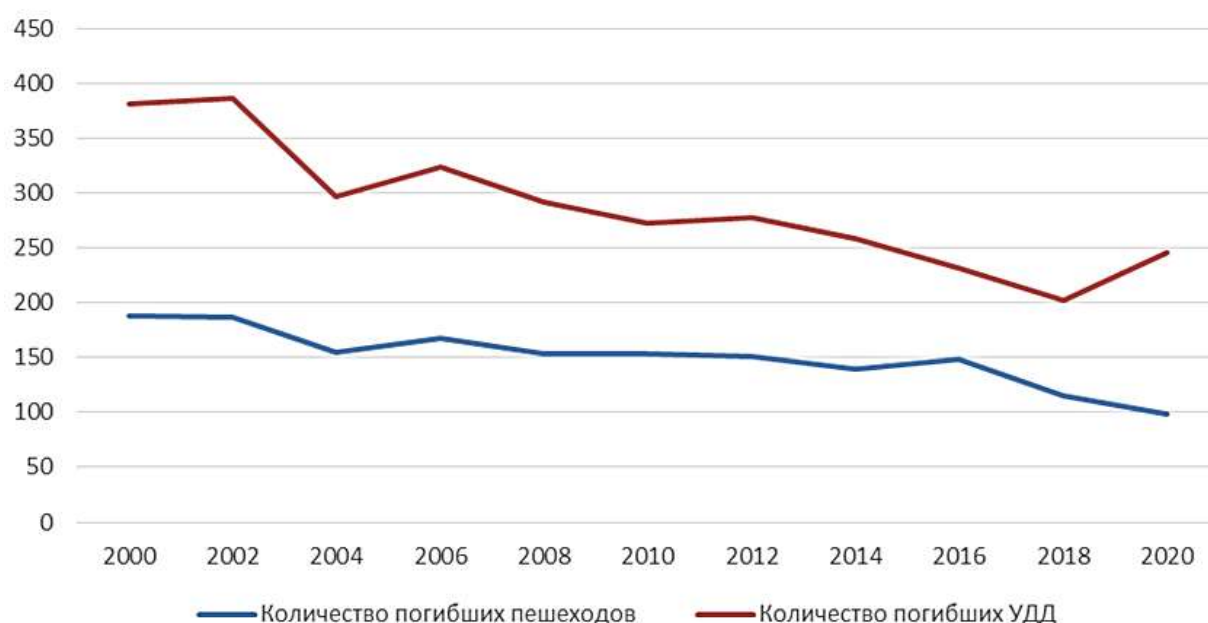


Рисунок 1 - График сокращения количества ДТП в Нью-Йорке с начала применения Vision Zero

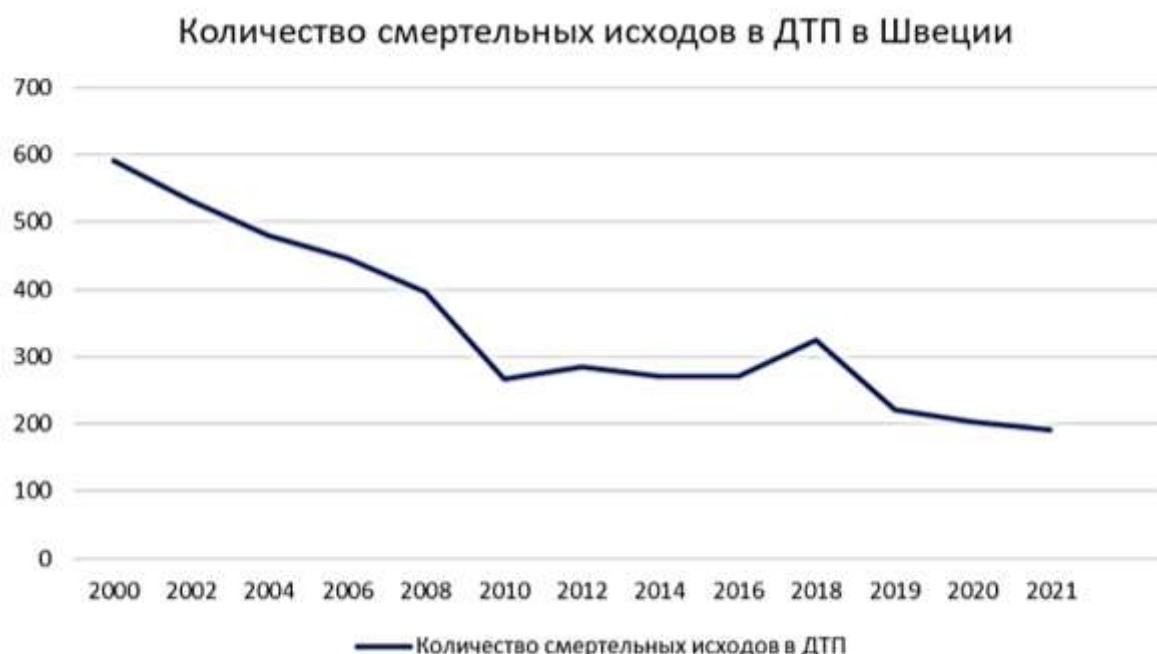
Основной идеей «Vision zero» выступает существование возможности ликвидации смертельных исходов и серьезных травм в ДТП. Эффективные интеллектуальные транспортные системы включают в себя координацию поведения людей, инфраструктуры и транспортных средств, путем применения технологий и соответствующих данных для формирования безопасной среды перемещения людей и грузов. Именно тогда, когда ИТС рассматривается комплексно, а не сосредотачиваясь исключительно на технологических и инновационных аспектах, она достигает наиболее благоприятных результатов. Без такого системного подхода, потенциально положительные изменения в отдельных аспектах могут иметь неблагоприятное воздействие на другие аспекты системы, поскольку выступают приоритетным направлением, в котором концентрируется все внимание и усилия инженеров. От такого подхода страдает и сама система управления дорожным движением в целом.

На графике выше представлена статистика уменьшения смертельных исходов при ДТП в городе Нью-Йорке. Нью-Йорк является городом с серьезной нагрузкой на транспортную сеть из-за наличия большого количества объектов притяжения транспортного потока, из-за чего регулировка дорожного движения и контроль смертности при ДТП вызывает определенные сложности. Стоит отметить, что в 2000 году только началась разработка и частичное развертывание и применение данной концепции на практике, когда как в 2014 году оформилась полноценная реализация (несмотря на то, что по оценкам транспортных инженеров, на данный момент можно говорить только о 70-ти процентной реализации проекта) [20]. Увеличение количества погибших в 2020 году связано с ковидными ограничениями, ввиду чего сильно увеличилось количество и концентрация внутригородского трафика. На момент 2022-2023 годов уже разрабатывается новый подход к применению «Vision zero», который будет учитывать все послековидные изменения городской жизни на практике.

Наиболее эффективная интеграция и имплементация концепции «Vision zero» наблюдается в странах Скандинавии, в особенности эффективно разрабатывается политика по внедрению нулевой смертности в Швеции. Сама концепция была впервые задумана ещё в 1994 году. Всего три года спустя парламент страны принял законопроект о безопасности дорожного движения, который закрепил концепцию «Vision zero» в шведском законодательстве. Уникальная составляющая данного законопроекта заключается в том, что конечной целью правительства является строгое регулирование и создание всевозможных условий для отсутствия смертей и серьезных травм на дорогах, не преследуя простую идею снижения аварийности до управляемого уровня. С тех пор Швеция строит свою стратегию реформы безопасности дорожного движения на основе подхода «Vision zero». Особенностью применения концепции в этой стране является тот факт, что начиная с разработки и принятия законодательства о дорожной безопасности, Vision zero стала базисом для принятия решений, являясь главным моментом и стратегией в ПДД Швеции. Работа по обеспечению безопасности дорожного движения проводится систематически с использованием модели управления по целям Vision zero первостепенно, а не дополнительно как в большинстве других стран [2]. По статистическим данным, за последние 20 лет удалось снизить смертность в 3 раза, что подтверждает эффективность политики [18].

Изменение парадигмы безопасности дорожного движения в сторону «Vision Zero» приводит к значительному сокращению числа жертв дорожно-транспортных происшествий. Согласование ИТС с данной концепцией и ее методологией создает стабильную кооперацию, которая полна возможностей для преобразования проектирования, эксплуатации и управления дорожно-транспортных сетей и достижения значимых результатов в сокращении фатальных исходов. Однако сложность применения «Vision zero» заключается в том, что должен существовать прочный базис кооперативных ИТС, который позволит минимизировать опасность для уязвимых участников дорожного движения в первую очередь создание архитектуры ИТС, в которой будут учитываться все необходимые комплексные и инструментальные подсистемы ИТС. Особое внимание стоит уделить тому, что для наиболее эффективного применения данной политики, необходимо не просто менять правила и пытаться ин-

тегрировать новую систему в уже существующие концепции, а непосредственно основываться на Vision zero как инструментальной базы для функционирования ИТС.



*Рисунок 2 –Количество смертельных исходов в ДТП в Швеции в XXI веке*

### **Результаты и обсуждение**

Таким образом, существует ряд концепций, которые возможно применить для оптимизации ситуаций на дороге, в том числе, и в среде реагирования на дорожно-транспортные происшествия. Сокращение уровня смертности является первостепенной задачей, которая определяет эффективность интеграции ИТС в жизнь человека. Именно поэтому выявлена необходимость использования данных систем для разработки единого плана по ликвидации последствий ДТП как в транспортных системах, так и в других сферах жизни человека.

### **Выводы**

Сформулирован ряд задач для формирования подхода к системе принятия решений по управлению дорожным движением в условиях чрезвычайных ситуаций, который включает в себя: анализ опыта организации эффективного управления дорожным движением в условиях чрезвычайных ситуациях; формирование основных принципов обеспечения эффективного управления организации дорожного движения в условиях чрезвычайных ситуаций; разработка анкет для проведения опроса о транспортном поведении населения в условиях чрезвычайных ситуаций; формирование основных принципов применения макромоделей и сетевой основной диаграммы транспортного потока при управлении дорожным движением в условиях ЧС; разработка математических моделей, отображающих транспортное поведение населения в условиях ЧС; на основе данных моделей необходима разработка принципов оптимизации дорожного движения в условиях ЧС.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Булатова О.Ю. Адаптация транспортной инфраструктуры к системе «Умный город» // Мир транспорта и технологических машин. – 2021. – №2(73). – С. 92-98. – DOI 10.33979/2073-7432-2021-73-2-92-98.
2. Abdulaziz A., Humera Y., Hafsa M., Munam A.S., Amjad M., Nabil A., Song H. Smart road traffic accidents reduction strategy based on intelligent transportation systems (TARS). - №18(7). - 2018.
3. Swedish Vision Zero policies for safety – A comparative policy content analysis
4. Boban M., Meireles R., Barros J., Steenkiste P., Tonguz O.K. TVR - Tall vehicle relaying in vehicular networks, IEEE Trans. Mobile Comput. - Vol. 13. - №5. - 2017.
5. Bodare D., Ranmode M., Ghogare P. Car accident prevention system // International journal of engineering research and general science. – Vol. 3. – P. 2. - 2015.

6. Шевцова А.Г., Бурлуцкая А.Г., Юнг А.А. Оценка влияния параметров автомобилей на значение потока насыщения // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2022. – №1. – С. 126-134. – DOI 10.25198/2077-7175-2022-1-126.
7. Подопригра Н.В. Структура и функционирование системы «водитель-автомобиль-дорога-внешняя среда» // Вестник гражданских инженеров. – 2022. – №2(91). – С. 154-159. – DOI 10.23968/1999-5571-2022-19-2-154-159.
8. Шевцова А.Г. Динамика реализации программы vision zero в мировых странах // Мир транспорта и технологических машин. – 2021. – №3(74). – С. 35-42. – DOI 10.33979/2073-7432-2021-74-3-35-42.
9. Агеев Е.В., Новиков А.Н., Виноградов Е.С. Методика определения оптимального времени тренажерной подготовки кандидатов в водители // Мир транспорта и технологических машин. – 2021. – №3(74). – С. 94-101. – DOI 10.33979/2073-7432-2021-74-3-94-101.
10. Новиков А.Н., Кущенко Л.Е., Кущенко С.В., Новиков И.А. Анализ существующих методов оценки вероятности возникновения ДТП на участках улично-дорожной сети города // Вестник гражданских инженеров. – 2021. – №2(85). – С. 222-231. – DOI 10.23968/1999-5571-2021-18-2-222-231.
11. Трофименко Ю.В., Комков В.И., Кутырин Б.А., Деянов Д.А. Оценка выбросов загрязняющих веществ транспортными потоками на отдельных территориях Москвы // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2020. – №2(61). – С. 84-91.
12. Novikov A., Zyryanov V., Feofilova A. Dynamic traffic re-routing as a method of reducing the congestion level of road network elements // Journal of applied engineering science. – 2018. – Vol. 16. – №1. – P. 70-74. – DOI 10.5937/jaes16-15289.
13. Patey I., Wickham L., Hassner K., Intelligent transport systems advance vision zero road safety. WSP, 2020. – 8 p.
14. Prafull V. Barpute, Pansambal B.H. Camera based forward collision avoidance system // International research journal of engineering and technology (IRJET). – Vol. 07. – 2020.
15. Purkayastha S., Iqbal K.I.M. Application of sensors in intelligent transport systems. BUET, 2020.
16. VISION ZERO Proactive Leading Indicators, ISSA, 2020.
17. Vision Zero: Year 7 Report. NYC Department of Transport, 2021.
18. Шеина С.Г., Гиря Л.В., Питык Е.С., Медведев О.В. Интеллектуальная городская система и ее реализация на современном этапе развития России // ИВД. – 2019. – №1(52).
19. Юсупов М.Ф. Эффективность организации дорожного движения: проблемы оценки // Инновационные аспекты развития науки и техники. – 2021. – №7.
20. Zornić D., Radovanović D., Nebojsa D. Infrastructure for intelligent transport systems // Scientific researcher. – 2014. – P. 14-19

**Коновалова Дарья Александровна**

Донской государственный технический университет

Адрес: 344000, Россия, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162

Студент

E-mail: dkonovalova94@gmail.com

**Булатова Ольга Юрьевна**

Донской государственный технический университет

Адрес: 344002, Россия, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162

К.т.н., доцент кафедры организации перевозок и дорожного движения

E-mail: mip.rnd@yandex.ru

---

D.A. KONOVALOVA, O.YU. BULATOVA

## TRAFFIC ACCIDENTS REDUCTION STRATEGY BY IMPLEMENTING INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS

**Abstract.** *This article discusses options for using subsystems of intelligent traffic control systems and reducing the level of accidents. It is necessary to create all possible conditions to ensure the structural and functional homogeneity of traffic flows within the framework of road safety. The purpose of this article is to review, describe and describe options for using ITS to control the level of collisions and reduce the number of fatal initial loads in road traffic accidents. In addition, these systems can also help improve traffic efficiency, which is the goal of traffic management.*

**Keywords:** *ITS, Traffic Management, Road Safety, Traffic Collision, Vision Zero*

## BIBLIOGRAPHY

1. Bulatova O.Yu. Adaptatsiya transportnoy infrastruktury k sisteme «Umnyy gorod» // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2021. - №2(73). - S. 92-98. - DOI 10.33979/2073-7432-2021-73-2-92-98.
2. Abdulaziz A., Humera Y., Hafsa M., Munam A.S., Amjad M., Nabil A., Song H. Smart road traffic accidents reduction strategy based on intelligent transportation systems (TARS). - №18(7). - 2018.
3. Swedish Vision Zero policies for safety - A comparative policy content analysis
4. Boban M., Meireles R., Barros J., Steenkiste P., Tonguz O.K. TVR - Tall vehicle relaying in vehicular networks, IEEE Trans. Mobile Comput. - Vol. 13. - №5. - 2017.
5. Bodare D., Ranmode M., Ghogare P. Car accident prevention system // International journal of engineering research and general science. - Vol. 3. - P. 2. - 2015.
6. Shevtsova A.G., Burlutskaya A.G., Yung A.A. Otsenka vliyaniya parametrov avtomobiley na znachenie potoka nasyshcheniya // Intellect. Innovatsii. Investitsii. - 2022. - №1. - S. 126-134. - DOI 10.25198/2077-7175-2022-1-126.
7. Podoprigrora N.V. Struktura i funktsionirovanie sistemy «voditel`-avtomobil`-doroga-vneshnyaya sreda» // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. - 2022. - №2(91). - S. 154-159. - DOI 10.23968/1999-5571-2022-19-2-154-159.
8. Shevtsova A.G. Dinamika realizatsii programmy vision zero v mirovykh stranakh // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2021. - №3(74). - S. 35-42. - DOI 10.33979/2073-7432-2021-74-3-35-42.
9. Ageev E.V., Novikov A.N., Vinogradov E.S. Metodika opredeleniya optimal'nogo vremeni trenazhernoy podgotovki kandidatov v voditeli // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2021. - №3(74). - S. 94-101. - DOI 10.33979/2073-7432-2021-74-3-94-101.
10. Novikov A.N., Kushchenko L.E., Kushchenko S.V., Novikov I.A. Analiz sushchestvuyushchikh metodov otsenki veroyatnosti vozniknoveniya DTP na uchastkakh ulichno-dorozhnoy seti goroda // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. - 2021. - №2(85). - S. 222-231. - DOI 10.23968/1999-5571-2021-18-2-222-231.
11. Trofimenko Yu.V., Komkov V.I., Kutyrin B.A., Deyanov D.A. Otsenka vybrosov zagryaznyayushchikh veshchestv transportnymi potokami na odel'nykh territoriyakh Moskvy // Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI). - 2020. - №2(61). - S. 84-91.
12. Novikov A., Zyryanov V., Feofilova A. Dynamic traffic rerouting as a method of reducing the congestion level of road network elements // Journal of applied engineering science. - 2018. - Vol. 16. - №1. - P. 70-74. - DOI 10.5937/jaes16-15289.
13. Patey I., Wickham L., Hassner K. Intelligent transport systems advance vision zero road safety. WSP, 2020. - 8 p.
14. Prafull V. Barpute, Pansambal B.H. Camera based forward collision avoidance system // International research journal of engineering and technology (IRJET). - Vol. 07. - 2020.
15. Purkayastha S., Iqbal K.I.M. Application of sensors in intelligent transport systems. BUET, 2020.
16. VISION ZERO Proactive Leading Indicators, ISSA, 2020.
17. Vision Zero: Year 7 Report. NYC Department of Transport, 2021.
18. Sheina S.G., Giryra L.V., Pityk E.S., Medvedev O.V. Intellektual'naya gorodskaya sistema i ee realizatsiya na sovremennom etape razvitiya Rossii // IVD. - 2019. - №1(52).
19. Yusupov M.F. Effektivnost' organizatsii dorozhnogo dvizheniya: problemy otsenki // Innovatsionnye aspekty razvitiya nauki i tekhniki. - 2021. - №7.
20. Zorni D., Radovanovi D., Nebojsa D. Infrastructure for intelligent transport systems // Scientific researcher. - 2014. - P. 14-19

**Konovalova Daria Alexandrovna**  
Don State Technical University  
Address: 344000, Russia, Rostov-on-Don  
Student  
E-mail: dkonovalova94@gmail.com

**Bulatova Olga Yurievna**  
Don State Technical University  
Address: 344011, Russia, Rostov-on-Don  
Candidate of technical sciences  
E-mail: mip.rnd@yandex.ru

Научная статья

УДК 656.09

doi:10.33979/2073-7432-2023-3-1(82)-101-107

А.Г. ШЕВЦОВА, В.В. ВАСИЛЬЕВА

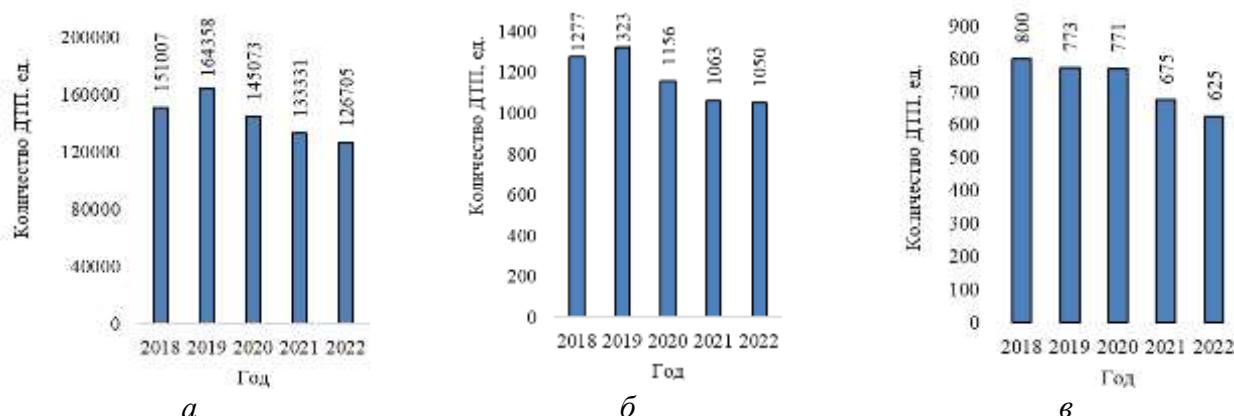
## ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ПЛАНОВ УПРАВЛЕНИЯ

**Аннотация.** В результате изменения планов управления при возникновении неудовлетворительных погодных условий, изменяются показатели транспортного потока, которые, в основном выражены величиной задержки. Выполненное исследование позволяет на исследуемой центральной улице г. Белгород количественно оценить изменение экологических показателей, таких как сернистый ангидрид, оксид азота, углеводороды и оксид углерода, что при переводе полученных результатов в годовые показатели позволяет оценить масштаб сокращения количества вредных выбросов.

**Ключевые слова:** дороги федерального значения, дороги местного значения, неудовлетворительные дорожные условия, безопасность дорожного движения, величина задержки, экологические показатели

**Введение**

В результате эффективной работы в области безопасности дорожного движения, которая ведется на протяжении большого количества лет, в целом по стране наблюдается снижение показателей аварийности, как общего количества происшествий (рис. 1 а), так и снижение тяжести последствий, выраженных в числе погибших и раненых [1-7]. Следует отметить, что аналогичная тенденция наблюдается и в большинстве субъектах Российской Федерации, так например в Белгородской области за период 2018-2022 года общее количество происшествий снижается (рис. 2 б), в Орловской области, аналогичным образом происходит планомерное снижение количества происшествий, так за рассматриваемый пятилетний период данный показатель сократился на 22 % с 800 происшествий в 2018 году до 625 происшествий в 2022 году (рис. 1 в).



**Рисунок 1 – Гистограммы общего количества дорожно-транспортных происшествий за период 2018-2022 гг.: а - в Российской Федерации; б - в Белгородской области; в Орловской области**

Представленные результаты (рис. 1) в масштабах государства и его субъектов удалось достичь за счет реализации комплексного подхода, который начиная с 2006 года активно применяется по средствам действия федерально-целевых программ направленных на повышение безопасности дорожного движения. Тем не менее, сегодня, одной из основных целей эффективного функционирования государства является сохранение жизни населения. Данная цель является первичной в любой эффективно функционирующей отрасли – производства,



здравоохранения и иных отраслях, взаимосвязанных между собой и входящих в состав единой экономической системы страны, а также в отрасли, которая является ключевой и присутствует без исключения во всех отраслях – отрасли транспорта.

### ***Материал и методы***

На сегодняшний день, определенные направления стратегического развития нашли свое отражение в реализуемых национальных проектах. В основе реализации определенных национальных проектов лежат целевые показатели, которые необходимо достичь и установлены основные задачи, которые необходимо решить. Так при разработке национального проекта «Безопасные и качественные дороги» определены следующие взаимосвязанные цели и задачи:

Основные цели национального проекта:

- увеличение доли автомобильных дорог регионального значения, соответствующих нормативным требованиям, в их общей протяженности не менее чем до 50 %, а также утверждение органами государственной власти субъектов РФ таких нормативов исходя из установленных на федеральном уровне требований безопасности автомобильных дорог;
- снижение доли автомобильных дорог федерального и регионального значения, работающих в режиме перегрузки, в их общей протяженности на 10 % по сравнению с 2017 годом;
- снижение количества мест концентрации ДТП на дорожной сети в два раза по сравнению с 2017 годом;
- снижение смертности в результате дорожно-транспортных происшествий в 3,5 раза по сравнению с 2017 годом - до уровня, не превышающего четырех человек на 100 тыс. населения (к 2030 году - стремление к нулевому уровню смертности).

Основные задачи национального проекта:

- доведение в крупнейших городских агломерациях доли автомобильных дорог, соответствующих нормативным требованиям, в их общей протяженности до 85 %;
- применение новых механизмов развития и эксплуатации дорожной сети, включая использование инфраструктурной ипотеки, контрактов жизненного цикла, наилучших технологий и материалов;
- доведение норматива зачисления налоговых доходов бюджетов субъектов Российской Федерации от акцизов на горюче-смазочные материалы до 100 %;
- внедрение общедоступной информационной системы контроля за формированием и использованием средств дорожных фондов всех уровней (в 2019 году);
- создание механизмов экономического стимулирования сохранности автомобильных дорог регионального и местного значения;
- внедрение новых технических требований и стандартов обустройства автомобильных дорог, в том числе на основе цифровых технологий, направленных на устранение мест концентрации дорожно-транспортных происшествий;
- внедрение автоматизированных и роботизированных технологий организации дорожного движения и контроля за соблюдением правил дорожного движения;
- усиление ответственности водителей за нарушение правил дорожного движения, а также повышение требований к уровню их профессиональной подготовки.

Несмотря на активное государственное воздействие и планомерное снижение показателей аварийности на дорогах Российской Федерации и ее субъектов, уровень смертности в сравнении с показателями стран Евросоюза остается довольно высоким [8].

В соответствии с концепцией стремления к нулевой смертности на дорогах [9-16], в Транспортной стратегии Российской Федерации [17] установлен целевой показатель 4 погибших на 100 тыс. население, достигнуть который необходимо к 2030 году. В результате прогнозирования изменения основных показателей - численности населения и автомобилизации, определено что целевое значение будет соответствовать уже достигнутому уровню рассмотренных стран, что не позволяет ожидать быстрого сокращения имеющегося отставания в рассматриваемой области и требует разработки новых подходов к устранению имею-

щегося отставания и сокращения смертности на дорогах. Основным результатом, который включает в себя достижение основной национальной цели – сохранение человеческих жизней, а именно снижение смертности в результате ДТП и стремление к нулевому уровню смертности к 2030 году.

### **Теория**

В настоящее время одно из основных направлений работы заключается в развитии транспортно-дорожного комплекса с учетом определенной научной основы «Дорожно-транспортные системы должны быть спроектированы так, чтобы иметь дело с тем фактом, что люди совершают ошибки, которые могут иметь катастрофические последствия» для этого сегодня существует два пути развития, это строительство новых транспортных узлов и участков дорог, а также реконструкция существующих и внедрение новых технологий для комплексного управления транспортной системой. Если первое направление в результате работ по национальному проекту «Безопасные и качественные автомобильные дороги» реализуется достаточно хорошо, то для второго направления в виду высокой стоимости исполнительного оборудования или же его отсутствия, необходима разработка новых технологий, которые позволят поддержать требуемый уровень безопасности дорожного движения. Здесь, первоочередным мероприятием, безусловно, должен являть анализ существующих показателей аварийности для выявления условий возникновения происшествий, в результате которого установлено что на протяжении многих лет более 70 % происшествий происходят в городских условиях, что несмотря на определенные скоростные ограничения, свидетельствует о повышенной аварийности городских транспортных систем. Аналогичная ситуация наблюдается и на дорогах рассматриваемого субъекта – Белгородской области, где на протяжении анализируемого пятилетнего периода более 77 % происшествий происходит в населенных пунктах. В Орловской области ситуация обстоит немного лучше, но тем не менее более 65 % происшествий, также происходит в пределах населенных пунктов.

Рассматривая причины возникновения происшествий, можно отметить что в соответствии с классической системой «водитель-автомобиль-дорога-среда», существует большое количество факторов, способствующих авариям на дорогах, но в соответствии с принятой концепцией «нулевой смертности», необходимо обеспечить безотказное функционирование как минимум двух составляющих «дорога» и «среда» и здесь совокупной причиной являются неудовлетворительные дорожные условия (НДУ). Следует отметить, что такие условия в первую очередь, оказывают влияние на эксплуатационное состояние автомобильных дорог, что требует постоянного контроля и незамедлительного принятия решения, особенно в рамках функционирования транспортных систем городских агломераций.

Начиная с 2022 года в официальных источниках – базах данных введен такой показатель как аварийность дорог различного значения – федерального, регионального и местного в том числе в результате НДУ. В результате анализа данного показателя, установлено, что на дорогах местного значения в Российской Федерации происходит 80% происшествий (рис. 2 а), в рассматриваемых субъектах, ситуация отличается, так на такие дороги Орловской области пришлось 68 % происшествий (рис. 2 б), а в Белгородской области – 88 % (рис. 2 в). Значительно высокий показатель аварийности автомобильных дорог местного значения, по причине НДУ в Белгородской области свидетельствует о наличии определенной проблемы, которая несмотря на активную реализацию национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги», должна быть решена по средствам применения новых технологий в соответствии с принятой концепцией «нулевой смертности».

С учетом того, что Белгородская агломерация достаточно широко известна применяемыми интеллектуальными технологиями, такая проблема на ее дорогах – проблема аварийности в городских условиях по эксплуатационным причинам все же существует. И здесь, с учетом имеющегося оборудования, было предложено расширить функциональную возможность подсистемы контроля состояния дороги, подразделив ее на контроль в населенных пунктах и за его пределами [18, 19].

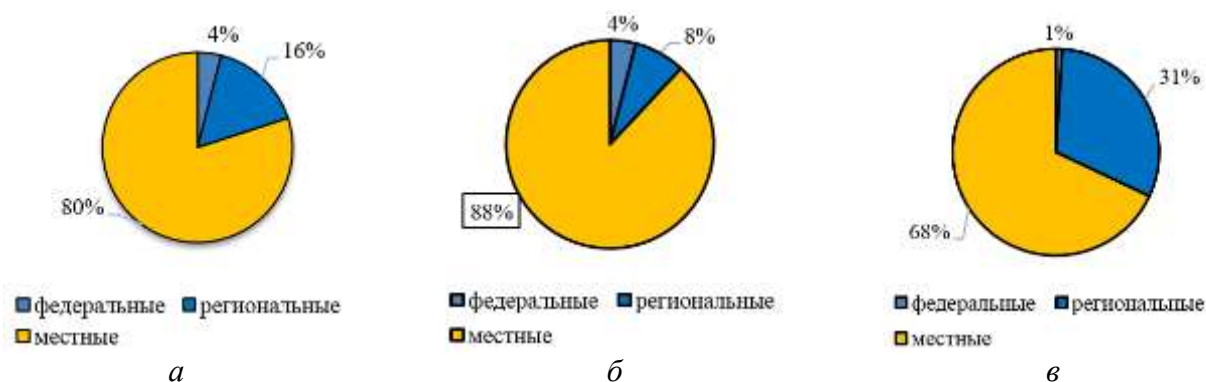


Рисунок 2 – Распределение количества ДТП в зависимости от статуса автомобильной дороги в 2022 году: а - в Российской Федерации; б - в Белгородской области; в - в Орловской области

Расширив тем самым функциональные возможности подсистемы ИТС «контроль состояния дороги» и обеспечить помимо имеющихся возможностей – возможность управления транспортными потоками [20]. В результате ранее выполненных исследований, была разработана система эффективного управления городскими транспортными потоками [21], которая была апробирована на одной из центральных улиц г. Белгорода.

### Результаты и обсуждение

Для проверки эффективности предложенных решений осуществлен расчет новых управляющих параметров в городской транспортной системе на пересечениях магистральной улицы г. Белгорода – пр. Б. Хмельницкого, в состав которого входит десять узлов – перекрестков (рис. 3).

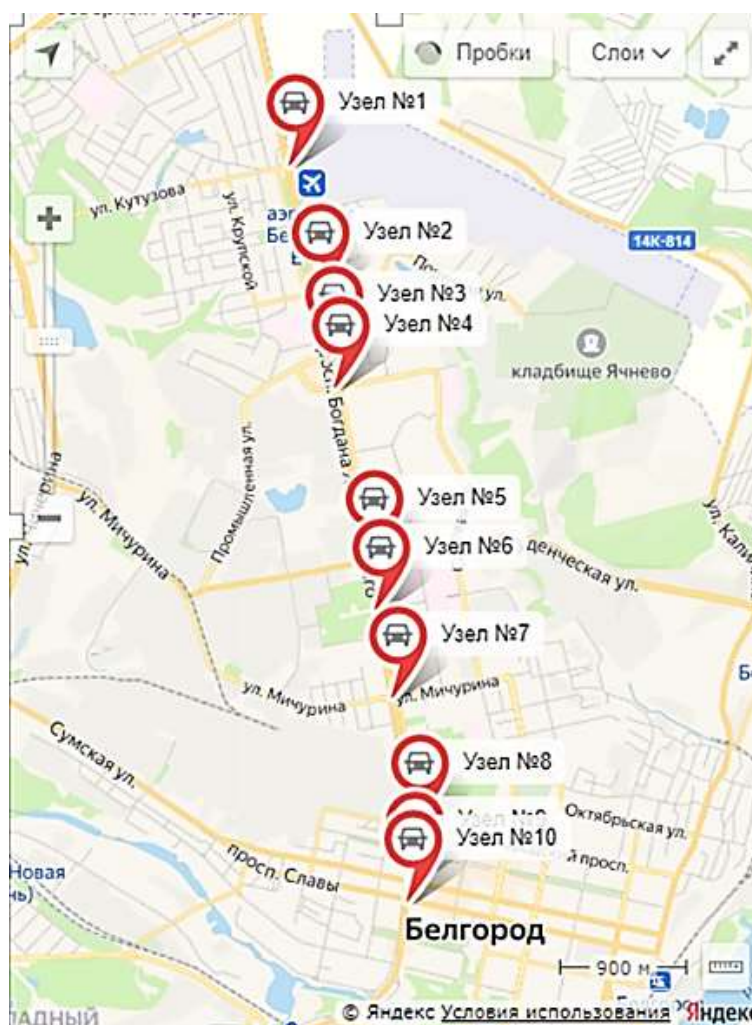


Рисунок 3 – Места расположения исследуемых пересечений

В результате применения разработанной системы [21, 22] в условиях управления при возникновении НДУ для рассматриваемого участка были получены новые режимы управления, средняя величина отклонения полученных длительностей циклов, в сравнении с существующими, составила около 11 %. Величина транспортной задержки в среднем по всем пересечениям составила 87,4 с, а после оптимизации средняя задержка снижается до 65 с. Безусловно, снижение величины задержки способствует улучшению эколого-экономических показателей. Согласно инструкции по расчету вредных выбросов, при сгорании 1 кг бензина для легковых автомобилей экологического класса выше Евро 1, удельный выброс основных загрязняющих веществ составляет:

1. Оксид углерода ( $CO$ ) – 21,5 г/кг.
2. Углеводороды в пересчете на  $CH_{1,85}$  (включая  $VOC$ , содержащиеся в топливных испарениях) ( $VOC$ ) – 2,4 г/кг.
3. Оксиды азота в пересчете на  $NO_2$  ( $NO_x$ ) – 5,8 г/кг.
4. Диоксид серы ( $SO_2$ ) – 0,54 г/кг.
5. Диоксид углерода ( $CO_2$ ) – 3120 г/кг.

Количественные значения сокращения выбросов основных вредных веществ в выбранных узлах рассматриваемого участка приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения сокращения выбросов основных вредных веществ при использовании полученных режимов работы

Наименование узла	$\Delta$ оксид углерода, т/год	$\Delta$ углеводороды, т/год	$\Delta$ оксид азота, т/год	$\Delta$ сернистый ангидрид, т/год
Узел №1	0,837	0,093	0,226	0,021
Узел №2	1,677	0,187	0,452	0,042
Узел №3	3,296	0,368	0,889	0,083
Узел №4	0,806	0,090	0,217	0,020
Узел №5	4,094	0,457	1,104	0,103
Узел №6	1,074	0,120	0,290	0,027
Узел №7	1,082	0,121	0,292	0,027
Узел №8	1,902	0,212	0,513	0,048
Узел №9	2,127	0,237	0,574	0,053
Узел №10	2,766	0,309	0,746	0,069

Согласно полученным данным, во всех выбранных узлах рассматриваемого участка происходит снижение вредных выбросов. Таким образом, при использовании полученных режимов в течение года, возможно снизить выброс оксида углерода на 19,6 т, углеводородов на 2,2 т, оксида азота на 5,3 т и сернистого ангидрида на 0,5 т.

### Выводы

Выполненная экологическая оценка разработанной системы управления в результате возникновения НДУ подтверждает рациональность ее применения, позволяет повысить эффективность управления городскими транспортными потоками и значительно снизить экологическую нагрузку в зоне влияния автомобильных дорог.

### Благодарности

Работа выполнена в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых - кандидатов наук и докторов наук МК-4803.2022.4.

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

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пугачев И.Н. Методология развития эффективного и безопасного функционирования транспортных систем городов. - Владивосток: Дальнаука, 2009. – 259 с.
2. Кравченко П.А. Организация и безопасность дорожного движения в больших городах // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2013. – №1(64). – С. 1-2.

3. Новиков А.Н., Новиков И.А., Шевцова А.Г. Современная оценка проблемы безопасности дорожного движения. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2021. – 108 с.
4. Старовойтов О.И. Безопасность дорожного движения - в центре внимания Минтранса // Транспорт Российской Федерации. – 2007. – №12(12). – С. 58-61.
5. Конопляно В.И., Зырянов В.В., Воробьев Ю.В. Основы управления автомобилем и безопасность дорожного движения: Учеб. пособие. – Москва: Высш. шк., 2005.
6. Блинкин М.Я., Решетова Е.М. Безопасность дорожного движения: история вопроса, международный опыт, базовые институты. – Москва: Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2013. – 240 с.
7. Пугачев И.Н., Каменчуков А.В., Ярмолинский В.А., Шешера Н.Г. Комплексный подход к повышению безопасности дорожного движения на основе анализа транспортно-эксплуатационного состояния автомобильной дороги // Дороги и мосты. – 2018. – №1(39). – С. 21.
8. Шевцова А.Г. Динамика реализации программы VISION ZERO в мировых странах // Мир транспорта и технологических машин. – 2021. – №3(74). – С. 35-42. – DOI 10.33979/2073-7432-2021-74-3-35-42.
9. Belin M., Vedung E., Tillgren P. Vision Zero – a road safety policy innovation // Int. J. Injury Control Saf. Promotion. – 2012. – №19(2). – P. 171-179.
10. Stigson H., Krafft M., Tingvall C. Use of fatal real-life crashes to analyze a safe road transport system model, including the road user, the vehicle, and the road // Traffic Injury Prevention. – 2008. – №9(5). – P. 463-471.
11. Elvik R. Can injury prevention efforts go too far? Reflections on some possible implications of Vision Zero for road accident fatalities // Accident Analysis and Prevention. – 1999. – №31(3). – P. 265-286.
12. Kim E., Muennig P., Rosen Z. Vision Zero as a toolkit for road safety // Injury Epidemiol. – 2017. – №4(1). – P. 1-9.
13. Larsson P., Dekker S.W.A., Tingvall C. The need for a systems theory approach to road safety // Saf. Sci. – 2010. – №48 (9). – P. 1167-1174.
14. Johansson R. Vision Zero – implementing a policy for traffic safety // Saf. Sci. – 2009. – №47(6). – P. 826-831.
15. Nihlén Fahlquist J. Responsibility ascriptions and Vision Zero // Accid. Prevent. Anal. – 2006. – №38(6). – P. 1113-1118.
16. Шевцова А.Г., Локтионова А.Г. Концепция «Vizion Zero», как основание повышения безопасности дорожного движения // Наукоемкие технологии и инновации (XXIV научные чтения): Сборник докладов Международной научно-практической конференции. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2021. – С. 233-237.
17. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года: утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 г. №3363-р
18. Shevtsova A.G., Novikov A.N., Silyanov V.V. Method of Urban Traffic Management // 2021 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications, Conference Proceedings. – Moscow. – 2021. – P. 9416113. – DOI 10.1109/IEEECONF51389.2021.9416113
19. Сильянов В.В., Новиков А.Н., Шевцова А.Г. Концепция эффективного управления городскими транспортными потоками как инструмент для развития национальной транспортной системы // XIV Всероссийская мультikonференция по проблемам управления МКУ-2021: Материалы XIV мультikonференции. – В 4 томах. – Т. 4. – Ростов-на-Дону - Таганрог: Южный федеральный университет, 2021. – С. 164-166.
20. Жанказиев С.В. Интеллектуальные транспортные системы: Учебное пособие. – Москва: Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), 2016. – 120с.
21. Новиков А.Н., Иващук О.А., Васильева В.В. Использование математических методов в системе мониторинга акустической среды г. Орла / под ред. А.Н. Новикова; сост. А.В. Севостьянина // Актуальные вопросы подготовки специалистов по направлению «Эксплуатация наземного транспорта и транспортного оборудования» в условиях рыночной экономики: Сборник научных статей международной научно-практической конференции – Орел: ФГБОУ ВО «ГУ-УНПК». – 2006. – С. 148-151.
22. Shevtsova A., Novikov A. Development of an approach to determination of coupling qualities of road covering using weather-climate factor // Journal of Applied Engineering Science. – 2021. – Vol. 19. – №1. – P. 30-36. – DOI 10.5937/jaes0-26642.

**Шевцова Анастасия Геннадьевна**

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Д.т.н., доцент

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

E-mail: shevcova-anastasiya@mail.ru

**Васильева Виктория Владимировна**

Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева

Адрес: 302026, Россия, г. Орел, ул. Комсомольская, 95

К.т.н., доцент, доцент кафедры сервиса и ремонта машин

E-mail: vivaorel57@gmail.com

---

A.G. SHEVTSOVA, V.V. VASILYEVA

**EVALUATING THE ENVIRONMENTAL PERFORMANCE OF  
TRANSPORTATION FLOWS UNDER CHANGING MANAGEMENT PLANS**

**Annotation.** As a result of changes in management plans when unsatisfactory weather conditions occur, traffic flow indicators change, which are mainly expressed by the magnitude of delay. The performed research allows us to quantitatively assess the change of environmental indicators such as sulfur dioxide, nitrogen oxides, hydrocarbons and carbon oxides on the central street in Belgorod, which, when translating the obtained results into annual indicators, shows the scale of reduction of harmful emissions.

**Keywords:** federal roads, local roads, unsatisfactory road conditions, road safety, delay value, environmental indicators

## BIBLIOGRAPHY

1. Pugachev I.N. Metodologiya razvitiya effektivnogo i bezopasnogo funktsionirovaniya transportnykh sistem gorodov. - Vladivostok: Dal'nauka, 2009. - 259 s.
2. Kravchenko P.A. Organizatsiya i bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya v bol'shikh gorodakh // Nauka i tekhnika v dorozhnoy otrasli. - 2013. - №1(64). - S. 1-2.
3. Novikov A.N., Novikov I.A., Shevtsova A.G. Sovremennaya otsenka problemy bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya. - Belgorod: BGTU im. V.G. Shukhova, 2021. - 108 s.
4. Starovoytov O.I. Bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya - v tsentre vnimaniya Mintransa // Transport Rossiyskoy Federatsii. - 2007. - №12(12). - S. 58-61.
5. Konoplyanko V.I., Zyryanov V.V., Vorob'ev Yu.V. Osnovy upravleniya avtomobilem i bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya: Ucheb. posobie. - Moskva: Vyssh. shk., 2005.
6. Blinkin M.Ya., Reshetova E.M. Bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya: istoriya voprosa, mezhdunarodnyy opyt, bazovye institutsii. - Moskva: Natsional'nyy issledovatel'skiy universitet «Vysshaya shkola ekonomiki», 2013. - 240 s.
7. Pugachev I.N., Kamenchukov A.V., Yarmolinskiy V.A., Sheshera N.G. Kompleksnyy podkhod k povysheniyu bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya na osnove analiza transportno-ekspluatatsionnogo sostoyaniya avtomobil'noy dorogi // Dorogi i mosty. - 2018. - №1(39). - S. 21.
8. Shevtsova A.G. Dinamika realizatsii programmy VISION ZERO v mirovykh stranakh // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2021. - №3(74). - S. 35-42. - DOI 10.33979/2073-7432-2021-74-3-35-42.
9. Belin M., Vedung E., Tillgren P. Vision Zero - a road safety policy innovation // Int. J. Injury Control Saf. Promotion. - 2012. - №19(2). - P. 171-179.
10. Stigson H., Krafft M., Tingvall C. Use of fatal real-life crashes to analyze a safe road transport system model, including the road user, the vehicle, and the road // Traffic Injury Prevention. - 2008. - №9(5). - R. 463-471.
11. Elvik R. Can injury prevention efforts go too far? Reflections on some possible implications of Vision Zero for road accident fatalities // Accident Analysis and Prevention. - 1999. - №31(3). - R. 265-286.
12. Kim E., Muennig P., Rosen Z. Vision Zero as a toolkit for road safety // Injury Epidemiol. - 2017. - №4(1). - R. 1-9.
13. Larsson P., Dekker S.W.A., Tingvall C. The need for a systems theory approach to road safety // Saf. Sci. - 2010. - №48 (9). - R. 1167-1174.
14. Johansson R. Vision Zero - implementing a policy for traffic safety // Saf. Sci. - 2009. - №47(6). - R. 826-831.
15. Nihl'n Fahlquist J. Responsibility ascriptions and Vision Zero // Accid. Prevent. Anal. - 2006. - №38(6). - R. 1113-1118.
16. Shevtsova A.G., Loktionova A.G. Kontseptsiya «Vizion Zero», kak osnovanie povysheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya // Naukoemkie tekhnologii i innovatsii (XXIV nauchnye chteniya): Sbornik dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Belgorod: BGTU im. V.G. Shukhova, 2021. - S. 233-237.
17. Transportnaya strategiya Rossiyskoy Federatsii do 2030 goda s prognozom na period do 2035 goda: utv. rasporyazheniem Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 27 noyabrya 2021 g. №3363-r
18. Shevtsova A.G., Novikov A.N., Silyanov V.V. Method of Urban Traffic Management // 2021 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications, Conference Proceedings. - Moscow. - 2021. - P. 9416113. - DOI 10.1109/IEEECONF51389.2021.9416113
19. Sil'yanov V.V., Novikov A.N., Shevtsova A.G. Kontseptsiya effektivnogo upravleniya gorodskimi transportnymi potokami kak instrument dlya razvitiya natsional'noy transportnoy sistemy // XIV Vserossiyskaya mul'tikonferentsiya po problemam upravleniya MKPU-2021: Materialy XIV mul'tikonferentsii. - V 4 tomakh. - T. 4. - Rostov-na-Donu - Taganrog: Yuzhnyy federal'nyy universitet, 2021. - S. 164-166.
20. ZHankaziev S.V. Intellektual'nye transportnye sistemy: Uchebnoe posobie. - Moskva: Moskovskiy avtomobil'no-dorozhnyy gosudarstvennyy tekhnicheskiiy universitet (MADI), 2016. - 120s.
21. Novikov A.N., Ivashchuk O.A., Vasil'eva V.V. Ispol'zovanie matematicheskikh metodov v sisteme monitoringa akusticheskoy sredy g. Orel / pod red. A.N. Novikova; sost. A.V. Sevost'yanikhina // Aktual'nye voprosy podgotovki spetsialistov po napravleniyu «Ekspluatatsiya nazemnogo transporta i transportnogo oborudovaniya» v usloviyakh rynochnoy ekonomiki: Sbornik nauchnykh statey mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii - Orel: FGBOU VO «GU-UNPK». - 2006. - S. 148-151.
22. Shevtsova A., Novikov A. Development of an approach to determination of coupling qualities of road covering using weather-climate factor // Journal of Applied Engineering Science. - 2021. - Vol. 19. - №1. - P. 30-36. - DOI 10.5937/jaes0-26642.

**Shevtsova Anastasia Gennadiyevna**  
Belgorod State Technological University  
Address: Russia, Belgorod, Kostyukova str., 46  
Doctor of technical sciences  
E-mail: shevcova-anastasiya@mail.ru

**Vasilyeva Victoria Vladimirovna**  
Orel State University  
Address: 302026, Russia, Orel, Komsomolskaya str., 95  
Candidate of technical sciences  
E-mail: vivaorel57@gmail.com

Научная статья

УДК 656.05

doi:10.33979/2073-7432-2023-3-1(82)-108-114

Л.Е. КУЩЕНКО, С.В. КУЩЕНКО, Л.А. КОРОЛЕВА, Д.И. ЛАПШИНА

## ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ ВОДИТЕЛЕЙ В РАЗЛИЧНЫХ СТРАНАХ МИРА

**Аннотация.** В статье рассмотрены особенности подготовки водителей в различных странах мира, включая Европейский союз и Российскую Федерацию. В работе проанализированы различные аспекты подготовки водителей, включая обязательные требования к обучению, количество часов обучения и прохождение тестов и экзаменов для получения водительского удостоверения. Безопасность на дорогах зависит не только от качества обучения в автошколах, соблюдения правил дорожного движения, но и ответственного поведения водителей на дорогах.

**Ключевые слова:** водительское удостоверение, автошкола, водитель, дорожно-транспортное происшествие, транспортное средство

### Введение

Ежегодно во всем мире в результате дорожно-транспортных происшествий (ДТП) погибают более 1 млн. человек. Повышение уровня безопасности дорожного движения (БДД) занимает одну из лидирующих позиций социально-экономического развития страны. ДТП возникают из-за ряда причин различного характера. Каждый компонент системы водитель-автомобиль-дорога-среда (ВАДС) с разной степенью оказывает влияние на вероятность возникновения ДТП [1-5]. Рассмотрим более подробно один из компонентов системы ВАДС – это водитель. В большей степени водитель играет главную роль при совершении ДТП. В связи с этим необходимо регулярно повышать квалификацию водителей и осуществлять качественную подготовку кандидатов в водители [6-11].

Автошколы в странах Европейского союза (ЕС) и Российской Федерации (РФ) имеют свои особенности в организации обучения и получении водительских прав. В ЕС существуют общие минимальные требования к организации обучения и получению водительских прав, которые регулируются европейскими директивами. Каждая страна-член ЕС может устанавливать свои дополнительные требования, но они должны соответствовать минимальным стандартам ЕС. Обучение в автошколе в ЕС, так же как в РФ обычно состоит из теоретической и практической частей [12-15]. Теоретическая часть включает в себя изучение правил дорожного движения, дорожных знаков и безопасности на дороге. В практическую часть входит езда на автомобиле в различных условиях, включая городской трафик, скоростные дороги и дороги с поворотами.

### Теория

В России процесс обучения в автошколе организуется в соответствии с Федеральным законом «О безопасности дорожного движения». Также существует возможность прохождения обучения на транспортном средстве с автоматической трансмиссией, в то время как в большинстве стран ЕС это не предусмотрено.

В РФ существуют различные категории водительских прав, включая категорию «А» для мотоциклов и категорию «Д» для автобусов, в то время как в большинстве стран ЕС есть только одна категория водительских прав, которая позволяет управлять легковыми автомобилями и некоторыми другими типами транспорта.



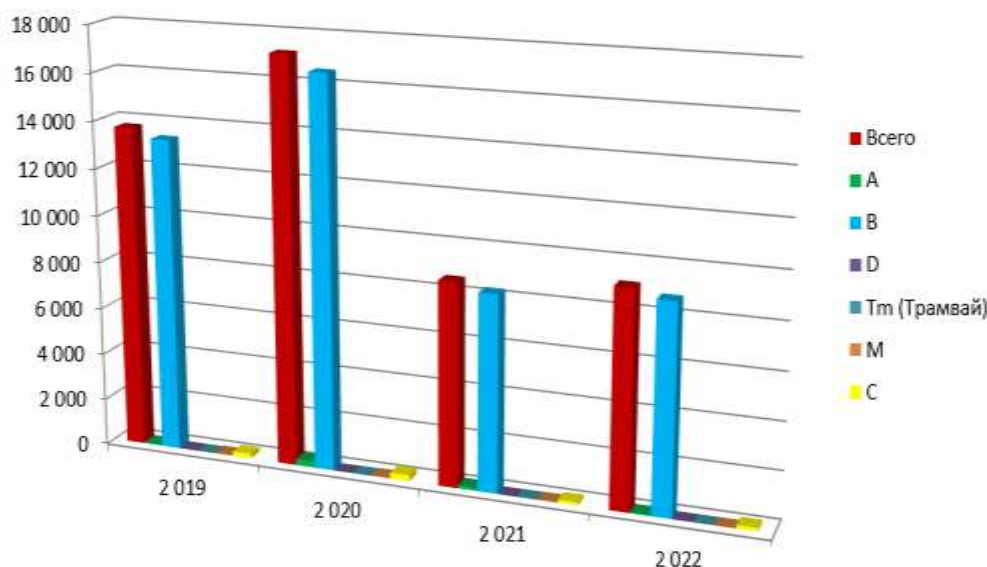


Рисунок 1 – Количество лиц, получивших водительское удостоверение в РФ

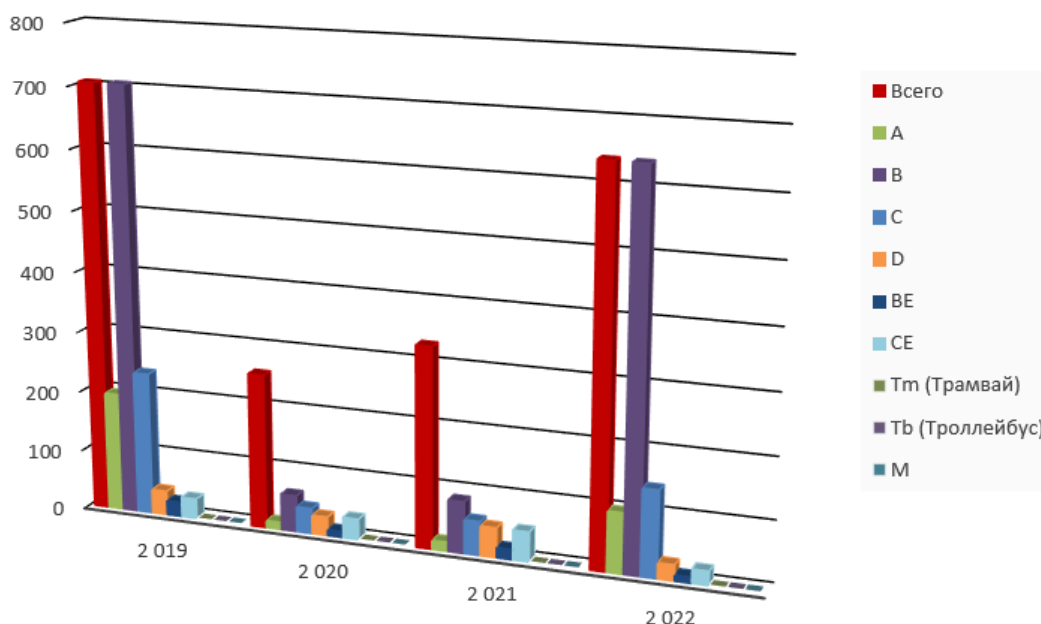


Рисунок 2 - Количество выданных международных водительских удостоверений

Приведенные гистограммы наглядно отражают статистику по количеству лиц, получивших водительские удостоверения на право управления транспортными средствами за последние четыре года. Данный анализ показывает, что количество лиц, получивших водительское удостоверение в РФ в 2020 году, составило около 17000 человек, касательно выданных международных водительских удостоверений в 2019 году было выдано около 700 удостоверений [11, 13].

#### Материал и методы

Рассмотрим алгоритмы получения водительского удостоверения (ВУ) в странах ЕС и в России. Для сравнительного анализа будут рассмотрены следующие страны: Германия, Австрия, Швеция и РФ.

Алгоритм получения водительского удостоверения в Германии, Австрии, Швеции и России имеет свои особенности.

Таблица 1 - Длительность теории и практики при подготовке кандидатов в водители

№ п/п	Страна	Теория	Длительность	Практика	Длительность
1.	Германия	+	40-50 час. 25-30 час.	+	3 час. Автомагистрали 5 час. за городом 3 час. в темное время суток
2.	Австрия	+	32 час.	+	13 час.
3.	Швеция	+	3 час. обяза- тельно	+	2-3 час. обязательно.
4.	Российская Федерация	+	130 час.	+	56 час.

Таблица 2 - Соотношение количества ДТП и стажа водителей

Стаж работы	Возраст водителей, годы											
	От 18 до 22		От 23 до 28		От 29 до 34		От 35 до 40		От 41 до 50		Свыше 50	
	абс	%	абс	%	абс	%	абс	%	абс	%	абс	%
до 1 года	169	19	26	3	18	2	9	1	-	-	-	-
от 1 до 3 лет	44	5	36	4	26	3	1	1	9	1	-	-
от 3 до 5 лет	-	-	6	3	9	1	9	1	9	1	-	-
от 5 до 10 лет	-	-	6	4	9	8	4	5	9	1	-	-
более 10 лет	-	-	9	1	4	5	5	1	6	0	86	0

Таблица 2 показывает распределение числа ДТП по возрасту и стажу работы водителей, %. Согласно таблице можно сделать вывод, что большее количество ДТП происходит, когда стаж работы водителя составляет менее одного года, а возраст от 18 до 22 лет [14].

В Германии обучение начинается в автошколе. Кандидаты должны пройти 14 часов теории и 12 часов практики, а затем сдать теоретический экзамен, который состоит из 30 вопросов, в течение 45 минут, а также решить 2 видеозадачи. Видеозадачи - это видеоролик, который можно просмотреть до 5 раз, после чего нужно выбрать правильный ответ на вопрос, заданный в ролике. Для успешного завершения теста, необходимо правильно ответить не менее 80 % на вопросы. После прохождения теоретического экзамена обучающийся вправе сдать практический экзамен, который длится от 45 до 60 минут и проводится на дорогах. Для допуска к сдаче практического экзамена кандидат должен предоставить тест на проверку зрения. Тест на проверку зрения является неотъемлемой частью прохождения комиссии, обычно, его можно пройти на курсе лекций оказания первой медицинской помощи или же у любого врача-офтальмолога. После успешного прохождения всех этапов водительское удостоверение будет выдано непосредственно в машине, выдается на 15 лет и должно быть обновлено после этого срока. Некоторые категории требуют дополнительного обучения и экзаменов. В Германии высокие требования к кандидатам, и учеба довольно длительная. В целом, стоимость получения водительского удостоверения составляет около 700-2000 евро (в зависимости от выбранной автошколы).

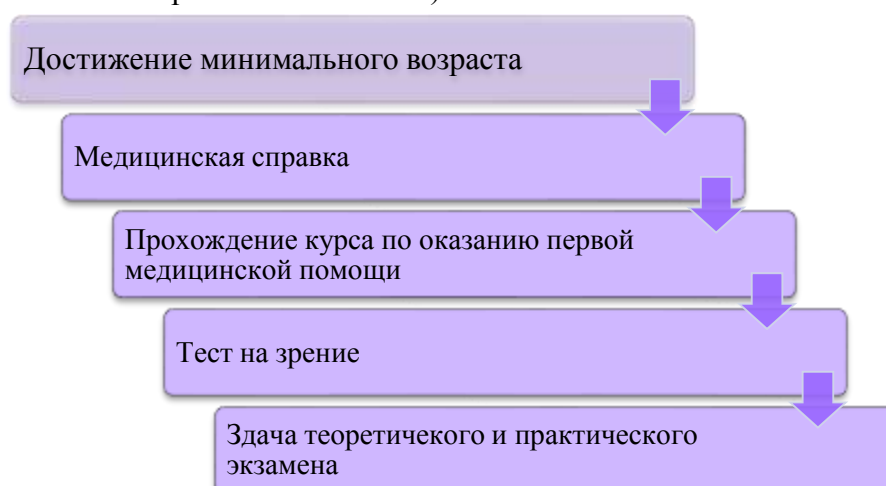


Рисунок 3 - Основные условия, для получения водительского удостоверения в Германии

В Австрии учеба в автошколе начинается с 17,5 лет, кандидаты должны пройти 32 часа теории и 13 часов практики, а также сдать экзамен на права. Однако, студенты могут самостоятельно выбрать интенсивность изучения теории, в зависимости от своих потребностей и возможностей. Доступны такие варианты, как обычный курс с двумя занятиями в неделю по 2 часа в течение 8 недель, интенсивный курс с 4 занятиями в неделю по 4 часа в течение 2 недель, или экспресс-курс, который предполагает занятия по 4 часа ежедневно в течение 8 дней. Также существует специальная программа L17, которая позволяет получить права в 17 лет. В Австрии также высокие требования к кандидатам и обучение довольно длительное. В случае успешной сдачи экзамена кандидат получает временные водительские права, которые действительны только на территории Австрии. Полноценное водительское удостоверение будет выслано по почте через несколько недель.

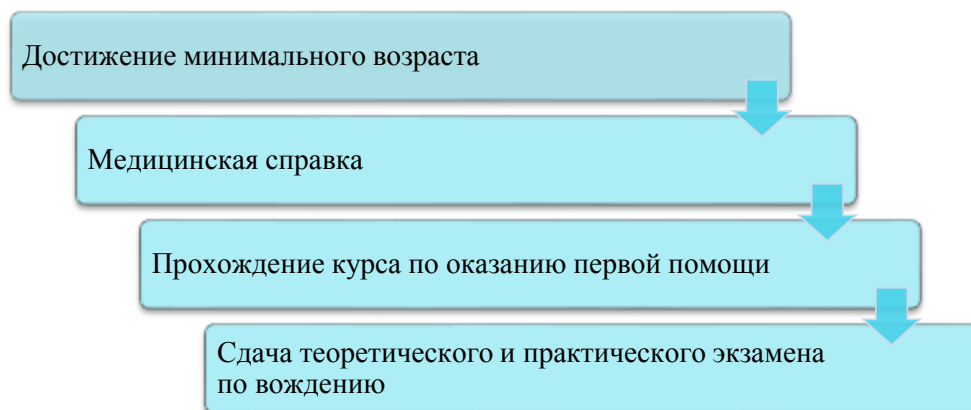


Рисунок 4 - Основные условия, для получения водительского удостоверения в Австрии

В Швеции, для того чтобы получить водительское удостоверение, есть несколько вариантов выбора автошколы: государственную или частную. Частный инструктор должен иметь специальное разрешение на право оказания такого рода услуг. Также есть возможность пригласить любого, кто владеет шведскими правами более пяти лет. В этом случае человек может стать инструктором и обучать кандидатов на водительские права. В Германии и Австрии также есть возможность выбора между государственными и частными автошколами. Однако, в России такой выбор отсутствует, и кандидаты обязаны обучаться только в государственных автошколах. В Швеции теорию изучают исключительно самостоятельно, по книгам. В свою очередь получить право на сдачу теории можно лишь после прохождения курсов по рискам вождения. Экзамен по теории состоит из 70 вопросов, правильно ответить нужно минимум на 52 из них. Особенностью обучения в Швеции является то, что кандидаты проходят специальное обучение по безопасности на дороге в зимнее время. Финансовые затраты будущего водителя достаточно велики. После успешного прохождения экзамена по вождению кандидат в водители получит протокол с результатами экзаменов, который будет действовать как временное водительское удостоверение до получения полноценных прав, которые пришлют почтой [16-17].

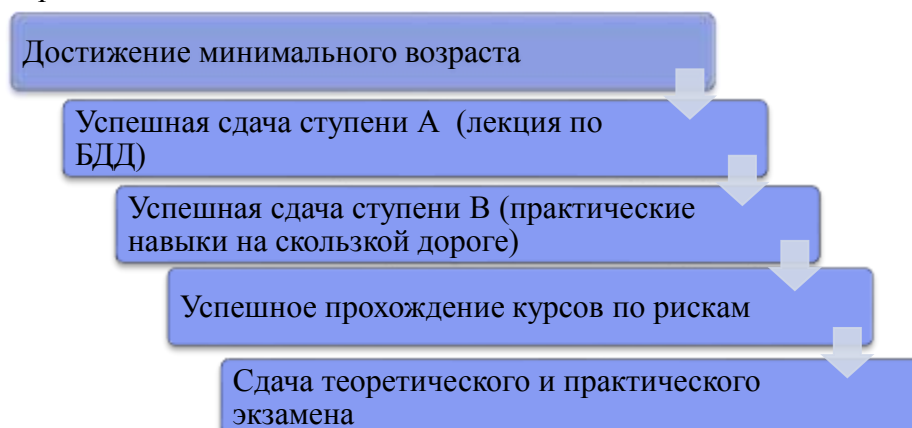


Рисунок 5 - Основные условия, для получения водительского удостоверения в Швеции

В России обучение начинается в специальных автошколах. Средняя продолжительность обучения вождению водителей категории «В» составляет 190 часов, из них 130 теоретических и 56 практических. Первоначальные навыки и упражнения маневрирования отрабатываются на автодроме, затем начинается вождение по городу. В рамках законодательной части, общий принцип подготовки и сдачи экзамена в РФ идентичен вышеупомянутым странам. Стоимость обучения в ЕС более высокая, чем в РФ. Стоимость обучения часто зависит от количества часов наката, требуемых для успешной сдачи экзамена по вождению кандидатом.

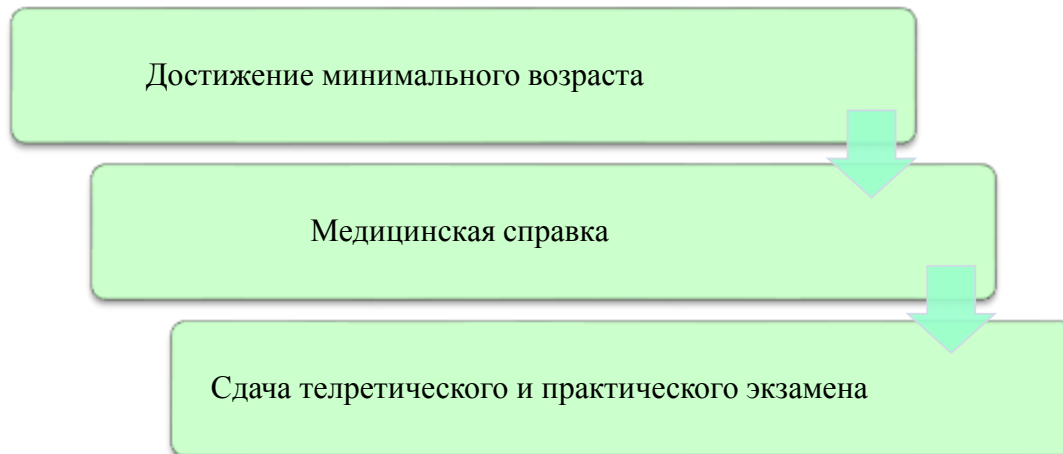


Рисунок 5 - Основные условия, для получения водительского удостоверения в Швеции

### **Результаты и обсуждение**

С учетом всех вышеперечисленных особенностей можно сказать, что из всех четырех стран, наиболее гибкими в выборе автошкол и способов обучения являются Швеция и Австрия. В Германии и России существует более строгий контроль со стороны государства в процессе обучения и получения водительского удостоверения. В целом, можно отметить, что основные отличительные черты в получении водительского удостоверения в разных странах - количество обязательных часов практики и теории, структура экзаменов и возможности выбора интенсивности обучения.

### **Выводы**

Таким образом, в Германии и Швеции уделяется большое внимание безопасности и экологичности вождения, в то время как в России и Австрии большее внимание уделяется овладению навыками управления автомобилем. Однако, нельзя однозначно сказать, что обучение в одной стране лучше, чем в другой. Все зависит от индивидуальных потребностей и возможностей кандидата на получение водительского удостоверения. Также, в каждой стране есть свои требования к продолжительности теоретического и практического обучения, количеству обязательных занятий, минимальному возрасту и требованиям к здоровью будущего водителя.

### **Благодарность**

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

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Кущенко Л.Е., Кущенко С.В., Новиков А.Н., Новиков И.А. Анализ существующих методов оценки вероятности возникновения ДТП на участках УДС города // Вестник гражданских инженеров. - 2021. - №2(85). - С. 222-232.
2. Гай Л.Е., Шутов А.И., Воля П.А., Кущенко С.В. Заторовые явления. Возможности предупреждения // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. - 2013. - №3. - С. 166-169.
3. Новиков И.А., Кущенко Л.Е., Новописный Е.А., Камбур А.С. Использование интеллектуальных транспортных систем для повышения качества организации дорожного движения // Мир транспорта и технологических машин. - Орел. - 2022. - №3.
4. Кущенко Л.Е., Новописный Е.А., Новиков А.Н., Камбур А.С. Статистический анализ вероятности возникновения дорожно-транспортных происшествий на основе данных интеллектуальных транспортных систем Белгородской агломерации // Вестник гражданских инженеров. - 2022. - №2(85). - С. 222-232.

5. Кущенко Л.Е., Шатова Ю.С. Обеспечение безопасности на автомобильном транспорте // Безпека на транспорті – основа ефективної інфраструктури: проблеми та перспективи: Сб. IV Міжнародної науково-практичної конференції. - Харьков. - 2019. – С. 24-27.
6. Korchagin V.A., Novikov A.N., Lyapin S.A., Novikov I.A., Konovalova V.A. Process modeling in the sub-system of traffic accident consequence liquidation // International Journal of Pharmacy and Technology. - Т. 8. - №3. - 2016. - P. 15262-15270.
7. Кущенко Л.Е. Кущенко С.В., Новиков И.А., Воля П.А. Организация дорожного движения: Учебное пособие. – Белгород: БГТУ, 2018. – 205 с.
8. Жанказиев С.В., Медведев В.Е., Соломатин А.В., Варламов О.О., Ивахненко А.М. Решение задачи регулирования дорожного движения на основе автоматизированной системы управления // В мире научных открытий. - Красноярск: Научно-инновационный центр, Проблемы науки и образования. - №2.6(26). - 2012 – С. 124-129.
9. Зырянов В.В., Кочерга В.Г., Поздняков М.Н. Современные подходы к разработке комплексных схем организации дорожного движения // Транспорт Российской Федерации. СПб. – №1. - 2011. - С. 28-33.
10. Власов А.А. Теория транспортных потоков: Монография. - Пенза: ПГУАС, 2014. - С. 124.
11. Kushchenko L., Kushchenko S., Novikov A. System for monitoring traffic parameters using intelligent transport systems // AIP Conference Proceedings. - 2021.
12. Молдалиев Э.Д. Влияние возраста и стажа водителя на риск возникновения ДТП // Экспериментальные и теоретические исследования в современной науке: сб. ст. по матер. 13 науч.-практ. конф. - №9(18). - Новосибирск: СибАК. - 2018. – С. 94-101.
13. Агеев Е.В., Виноградов Е.С. Совершенствование системы подготовки водителей категории «В», влияющий на безопасность дорожного движения // Мир транспорта и технологических машин. – 2019. – №4(67). – С. 104-111.
14. 17. Афанасьев М.Б., Клиновштейн Г.И., Мелкий В.А. Водителю о правилах и безопасности дорожного движения // М.: Транспорт, 1989. – 240 с.
15. 18. Якимов А.Ю. Совершенствование системы подготовки водителей автотранспортных средств на основе оптимального определения категорий (видов) водителей (с учетом отечественного и зарубежного опыта) // Безопасность дорожного движения: Сборник научных трудов. – Вып. 13. – М.: ФКУ НИЦ БДД МВД России 2013. – С. 128-138.
16. Виноградов Е.С. Формирование профессионально важных качеств водителя при использовании тренажерной подготовки // Организация и безопасность дорожного движения: матер. XIII Национал. науч.-практ. конф. – Тюмень. - 2020. – С. 278-282.
17. Агеев Е.В., Виноградов Е.С. Формирование водительских навыков в процессе профессиональной подготовки // Автомобили, транспортные системы и процессы: настоящее, прошлое и будущее: сборник статей 3-й Междунар. науч.-практ. конф. – Курск. - 2021. – С. 16-18.

**Кущенко Лилия Евгеньевна**

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: lily-041288@mail.ru

**Кущенко Сергей Викторович**

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: serega\_ku@mail.ru

**Королева Лилия Александровна**

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

**Лапшина Диана Ивановна**

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова  
Адрес: 308012, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова, 46  
Студент  
E-mail: dana.danilova.01@mail.ru

---

L.E. KUSHCHENKO, S.V. KUSHCHENKO, L.A. KOROLEVA, D.I. LAPSHINA  
**FEATURES OF DRIVER TRAINING IN VARIOUS COUNTRIES  
OF THE WORLD**

***Abstract.** The article discusses the peculiarities of driver training in various countries of the world, including the European Union and the Russian Federation. The paper analyzes various aspects of driver training, including mandatory training requirements, the number of hours of training and passing tests and exams to obtain a driver's license. Road safety depends not only on the quality*

*of training in driving schools, compliance with traffic rules and responsible behavior of drivers on the roads.*

**Keywords:** driver's license, driving school, driver, traffic accident, vehicle

## **BIBLIOGRAPHY**

1. Kushchenko L.E., Kushchenko S.V., Novikov A.N., Novikov I.A. Analiz sushchestvuyushchikh metodov otsenki veroyatnosti vozniknoveniya DTP na uchastkakh UDS goroda // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. - 2021. - №2(85). - S. 222-232.
2. Gay L.E., Shutov A.I., Volya P.A., Kushchenko S.V. Zatorovye yavleniya. Vozmozhnosti preduprezhdeniya // Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova. - 2013. - №3. - S. 166-169.
3. Novikov I.A., Kushchenko L.E., Novopisnyy E.A., Kambur A.S. Ispol'zovanie intellektual'nykh transportnykh sistem dlya povysheniya kachestva organizatsii dorozhnogo dvizheniya // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - Orel. - 2022. - №3.
4. Kushchenko L.E., Novopisnyy E.A., Novikov A.N., Kambur A.S. Statisticheskiy analiz veroyatnosti vozniknoveniya dorozhno-transportnykh proisshestviy na osnove dannykh intellektual'nykh transportnykh sistem Belgorodskoy aglomeratsii // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. - 2022. - №2(85). - S. 222-232.
5. Kushchenko L.E., Shatova YU.S. Obespechenie bezopasnosti na avtomobil'nom transporte // Bezpeka na transporti - osnova effektivnoi infrastrukturi: problemi ta perspektivi: Sb. IV Mizhnarodnoi nauko-vo-praktichnoi konferentsii. - Har'kov. - 2019. - S. 24-27.
6. Korchagin V.A., Novikov A.N., Lyapin S.A., Novikov I.A., Konovalova V.A. Process modeling in the sub-system of traffic accident consequence liquidation // International Journal of Pharmacy and Technology. - T. 8. - №3. - 2016. - R. 15262-15270.
7. Kushchenko L.E. Kushchenko S.V., Novikov I.A., Volya P.A. Organizatsiya dorozhnogo dvizheniya: Uchebnoe posobie. - Belgorod: BGTU, 2018. - 205 s.
8. ZHankaziev S.V., Medvedev V.E., Solomatin A.V., Varlamov O.O., Ivakhnenko A.M. Reshenie zadachi regulirovaniya dorozhnogo dvizheniya na osnove avtomatizirovannoy sistemy upravleniya // V mire nauchnykh otkrytiy. - Krasnoyarsk: Nauchno-innovatsionnyy tsentr, Problemy nauki i obrazovaniya. - №2.6(26). - 2012 - S. 124-129.
9. Zyryanov V.V., Kocherga V.G., Pozdnyakov M.N. Sovremennye podkhody k razrabotke kompleksnykh skhem organizatsii dorozhnogo dvizheniya // Transport Rossiyskoy Federatsii. SPb. - №1. - 2011. - S. 28-33.
10. Vlasov A.A. Teoriya transportnykh potokov: Monografiya. - Penza: PGUAS, 2014. - C. 124.
11. Kushchenko L., Kushchenko S., Novikov A. System for monitoring traffic parameters using intelligent transport systems // AIP Conference Proceedings. - 2021.
12. Moldaliev E.D. Vliyaniye vozrasta i stazha voditelya na risk vozniknoveniya DTP // Eksperimental'nye i teoreticheskie issledovaniya v sovremennoy nauke: sb. st. po mater. 13 nauch.-prakt.konf. - №9(18). - Novosibirsk: SibAK. - 2018. - S. 94-101.
13. Ageev E.V., Vinogradov E.S. Sovershenstvovanie sistemy podgotovki voditeley kategorii «V», vliyayushchiy na bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2019. - №4(67). - S. 104-111.
14. 17. Afanas'ev M.B., Klinkovshcheyn G.I., Melkiy V.A. Voditelyu o pravilakh i bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya // M.: Transport, 1989. - 240 s.
15. 18. Yakimov A.Yu. Sovershenstvovanie sistemy podgotovki voditeley avtomototransportnykh sredstv na osnove optimal'nogo opredeleniya kategoriy (vidov) voditeley (s uchetom otechestvennogo i zarubezhnogo opyta) // Bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya: Sbornik nauchnykh trudov. - Vyp. 13. - M.: FKU NITS BDD MVD Rossii 2013. - C. 128-138.
16. Vinogradov E.S. Formirovaniye professional'no vazhnykh kachestv voditelya pri ispol'zovanii trenazhernoy podgotovki // Organizatsiya i bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya: mater. VIII Natsional. nauch.-prakt. konf. - Tyumen'. - 2020. - S. 278-282.
17. Ageev E.V., Vinogradov E.S. Formirovaniye voditel'skikh navykov v protsesse professional'noy podgotovki // Avtomobili, transportnye sistemy i protsessy: nastoyashchee, proshloe i budushchee: sbornik statey 3-y Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. - Kursk. - 2021. - S. 16-18.

### **Kushchenko Liliya Evgen'evna**

Belgorod state technological university (BSTU)  
Address: 308012, Russia, Belgorod, Kostyukova str., 46  
Candidate of technical science  
E-mail: lily-041288@mail.ru

### **Kushchenko Sergey Viktorovich**

Belgorod state technological university (BSTU)  
Address: 308012, Russia, Belgorod, Kostyukova str., 46  
Candidate of technical science  
E-mail: serega\_ku@mail.ru

### **Koroleva Liliya Aleksandrovna**

Belgorod state technological university (BSTU)  
Address: 308012, Russia, Belgorod, Kostyukova str., 46  
Graduate student  
E-mail: koroleva\_liliy@mail.ru

### **Lapshina Diana Ivanovna**

Belgorod state technological university (BSTU)  
Address: 308012, Russia, Belgorod, Kostyukova str., 46  
Student  
E-mail: dana.danilova.01@mail.ru

Научная статья

УДК 339.137.21:656

doi:10.33979/2073-7432-2023-3-1(82)-115-123

М.В. ВЛАСОВА, Н.А. БАТУРИНА, Л.А. ПАШКЕВИЧ

## ОЦЕНКА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ КОМПАНИИ

**Аннотация.** Изучены факторы конкурентоспособности предприятия в сфере сервиса. Проведена комплексная оценка конкурентоспособности транспортно-логистического предприятия по двум направлениям. Первое направление - оценка операционной эффективности предприятия и стратегического позиционирования. Второе направление - оценка сильных и слабых сторон организации, а также возможностей и угроз со стороны внешней окружающей среды (SWOT-анализ).

**Ключевые слова:** конкурентоспособность, факторы, транспортно-логистическое предприятие, оценка

### Введение

Проблема конкурентоспособности в современных условиях является актуальной. Экономические и социальные аспекты жизни на прямую зависят от успешного и эффективного решения данной проблемы. Формирование конкурентных преимуществ становится первоочередной задачей деятельности, как предприятия, так и страны в целом. В современных условиях, когда рынок товаров и услуг насыщен и переполнен, особый акцент делается на формировании инновационных технологий с целью достижения лидирующих позиций на рынке и повышения конкурентоспособности.

Конкурентоспособность предприятия определяется совокупностью факторов: качество услуг, уровень квалификации персонала, наличие результативной стратегии маркетинга, технологическая оснащенность производственного процесса, наличие источников финансирования. В целях повышения конкурентоспособности необходимо выбрать факторы, оказывающие ключевое влияние на уровень конкурентоспособности предприятия. Улучшение сразу всех факторов невозможно и нецелесообразно. Для каждого конкретного предприятия процесс повышения конкурентоспособности индивидуален и уникален. Поэтому проведение оценки конкурентоспособности сервисного предприятия с целью разработки технологий по становлению конкурентоспособной компании является весьма актуальным.

Объект исследования является Общество с ограниченной ответственностью «Агро-Авто» (транспортно-логистическая компания в составе X5 Retail Group).

Цель исследования является комплексная оценка конкурентоспособности сервисного предприятия.

### Материал и методы

Методической основой являются методы системного и комплексного подходов; метод группировок; метод сравнительных оценок; методы социологических исследований; статистический методы; методы рейтинговой оценки; SWOT-анализ.

### Теория / Расчет

В экономической литературе, посвященной вопросам конкурентоспособности, все факторы конкурентоспособности предприятия разделены на группы: внешние и внутренние.

К внешним факторам можно отнести внешнее окружение организации, уровень развития науки и образования, уровень развития экономики региона и отрасли. К внутренним факторам конкурентоспособности относят: уровень управления в организации, потенциал предприятия, уровень научно-технического развития предприятия, квалификация персонала организации.

На рисунке 1 представлены факторы конкурентоспособности предприятия сферы сервиса в зависимости от разных критериев.



Положительные факторы дают компании конкурентные преимущества, а соответственно, отрицательные факторы создают компании конкурентные проблемы.

Конкурентоспособность сервисного предприятия складывается под влиянием таких факторов:

- факторы внешней среды организации;
- факторы внутренней среды организации;
- межсистемные факторы взаимодействия.

Факторы внешней среды существенно влияют на конкурентоспособность предприятия. При этом факторы внешней среды можно разделить на два уровня: макро- и микроуровень. К факторам макроуровня относится уровень развития науки и техники, политика государства в рыночной сфере, система ценностей в обществе и другие. К факторам микроуровня относится степень насыщенности рынка товарами (услугами), уровень логистической инфраструктуры и конкуренции, поведение и желания потребителей и другие. Так при низком уровне насыщения потребительского рынка конкурентоспособность участников может быть высокой несмотря на невысокий уровень сервиса.



*Рисунок 1 – Факторы конкурентоспособности предприятия*

К факторам внутренней среды организации можно отнести потенциал предприятия и способность управлять своими материальными и нематериальными активами. Потенциал организации определяется такими составляющими, как организационные, технологические, интеллектуальные, инновационные, логистические, кадровые и другие. Конкурентоспособность организации в сфере сервиса определяется не только уровнем потенциала, но и наличие у компании уникальных преимуществ, позволяющих выделиться на рынке. Не менее важное значение имеет такой фактор внутренней среды, как прочность взаимоотношений с потребителями и клиентами. Создание прочных связей с в рамках логистической системы позволяет участникам получать конкурентные преимущества за счет использования потенциала

и сильных сторон друг друга. Таким образом, конкурентоспособность сервисного предприятия складывается из факторов внутренней и внешней среды, образующих систему.

Анализ факторов конкурентоспособности предприятия позволяет компании разрабатывать мероприятия по повышению конкурентоспособности и тем самым достигать преимуществ на рынке по сравнению с конкурентами.

### ***Результаты и обсуждение***

В составе X5 Group работает транспортная компания X5 Logistics (ООО «Агро-Авто»), включающая в себя более 25 автотранспортных предприятий и более 15 логистических площадок (кросс-докинг). Собственный автопарк состоит из более чем 4000 единиц транспортных средств различного тоннажа. Грузовой транспорт компании совершает более 1,5 млн. рейсов в год. В настоящий момент компания доставляет заказы более чем в 16 000 точек разгрузки во всех регионах России, обслуживая как торговые сети X5 Group, так и внешних заказчиков.

В своей работе ООО «Агро-Авто» применяет высокие стандарты качества в области сроков доставки, сохранности грузов, соблюдения температурных режимов и правил товарного соседства. Транспортировка грузов осуществляется транспортными средствами рефрижераторного типа. Для отслеживания перемещения грузов все транспортные средства снабжены датчиками слежения, что дает возможность следить за движением груза в реальном режиме времени. Кроме того, автопарк снабжен датчиками температурного режима и открытия-закрытия дверей, что помогает не допустить порчи товаров.

Анализ конкурентоспособности ООО «Агро-Авто» проводился по двум направлениям:

- оценка операционной эффективности предприятия и стратегического позиционирования;
- оценка сильных и слабых сторон организации, а также возможностей и угроз со стороны внешней окружающей среды (SWOT-анализ).

Конкурентоспособность предприятия в современных экономических условиях является обобщающей характеристикой функционирования предприятия, отражающая эффективность использования имеющихся ресурсов по сравнению с эффективностью их использования конкурентами. Эффективность использования экономических ресурсов может быть представлена в виде оценки операционной эффективности предприятия и стратегического позиционирования. Однозначно, что такая оценка должна проводиться путем сравнения с соответствующими показателями конкурентов.

Согласно общероссийскому рейтингу «TransRussia» лидерами отрасли в области транспортно-логистических услуг являются ООО «Деловые Линии», ПАО «ТрансКонтейнер» и X5 Logistics (ООО «Агро-Авто»).

ООО «Деловые Линии» - ведущий транспортно-логистический оператор России. Занимает первое место (свыше 26 % рынка) в сегменте сборных грузов (Infranews) и первое место по объему складских площадей (Knight Frank). География доставки - более 90 % населенных пунктов в России, а также Белоруссия, Казахстан, Киргизия и Армения. Обладает крупнейшим на рынке собственным автопарком: свыше 4000 машин. Работает в сегментах LTL, FTL и комплексных логистических услуг 3PL. Сеть терминалов насчитывает более 280 подразделений в 181 городе России.

ПАО «ТрансКонтейнер»-лидер контейнерной железнодорожной логистики в Евразии, оперирующий крупнейшим в России парком контейнеров и фитинговых платформ на всей сети железных дорог стандарта 1520. У Общества есть уникальный опыт эффективного управления парком на более чем 300 000 маршрутов в России и за рубежом, а также реализации комплексных транспортно-логистических решений «от двери до двери», позволяющих доставить контейнерный груз в любой пункт назначения России, стран СНГ, Европы и Азии.

Таким образом, основным конкурентом ООО «Агро-Авто» является ООО «Деловые Линии», поскольку является ведущим транспортно-логистическим оператором России в сфере автомобильных перевозок. ПАО «ТрансКонтейнер» лидер в области контейнерной железнодорожной логистики, поэтому не является конкурентом для ООО «Агро-Авто».

В таблице 1 и таблице 2 приведены основные финансовые результаты деятельности ООО «Агро-Авто» и ООО «Деловые Линии» за последние 6 лет.

В процессе анализа деятельности предприятия можно выделить два источника конкурентоспособности: операционная эффективность и стратегическое позиционирование.

Таблица 1 – Финансовые результаты деятельности ООО «Агро-Авто»

Год	Общая прибыль, тыс. рублей	Расходы, тыс. рублей	Чистая прибыль, тыс. рублей
2016	12 317 703	11 493 544	+824 159
2017	20 401 859	19 120 954	+ 1 280 905
2018	24 529 795	27 686 068	- 3 156 273
2019	28 039 784	27 741 258	+ 298 526
2020	31 268 979	30 457 570	+ 811 409
2021	36 054 338	35 916 243	+ 138 095

Таблица 2 – Финансовые результаты деятельности ООО «Деловые Линии»

Год	Общая прибыль, тыс. рублей	Расходы, тыс. рублей	Чистая прибыль, тыс. рублей
2016	21 914 176	21 752 346	+161 830
2017	28 269 513	27 469 451	+800 062
2018	32 311 877	32 189 856	+122 021
2019	33 449 019	32 019 438	+1 429 581
2020	33 481 713	33 148 944	+332 769
2021	40 843 883	39 968 227	+875 656

Операционная эффективность подразумевает выполнение идентичных видов деятельности лучше, чем это делают конкуренты, обеспечивая получение прибыли. Значит, главным критерием данного показателя является прибыль предприятия. В этой ситуации наиболее универсальным и емким является показатель операционной эффективности, который рассчитывается как отношение общей прибыли к расходам предприятия.

Стратегическое позиционирование означает выполнение видов деятельности, обеспечивающих уникальность создаваемой потребительской стоимости и заключается в создании исключительных и выгодных позиций по сравнению с конкурентами. Основным показателем стратегического позиционирования является занимаемая доля рынка.

В таблице 3 представлены расчеты индексов операционной эффективности и стратегического позиционирования.

Показатель операционной эффективности имеет область допустимых значений и не может быть меньше нуля. Если показатель операционной эффективности меньше единицы, то расходы превышают прибыль, что свидетельствует об убыточности деятельности предприятия. Деятельность предприятия прибыльна, если данный показатель больше единицы.

Анализ операционной эффективности деятельности ООО «Агро-Авто» показал, что предприятие является прибыльным и эффективным за последние 5 лет, за исключением 2018 года. В 2018 году расходы предприятия превышали общую прибыль, что свидетельствует об убыточности ООО «Агро-Авто».

Оценка операционной эффективности ООО «Деловые линии» показала, что деятельность компании является прибыльной за весь анализируемый период.

Для сравнительной оценки операционной эффективности предприятий необходимо сопоставить показатели операционной эффективности ООО «Агро-Авто» с аналогичными показателями конкурента. В таблице 4 представлены расчеты коэффициентов конкурентоспособности и дана их оценка за последние 5 лет.

Таблица 3 – Анализ операционной эффективности и стратегического позиционирования

Год	Индекс операционной эффективности предприятия (r)	Индекс операционной эффективности предприятия-конкурента (R)	Индекс стратегического позиционирования предприятия (i)	Индекс стратегического позиционирования предприятия-конкурента (I)
2016	1,072	1,007	-	-
2017	1,067	1,029	1,656	1,290
2018	0,886	1,004	1,202	1,143
2019	1,011	1,045	1,143	1,035
2020	1,027	1,011	1,115	1,001
2021	1,004	1,022	1,153	1,220

Таблица 4 – Оценка конкурентоспособности предприятия

Год	Коэффициент операционной эффективности (K <sub>r</sub> )	Коэффициент стратегического позиционирования (K <sub>i</sub> )	Конкурентоспособность предприятия (K <sub>1</sub> )	Коэффициент эффективности деятельности предприятия (K <sub>i</sub> )	Коэффициент эффективности деятельности предприятия-конкурента (K <sub>1</sub> )	Показатель конкурентоспособности предприятия (K <sub>2</sub> )
2017	1,037	1,133	1,175	1,373	1,169	1,175
2018	0,882	1,025	0,904	0,971	1,073	0,905
2019	0,967	1,051	1,016	1,081	1,063	1,017
2020	1,016	1,055	1,072	1,084	1,012	1,071
2021	0,982	0,972	0,955	1,078	1,129	0,955

Изменение показателей конкурентоспособности ООО «Агро-Авто» за последние 5 лет представлена на рисунке 2. Если показатель конкурентоспособности меньше единицы, то конкурентоспособность предприятия ниже конкурента. Когда показатель конкурентоспособности больше единицы, то конкурентоспособность компания выше, чем у конкурента. Если коэффициент конкурентоспособности равен единице, то конкурентоспособность предприятия идентична конкурентоспособности конкурента.

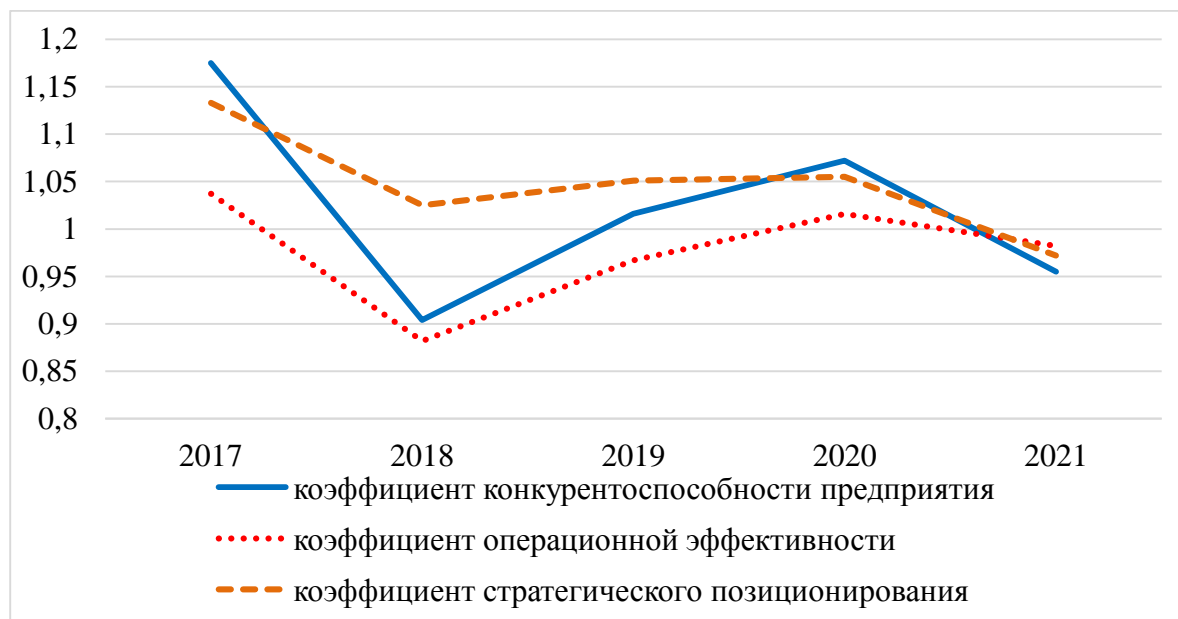


Рисунок 2 – Динамика показателей конкурентоспособности ООО «Агро-Авто»

Анализ показателей конкурентоспособности показал, что в 2018 году произошел резкий спад конкурентоспособности, что обусловлено прежде всего спадом оборота предприятия. В 2019 и 2020 годах наблюдается рост конкурентоспособности ООО «Агро-Авто», однако он не достиг уровня 2017 года. В 2021 году тенденция снижения конкурентоспособности продолжи-

лась и в 2021 году коэффициент конкурентоспособности составил 0,955, что свидетельствует о том, что конкурентоспособность ООО «Агро-Авто» ниже ООО «Деловые Линии».

Для анализа конкурентоспособности ООО «Агро-Авто», исследуем его сильные и слабые стороны с помощью SWOT-анализа. Данный подход позволяет выделить наиболее важные возможности и угрозы, сложившиеся на рынке (табл. 5). SWOT-анализ позволяет разработать стратегию для дальнейшего развития компании на рынке транспортно-логистических услуг, выявить какие факторы внешней среды влияют на предприятие и конкурентов, какие факторы внутренней среды организации тормозят развитие предприятия.

Таблица 5 – SWOT-анализ ООО «Агро-Авто»

	Сильные стороны	Слабые стороны
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Стабильное финансовое положение</li> <li>2. Большой опыт работы на рынке</li> <li>3. Высокая география присутствия в России</li> <li>4. Перевозки любых видов грузов</li> <li>5. Большой автопарк</li> <li>6. Широкий спектр оказываемых услуг</li> <li>7. Гарантия сохранности грузов и высокий сервис обслуживания</li> <li>8. Прогрессивные технологии</li> <li>9. Электронный документооборот</li> <li>10. Предприятие имеет постоянного заказчика в лице компании X5 RetailGroup</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отсутствие международных перевозок</li> <li>2. Перевозки только автомобильным транспортом</li> <li>3. Не оказывают полный спектр транспортно-логистических услуг</li> <li>4. Отсутствуют долгосрочные контракты с заказчиками</li> <li>5. Сайт предприятия мало информативен</li> <li>6. Зависимость от стабильности основного заказчика услуг (X5 RetailGroup)</li> </ol>
	Возможности	Угрозы
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сокращение конкурентов в связи с уходом с рынка более слабых конкурентов</li> <li>2. Увеличение числа перевозок как следствие программы импортозамещения</li> <li>3. Появление новых маршрутов доставки товаров</li> <li>4. Расширение спектра оказываемых услуг</li> <li>5. Внедрение инновационных технологий в транспортно-логистический процесс</li> <li>6. Расширение клиентской базы за счет стран, не поддерживающие санкции против России</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Увеличение затрат на содержание автопарка</li> <li>2. Введение дополнительных налогов на проезд по транспортным магистралям</li> <li>3. Снижение спроса в связи с нестабильной экономической ситуацией</li> <li>4. Ужесточение законодательства по регулированию грузоперевозок</li> <li>5. Рост цен на горючие материалы</li> <li>6. Высокая конкуренция</li> </ol>

SWOT-анализ показывает, что у ООО «Агро-Авто» много сильных сторон, которые обеспечивают стабильность и финансовую устойчивость компании. Предприятие имеет более 20 лет успешной работы, более 4000 автомашин, более 25 автотранспортных предприятий, более 15 логистических площадок.

Транспортировка осуществляется любых грузов практически во все города России. ООО «Агро-Авто» активно использует инновационные технологии и электронный документооборот с помощью специальных приложений. Кроме того, предприятие является единственным заказчиком услуг компании X5 RetailGroup. Многолетнее партнерство с данной компанией является сильной стороной для ООО «АгроАвто», это обеспечивает стабильность, минимальные риски, обеспеченность работой.

Однако зависимость от заказчика X5 RetailGroup является и слабой стороной ООО «Агро-Авто». При отсутствии спроса у заказчика, банкротства или других проблем, аналогичные проблемы возникнут у ООО «Агро-Авто». Кроме того, к числу слабых сторон предприятия можно отнести отсутствие услуг в сфере международных перевозок, перевозка только автомобильным транспортом, отсутствие долгосрочных контрактов с заказчиками и самое главное компания не оказывает полный комплекс логистических услуг (3PL, 4PL).

### **Выводы**

Таким образом, исходя из слабых и сильных сторон организации можно рассмотреть возможности и угрозы внешней среды, которые существуют у компании. Среди возможностей организации можно выделить следующие: расширение клиентской базы за счет осуществления международных перевозок в страны, не поддерживающие санкции против России; расширение спектра оказываемых услуг (3PL, 4PL) и конечно внедрение инновационных, прежде всего информационных технологий, во всю логистическую цепочку.

Среди угроз компании можно выделить снижение спроса на оказываемые услуги в связи с нестабильной экономической ситуацией; увеличение расходов на содержание автопарка в связи с ростом цен на горючие материалы и запчасти, ужесточение законодательства по регулированию грузоперевозок и самое главное высокая конкуренция на рынке транспортно-логистических услуг.

Анализ конкурентоспособности ООО «Агро-Авто» показал, что основным конкурентом ООО «Агро-Авто» является ООО «Деловые Линии», поскольку компания выступает ведущим транспортно-логистическим оператором России в сфере автомобильных перевозок. ПАО «ТрансКонтейнер» лидер в области контейнерной железнодорожной логистики, поэтому не является конкурентом для ООО «Агро-Авто». В процессе анализа деятельности предприятия можно выделить два источника конкурентоспособности: операционная эффективность и стратегическое позиционирование. Анализ показателей конкурентоспособности показал, что в 2018 году произошел резкий спад конкурентоспособности, что обусловлено прежде всего спадом оборота предприятия. В 2019 и 2020 годах наблюдается рост конкурентоспособности ООО «Агро-Авто», однако он не достиг уровня 2017 года. В 2021 году тенденция снижения конкурентоспособности продолжилась и в 2021 году коэффициент конкурентоспособности составил 0,955, что свидетельствует о том, что конкурентоспособность ООО «Агро-Авто» ниже ООО «Деловые Линии».

SWOT-анализ показывает, что у ООО «Агро-Авто» много сильных сторон, которые обеспечивают стабильность и финансовую устойчивость компании. Однако зависимость от заказчика X5 RetailGroup является и слабой стороной ООО «Агро-Авто». При отсутствии спроса у заказчика, банкротства или других проблем, аналогичные проблемы возникнут у ООО «Агро-Авто». Кроме того, к числу слабых сторон предприятия можно отнести отсутствие услуг в сфере международных перевозок, перевозка только автомобильным транспортом, отсутствие долгосрочных контрактов с заказчиками и самое главное компания не оказывает полный комплекс логистических услуг (3PL, 4PL).

Таким образом, исходя из слабых и сильных сторон организации можно рассмотреть возможности и угрозы внешней среды, которые существуют у компании. Среди возможностей организации можно выделить следующие: расширение клиентской базы за счет осуществления международных перевозок в страны, не поддерживающие санкции против России; расширение спектра оказываемых услуг (3PL, 4PL) и конечно внедрение инновационных, прежде всего информационных технологий, во всю логистическую цепочку.

Среди угроз компании можно выделить снижение спроса на оказываемые услуги в связи с нестабильной экономической ситуацией; увеличение расходов на содержание автопарка в связи с ростом цен на горючие материалы и запчасти, ужесточение законодательства по регулированию грузоперевозок и самое главное высокая конкуренция на рынке транспортно-логистических услуг.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Бабин В.В., Мажорина А.С. Анализ конкурентоспособности предприятий сервиса // Образование и наука без границ: социально-гуманитарные науки. – 2022. – №17. – С. 115-119.
2. Бочарова Ю.О. Развитие логистического сервиса как фактор повышения конкурентоспособности организации // Социально-экономические явления и процессы. - 2013. - №5(51). - С. 43-47.
3. Брагин И.В. Сервисное обслуживание как фактор повышения конкурентоспособности предприятия // Производственный менеджмент: теория, методология, практика. – 2016. - №5. – С. 137-140.

4. Власова М.В., Полинкова Н.Э. Развитие логистического сервиса в современных условиях // Современная наука и образование: сборник материалов Международной научно-практической конференции. – Кемерово: ЗапсибНЦ, 2022. – С. 27-29.
5. Ветров А.С., Душевина Е.М. Оценка конкурентоспособности предприятий сферы сервиса // Наука и бизнес: пути развития. – 2014. - №11(41). – С. 49-53.
6. Дарбаева А.Е., Шестакова Е.В. Теоретические аспекты конкурентоспособности предприятий сферы сервиса // Актуальные вопросы экономических наук. – 2015. – №47. – С.244-248.
7. Иванова Е.В. Развитие интермодальных логистических сервисов // Молодой ученый. – 2022. – №4(399). – С. 48-50.
8. Лысова Е.А., Нечаева М.Л. Управление конкурентоспособностью организаций на основе повышения качества услуг // Экономический анализ: теория и практика. – 2019. – №10(493). – С. 1894-1915.
9. Малыгина Н.А. Применение логистических принципов в сфере сервиса и туристских услуг // Вестник Поволжского государственного университета сервиса. – 2011. – №4(18). – С.54-59.
10. Маракулин М.В. Оптимизация структуры компании в целях повышения конкурентоспособности // Маркетинг в России и за рубежом. – 2013. – №1. – С. 25-26.
11. Полинкова Н.Э., Власова М.В. Значение сервиса в условиях конкуренции // Образование и наука: актуальные вопросы и перспективы развития: сборник материалов Международной научно-практической конференции. – Кемерово: ЗапсибНЦ, 2022. – С. 32-35.
12. Псарева М.К., Семенова Е.Е. Перспективы развития логистической системы (на примере предприятий международных грузовых авиаперевозок) // Образование и наука без границ: социально-гуманитарные науки. – 2022. - №17. – С. 127-130.
13. Сиразетдинова А.Ф. Логистический сервис в современных транспортно-логистических компаниях // Вестник транспорта. – 2021. – №1. – С. 43-44.
14. Степанова М.А., Семенова Е.Е., Макарова Т.Н. Логистический сервис как основа эффективности и конкурентоспособности предприятия // Вестник ОрелГИЭТ. – 2020. – №3(53). – С.33-39.
15. Ulitskaya N., Ivanova N., Sokolova N. Study of the basis of the development of the digital transformation of transport and logistics service // Интернаука. – 2022. - №25-3 (248). – С.57-64.
16. Yergaliyev R., Raimbekov Zh. Creation of an information and logistics service center as a factor of increasing logistic service // Bulletin of Karaganda University. Economy Series. - 2017. - Т.87. - №3. - С.172-177.
17. ООО«Агро-Авто» - официальный сайт [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://logistics.x5.ru/>.
18. ООО «Деловые Линии» - официальный сайт [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.dellin.ru/>.
19. X5 Group – официальный сайт [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.x5.ru/ru/>.
20. Rusprofile - сервис проверки и анализа контрагентов [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.rusprofile.ru/>.
21. Формирование системы логистического сервиса на предприятии [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://elib.sfu-kras.ru/handle/2311/67913>.

**Власова Марина Валерьевна**

Среднерусский институт управления – филиал РАНХиГС

Адрес: 302028, Россия, Орел, ул. Октябрьская, 12

К.т.н., доцент, доцент кафедры пищевых технологий, сервиса, торгового и таможенного дела

E-mail: maxusx1982@mail.ru

**Батурина Наталья Анатольевна**

Среднерусский институт управления – филиал РАНХиГС

Адрес: 302028, Россия, Орел, ул. Октябрьская, 12

К.т.н., доцент, доцент кафедры пищевых технологий, сервиса, торгового и таможенного дела

E-mail: nata.baturina2013@yandex.ru

**Пашкевич Людмила Аркадьевна**

Среднерусский институт управления – филиал РАНХиГС

Адрес: 302028, Россия, Орел, ул. Октябрьская, 12

К.т.н., доцент, доцент кафедры пищевых технологий, сервиса, торгового и таможенного дела

E-mail: lyudmila.pashkevitch@yandex.ru

---

M.V. VLASOVA, N.A. BATURINA, L.A. PASHKEVICH

**ASSESSMENT OF THE COMPETITIVENESS  
OF A TRANSPORT AND LOGISTICS COMPANY**



**Abstract.** *The factors of competitiveness of the enterprise in the sphere of service are studied. A comprehensive assessment of the competitiveness of a transport and logistics enterprise in two areas was carried out. The first direction is the assessment of the operational efficiency of the enterprise and strategic positioning. The second direction is an assessment of the strengths and weaknesses of the organization, as well as opportunities and threats from the external environment (SWOT analysis).*

**Keywords:** *competitiveness, factors, transport and logistics company, assessment*

## BIBLIOGRAPHY

1. Babin V.V., Mazhorina A.S. Analiz konkurentosposobnosti predpriyatiy servisa // Obrazovanie i nauka bez granits: sotsial'no-gumanitarnye nauki. - 2022. - №17. - S. 115-119.
2. Bocharova Yu.O. Razvitie logisticheskogo servisa kak faktor povysheniya konkurentosposobnosti organizatsii // Sotsial'no-ekonomicheskie yavleniya i protsessy. - 2013. - №5(51). - S. 43-47.
3. Bragin I.V. Servisnoe obsluzhivanie kak faktor povysheniya konkurentosposobnosti predpriyatiya // Proizvodstvennyy menedzhment: teoriya, metodologiya, praktika. - 2016. - №5. - S. 137-140.
4. Vlasova M.V., Polynkova N.E. Razvitie logisticheskogo servisa v sovremennykh usloviyakh // Sovremennaya nauka i obrazovanie: sbornik materialov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Kemerovo: ZapSibNTS, 2022. - S. 27-29.
5. Vetrov A.S., Dushevina E.M. Otsenka konkurentosposobnosti predpriyatiy sfery servisa // Nauka i biznes: puti razvitiya. - 2014. - №11(41). - S. 49-53.
6. Darbaeva A.E., Shestakova E.V. Teoreticheskie aspekty konkurentosposobnosti predpriyatiy sfery servisa // Aktual'nye voprosy ekonomicheskikh nauk. - 2015. - №47. - S. 244-248.
7. Ivanova E.V. Razvitie intermodal'nykh logisticheskikh servisov // Molodoy uchenyy. - 2022. - №4(399). - S. 48-50.
8. Lysova E.A., Nechaeva M.L. Upravlenie konkurentosposobnost'yu organizatsiy na osnove povysheniya kachestva uslug // Ekonomicheskyy analiz: teoriya i praktika. - 2019. - №10(493). - S. 1894-1915.
9. Mal'shina N.A. Primenenie logisticheskikh printsiptov v sfere servisa i turistskikh uslug // Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo universiteta servisa. - 2011. - №4(18). - S. 54-59.
10. Marakulin M.V. Optimizatsiya struktury kompanii v tselyakh povysheniya konkurentosposobnosti // Marketing v Rossii i za rubezhom. - 2013. - №1. - S. 25-26.
11. Polynkova N.E., Vlasova M.V. Znachenie servisa v usloviyakh konkurentsii // Obrazovanie i nauka: aktual'nye voprosy i perspektivy razvitiya: sbornik materialov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Kemerovo: ZapSibNTS, 2022. - S. 32-35.
12. Psareva M.K., Semenova E.E. Perspektivy razvitiya logisticheskoy sistemy (na primere predpriyatiy mezhdunarodnykh gruzovykh aviaperevozok) // Obrazovanie i nauka bez granits: sotsial'no-gumanitarnye nauki. - 2022. - №17. - S. 127-130.
13. Sirazetdinova A.F. Logisticheskyy servis v sovremennykh transportno-logisticheskikh kompaniyakh // Vestnik transporta. - 2021. - №1. - S. 43-44.
14. Stepanova M.A., Semenova E.E., Makarova T.N. Logisticheskyy servis kak osnova effektivnosti i konkurentosposobnosti predpriyatiya // Vestnik OrelGIET. - 2020. - №3(53). - S. 33-39.
15. Ulitskaya N., Ivanova N., Sokolova N. Study of the basis of the development of the digital transformation of transport and logistics service // Internauka. - 2022. - №25-3 (248). - S. 57-64.
16. Yergaliyev R., Raimbekov Zh. Creation of an information and logistics service center as a factor of increasing logistic service // Bulletin of Karaganda University. Economy Series. - 2017. - T.87. - №3. - S. 172-177.
17. ООО «Агро-Авто» - ofitsial'nyy sayt [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://logistics.x5.ru/>.
18. ООО «Деловые Линии» - ofitsial'nyy sayt [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://www.dellin.ru/>.
19. X5 Group - ofitsial'nyy sayt [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://www.x5.ru/ru/>.
20. Rusprofile - servis proverki i analiza kontragentov [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://www.rusprofile.ru/>.
21. Formirovanie sistemy logisticheskogo servisa na predpriyatii [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <http://elib.sfu-kras.ru/handle/2311/67913>.

### Vlasova Marina Valerievna

Central Russian Institute of Management - branch of Russian Academy of National Economy and Public Administration  
Address: 302028, Russia, Orel, Oktyabrskaya str., 12  
Candidate of technical sciences  
E-mail: maxusx1982@mail.ru

### Pashkevich Ludmila Arkadjevna

Central Russian Institute of Management - branch of Russian Academy of National Economy and Public Administration  
Address: 302028, Russia, Orel, Oktyabrskaya str., 12  
Candidate of technical sciences  
E-mail: lyudmila.pashkevitch@yandex.ru

### Baturina Natalya Anatoljevna

Central Russian Institute of Management - branch of Russian Academy of National Economy and Public Administration  
Address: 302028, Russia, Orel, Oktyabrskaya str., 12  
Candidate of technical sciences  
E-mail: nata.baturina2013@yandex.ru

Научная статья

УДК 656.212.5

doi:10.33979/2073-7432-2023-3-1(82)-124-131

М.А. ТУМАНОВ, А.Г. ШЕВЦОВА, Н.С. ЛЮБИМЫЙ, Н.А. ЩЕТИНИН

## ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ КЛИЕНТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

**Аннотация.** На сегодняшний день в Российской Федерации сложилась довольно сложная ситуация с грузовыми железнодорожными перевозками в связи с тем, что операторские компании без учета технологических особенностей работы железнодорожного транспорта управляют своим подвижным составом по принципу «самой выгодной перевозки». В связи с этим, операторы не только значительно увеличили стоимость самой перевозки, но также увеличили транспортную составляющую каждого груза, перевезенного по железной дороге, в том числе и социально-значимого. Такая технология работы не позволяет учесть пропускную способность инфраструктуры, как магистральной, так и станционной что снижает эффективность качества обслуживания, и требует устранения.

**Ключевые слова:** железнодорожный транспорт, грузоотправители и грузополучатели, грузовые перевозки

### Введение

Холдинг «РЖД» на сегодняшний день имеет мощную нормативную базу и множество технико-технологических инструментов для организации эффективного перевозочного процесса, с учетом потребностей всех его участников как внутри страны, так и на мировом транспортно-логистическом рынке. Однако при этом необходимо решить такие важные задачи, как создание эффективной технологической логистики на рынке грузовых железнодорожных перевозок в условиях множественности собственников подвижного состава и ограниченности инфраструктуры ОАО «РЖД».

В настоящее время, ОАО «РЖД», как основной перевозчик активно использует информационные системы для обеспечения выполнения объемов перевозки грузов с учетом множественности операторов подвижного состава.

Согласно стратегии цифровой трансформации холдинга «РЖД» поставлена задача повысить эффективность транспортной системы Российской Федерации для всех участников рынка:

- для грузоотправителей, в части развития новых сервисов (мультимодальные грузовые перевозки, многофункциональный личный кабинет клиента, индивидуальные предложения транспортных услуг, финансовые услуги) и снижения административной нагрузки для грузоотправителей и удобства работы (повышение скорости и ритмичности перевозок, обеспечения полноты информации о статусе перевозки, отказ от бумажного документооборота);
- для операторов и перевозчиков, в части повышения эффективности транспортной системы (создание единой доверительной среды с участниками транспортного рынка, распространение цифровых транспортных документов, рост скорости транзитных перевозок);
- для иностранных контрагентов, в части высокотехнологичных проектов для экспорта и реализации высокого транзитного потенциала;
- для государства, в части участия в создании государственных цифровых платформ (создание национальной системы продажи и бронирования услуг мультимодальных перевозок, формирования юридически значимой системы межгосударственного обмена данными электронными документами, создании национальной системы управления и обеспечение безопасности движения поездов).

### Материал и методы

Согласно Стратегии развития холдинга «РЖД» на период 2030 года, утвержденной советом директоров ОАО «РЖД» от 23 декабря 2013 г. №19, иницилируемый проект «Цифровая железная дорога» имеет цель повысить конкурентоспособность и эффективность дея-

тельности холдинга «РЖД» за счет применения прорывных информационных технологий. Основные задачи проекта, представлены на рисунке 1.

Основные задачи проекта "Цифровая железная дорога"	расширение спектра и повышение качества предлагаемых рынку транспортно-логистических услуг
	повышения уровня интеграции Российской транспортной системы в международные транспортные коридоры
	повышения надежности и безопасности движения
	повышение провозной и пропускной способности железных дорог за счет развития интеллектуальных систем управления
	сокращение стоимости жизненного цикла инфраструктуры и подвижного состава
	повышение производительности труда за счет создания информационных систем и микропроцессорных систем управления технологическими процессами
	сокращение влияния «человеческого фактора»
	обеспечение необходимого уровня информационной безопасности

Рисунок 1 – Основные задачи проекта «Цифровая железная дорога»

Следует отметить, что на сегодняшний день, интеллектуализация и цифровизация процессов, предусматривается не только в области железнодорожного транспорта, но также и в автомобильном транспорте [1-3], начиная от применения новых технических средств организации дорожного движения [4] и заканчивая новыми подходами к управлению движением транспортных потоков, с учетом различных факторов, в том числе и погодных условий [5, 6].

Согласно организационно-правовым документам ОАО «РЖД» для обеспечения бесперебойного перевозочного процесса на линейном уровне управления ОАО «РЖД» для расчетов прогнозной модели доставки грузовых отправок по инфраструктуре ОАО «РЖД» используются большое количество автоматизированных систем, наглядно представленных на рисунке 2.

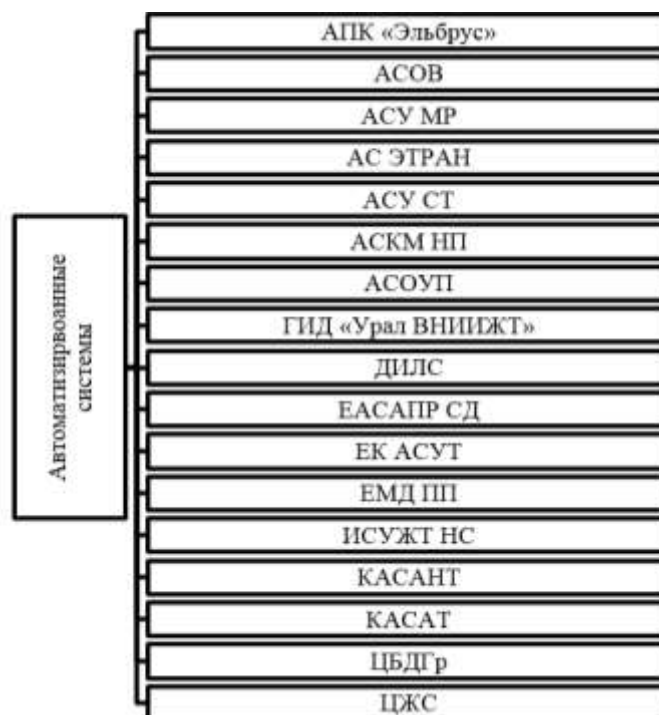


Рисунок 2 – Разновидности автоматизированных систем, для обеспечения бесперебойного перевозочного процесса на линейном уровне управления ОАО «РЖД»

Далее рассмотрим более подробно каждую представленную систему (рис. 2):

1. АПК «Эльбрус» – система для построения схемы движения поездов с учетом условий пропуска [7, 8];
2. АСОВ – автоматизированная система организации вагонопотоков, для обеспечения эффективности осуществляемой деятельности основных составляющих, в частности различных операторов [9];
3. АСУ МР – автоматизированная система управления местной работой, позволяет обеспечить оптимизацию основных видов работ, выполняемых на местном уровне [10];
4. АС ЭТРАН – автоматизированная система централизованной подготовки и оформления перевозочных документов, обеспечивает реализацию электронного документооборота и позволяет подписывать документы электронной подписью [11];
5. АСУ СТ – автоматизированная система управления станцией, позволяет обеспечить видимость дислокации каждого вагона и обеспечить автоматизацию технологического процесса в масштабе станций;
6. АСКМ НП – автоматизированная система оперативного контроля и анализа качества коммерческой работы и безопасности грузовых перевозок нового поколения, в основном применяется для обеспечения сохранности перевозимых грузов, на основании обеспечения постоянного контроля выполняемой работы [12];
7. АСОУП – автоматизированная система оперативного управления перевозками, в основном применяется для оперативного осуществления текущего планирования [13];
8. ГИД «Урал ВНИИЖТ» – автоматизированная система ведения и анализа графика исполненного движения «Урал – ВНИИЖТ», позволяет обеспечить автоматизацию работ в части диспетчерского управления [14];
9. ДИЛС – дорожная информационно-логистическая система, позволяющая обеспечить автоматизированное планирование подвоза поездов;
10. ЕАСАПР СД – единый автоматизированный ресурс мониторинга и управления рисками нарушения сроков доставки грузов и порожних собственных вагонов, предназначен для выявления нарушений в сроках доставки грузов [15];
11. ЕК АСУТ – единая корпоративная автоматизированная система управления локомотивным комплексом;
12. ЕМД ПП – единая модель данных перевозочного процесса;
13. ИСУЖТ НС – подсистема нормативного обеспечения планировщика работы железнодорожных станций для ПТК ИСУЖТ сетевого уровня;
14. КАСАНТ – комплексная автоматизированная система учета, контроля устранения отказов в работе технических средств и анализа их надежности;
15. КАСАТ – Комплексная автоматизированная система учета, расследования и анализа случаев технологических нарушений;
16. ЦБДГр – Централизованная база данных расписания движения грузовых поездов;
17. ЦЖС – Автоматизированная система Цифровая железнодорожная станция.

Для выявления «узких» мест и последующей оптимизации существующих систем автоматизированного управления, в рамках исследования осуществлен анализ представленных видов систем (рис. 2) по основным направлениям формирования данных и элементов применения.

### ***Расчет***

С целью выявления «узких» мест и наличия «обратной связи» от оптимизационной модели автоматизированной системы управления (далее – АСУ) в части формирования корректирующего воздействия для повышения качества обслуживания грузоотправителей и грузополучателей необходимо рассмотреть и проанализировать основной функционал АСУ по следующим критериям:

– формирование данных по объектам железнодорожного транспорта (нетяговый подвижной состав, тяговый подвижной состав, станционная инфраструктура, магистральная инфраструктура, пункты зарождения и погашения грузопотоков);

- наличие аппарата оптимизации;
- доступность использования для контрагентов ОАО «РЖД»;
- на каком элементе процесса железнодорожной перевозки груза используется АСУ;
- наличие «обратной связи» от оптимизационной модели в части формирования корректирующего воздействия для повышения качества обслуживания грузоотправителей и грузополучателей.

### Результаты и обсуждение

Результаты анализа представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сводный анализ автоматизированных систем управления и информационных хранилищ

Наименование АСУ	Формирование данных по объектам железнодорожного транспорта					Наличие аппарата оптимизации	Наличие «обратной связи» от оптимизационной модели в части формирования корректирующего воздействия для повышения качества обслуживания грузоотправителей и грузополучателей	На каком элементе процесса железнодорожной перевозки груза используется АСУ				Доступность использования для контрагентов ОАО «РЖД»
	Нетяговый подвижной состав	Тяговый подвижной состав	Станционная инфраструктура	Магистральная инфраструктура	Пункты зарождения и погашения грузопотоков			Станция погрузки	В процессе движения	Сортировочные и участковые станции	Станция выгрузки	
АПК «Эльбрус»	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-	-
АСОВ	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-
АСУ МР	+	-	+	-	+	-	-	+	-	-	+	-
АС ЭТРАН	+	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	+
АСУ СТ	+	+	+	-	+	-	-	+	-	+	+	-
АСКМ НП	+	+	+	-	+	-	-	+	-	+	+	+
АСОУП	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	-
ГИД «Урал ВНИИЖТ»	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+
ДИЛС	+	+	+	-	+	+	-	+	-	+	+	+
ЕАСАПР СД	+	+	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+
ЕК АСУТ	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-
ЕМД ПП	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	-
ИСУЖТ НС	-	-	+	+	+	-	-	+	+	+	+	-
КАСАНТ	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	-
КАСАТ	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	-
ЦБДГр	-	-	+	+	+	-	-	+	+	+	+	-
ЦЖС	+	+	+	-	+	+	+/-	+	-	+	+	-

На основании исследования, посвященных вопросу оптимизации перевозочного процесса [16, 17], определена целесообразность применения динамической транспортной задачи для управления транспортными потоками [18]. Применение транспортной задачи, позволяет учесть случайные величины, а именно случайные колебания различных параметров перевозки на всех ее этапах [19-21].

При управлении транспортными потоками при наличии случайных колебаний можно рассмотреть время доставки как суммарное время движения, простоя на промежуточных станциях, простоя у отправителя и простоя у получателя. Рассматривая процесс прибытия вагонов на станцию возможны следующие ситуации (рис. 3):

1) раннее прибытие вагонов обеспечивает неэффективный простой вагонов на станции до момента их выгрузки или погрузки, т.е. до момента потребления;

2) прибытие вагонов по расписанию, но позднее потребление также обеспечивает простой вагонов;

3) позднее прибытие вагонов на станцию обеспечивает простой оборудования (погрузо-разгрузочных машин и другого оборудования);

4) раннее прибытие вагонов и позднее прибытие обеспечивает простой вагонов и простой оборудования.

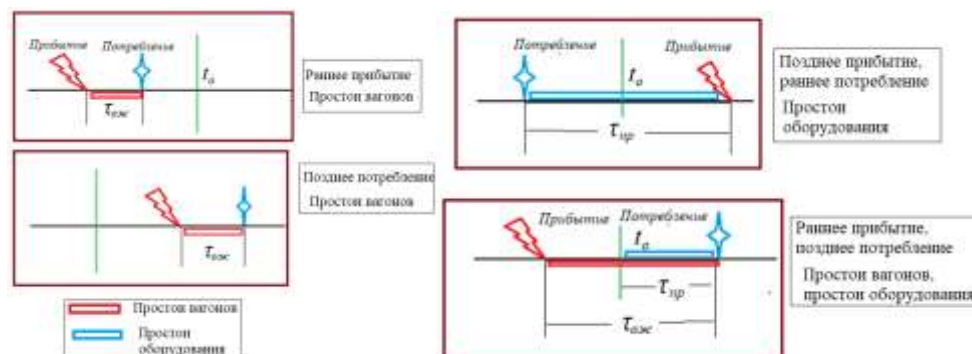


Рисунок 3 – Пример простоя вагонов и оборудования в зависимости от времени прибытия и потребления

### Выводы

В ходе исследования, было установлено что взаимодействие двух случайных процессов формирует суммарный случайный разброс в прибытии и разброс во времени потребления. В связи с чем основным критерием оптимизации является минимизация издержек железнодорожного транспорта с учетом доставки и издержек грузоотправителей и грузополучателей, а наличие «обратной связи» от оптимизационной модели в части формирования корректирующего воздействия для повышения качества обслуживания грузоотправителей и грузополучателей позволит выстроить самообучение адаптивной системы автоматизированного управления (рис. 4).



Рисунок 4 – Этапы самообучения адаптивной системы автоматизированного управления

Таким образом, в результате выполненных работ были определены основные этапы самообучения адаптивной системы автоматизированного управления, применительно к процессу перевозок, которые заключаются в занесении параметров предыдущих расчетов в оптимизационную модель, расчете структуры потоков на полученной оптимизационной модели, с учетом исходных параметров, имитационной корректировке параметров, и занесении их в оптимизационную модель и последующего расчета с новыми параметрами.

Следует отметить, что процесс оптимизации является неотъемлемой частью многих процессов, в том числе и при управлении перевозками на автомобильном транспорте [22].

### Благодарности

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

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новиков А.Н., Севостьянов А.Л., Катунин А.А., Кулев А.В. Применение интеллектуальных транспортных систем (ИТС) для повышения эффективности функционирования городского общественного транспорта // Мир транспорта и технологических машин. – 2013. – №1(40). – С. 85-90.
2. Шевцова А.Г., Бурлуцкая А.Г., Васильева В.В. Внедрение интеллектуальной транспортной системы RAMPMETERING на примере г. Белгород // Мир транспорта и технологических машин. – 2018. – №4(63). – С. 42-48.
3. Novikov A., Novikov I., Katunin A., Shevtsova A. Adaptation capacity of the traffic lights control system (TSCS) as to changing parameters of traffic flows within intellectual transport systems (ITS) // Transportation research procedia: 12th International Conference «Organization and traffic safety management in large cities». - Vol. 20. – Saint-Petersburg: Elsevier B.V. - 2017. – P. 455-462. – DOI 10.1016/j.trpro.2017.01.074.
4. Шевцова А.Г., Мочалина Ю.А. Обзор новых технических средств организации дорожного движения // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. – 2015. – Т. 2. – №2(3). – С. 672-677. – DOI 10.12737/19521.
5. Shevtsova A., Novikov A. Development of an approach to determination of coupling qualities of road covering using weather-climate factor // Journal of applied engineering science. – 2021. – Vol. 19. – №1. – P. 30-36. – DOI 10.5937/jaes0-26642.
6. Новиков А.Н., Мирошников Е.В., Кулев А.В., Кулев М.В. Повышение безопасности дорожного движения на основе интеллектуальных транспортных систем // Мир транспорта и технологических машин. – 2022. – №4-1(79). – С. 86-93. – DOI 10.33979/2073-7432-2022-1(79)-4-86-93.
7. Кирякин В.Ю., Ляшко О.В., Анфиногенов А.Ю., Новгородцева А.В. Реализация полигонной технологии с использованием АПК «Эльбрус» // Железнодорожный транспорт. – 2014. – №6. – С. 18-24.
8. Стецова Ю.М., Павлова Д.И., Прошкина А.С. и др. Управление перевозочным процессом в системе АПК Эльбрус // Научное и образовательное пространство: перспективы развития: Сборник материалов XIV Международной научно-практической конференции. – Чебоксары: ООО «Центр научного сотрудничества «Интерактив плюс», 2019. – С. 62-68.
9. Валентинов К.О. Анализ методов управления вагонопотоками на железнодорожном транспорте // Наука, техника и образование. – 2017. – №9(39). – С. 38-40.
10. Щербов В.А. Автоматизированная система управления местной работой // Автоматика, связь, информатика. – 2007. – №11. – С. 21-22.
11. Франтасов Д.Н., Шипилова Ю.О. Информационное взаимодействие АСУ грузоотправителей с АС ЭТРАН // Наука и образование транспорту. – 2016. – №2. – С. 94-95.
12. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022618421 Российская Федерация. Автоматизированная система оперативного контроля и анализа качества коммерческой работы и безопасности грузовых перевозок Нового поколения (АСКМ НП). - №2022617839; заявл. 29.04.22; опубли. 06.05.2022.
13. Поплавский А.А. Автоматизированная система оперативного управления перевозками ОАО «РЖД». Моделирование эксплуатационной работы // Железнодорожный транспорт. – 2007. – №7. – С. 37-40.
14. Кузнецов Г.А., Крашенинников С.В., Крайситный В.П. и др. Система ГИД «Урал-ВНИИЖТ»: внедрение, модернизация, перспективы развития // Железнодорожный транспорт. – 2008. – №2. – С. 15-21.
15. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015662668 Российская Федерация. Единый автоматизированный ресурс мониторинга и управления рисками нарушений сроков доставки грузов и порожних собственных вагонов (ЕАСАПР СД). - №2015619832; заявл. 16.10.2015; опубли. 30.11.2015.
16. Козлов П.А., Миловидов С.П. Оптимизация структуры транспортных потоков в динамике при приоритете потребителей // Экономика и математические методы. – Т. XVIII. – Вып. 3. – М., 1982. – С. 521-531.
17. Козлов П.А., Тушин Н.А., Колокольников В.С., Осокин О.В. Об использовании моделей оптимального управления транспортными потоками // Вестник УрГУПС. – 2019. – №1. – С. 60-69.
18. Козлов П.А., Миловидов С.П., Блюмин С.Л. Динамическая транспортная задача с задержками // Автоматика и телемеханика. - 1984. - №25. - С. 158-161.
19. Козлов П.А., Владимирская И.П., Осокин О.В. Закономерности структурного взаимодействия в транспортных системах // Транспорт Урала. – 2010. – №3. – С. 25-28.
20. Ковалев И.А., Колокольников В.С. Влияние отказов технических средств на выполнение графика движения поездов // Транспорт Урала. – 2014. – №2. – С. 54-57.
21. Козлов П.А., Колокольников В.С., Тушин Н.А., Тимухина Е.Н. Модель проверяет скорость // Железнодорожный транспорт. – 2017. – №3. – С. 42-44.
22. Новиков И.А., Боровской А.Е., Шевцова А.Г. Управление и организация дорожного движения при



оценке единичного элемента системы «ВАДС» / Под общей редакцией А.Н. Новикова // Информационные технологии и инновации на транспорте: Материалы международной научно-практической конференции. – Орел: ФГБОУ ВПО «Государственный университет - учебно-научно-производственный комплекс», 2015. – С. 231-238.

23.Новиков А.Н., Васильева В.В. Оценка акустической эффективности шумозащитных сооружений на автомобильных дорогах города // Мир транспорта и технологических машин. – 2016. – №1(52). – С. 124-131.

**Туманов Михаил Андреевич**

Российский университет транспорта (МИИТ)

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

Старший преподаватель

E-mail: miit.tumanov@yandex.ru

**Шевцова Анастасия Геннадьевна**

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Адрес: 308036, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова, д.46

Д.т.н., доцент, доцент кафедры эксплуатации и организации движения автотранспорта

E-mail: shevcova-anastasiya@mail.ru

**Любимый Николай Сергеевич**

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Адрес: 308036, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова, 46

К.т.н., доцент кафедры «Подъемно-транспортные и дорожные машины»

E-mail: nslubim@bk.ru

**Щетинин Николай Анатольевич**

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Адрес: 308036, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова, 46

К.т.н., доцент кафедры эксплуатации и организации движения автотранспорта

E-mail: azrael90@mail.ru

---

M.A. TUMANOV, A.G. SHEVTSOVA, N.S. LUBIMYI, N.A. SHCHETININ

## IMPROVING THE QUALITY OF RAILWAY TRANSPORT CUSTOMER SERVICE WITH THE USE OF INTELLIGENT SYSTEMS

**Abstract.** *The current situation concerning rail freight transportation in the Russian Federation has become complicated by the fact that operator companies, without taking into account the technological features of railway transport, manage its rolling stock according to the principle of «the most profitable transportation». Using current technology, operators not only increased the cost of transportation itself, but also increased the transport component of each cargo transported by rail, including socially significant ones. The technology of operation of operator companies to a small extent takes into account the carrying capacity of the trunk and station infrastructure and the load factors of other railway transport resources.*

**Keywords:** *railway transport, shippers and consignees, freight transportation*

### BIBLIOGRAPHY

1. Novikov A.N., Sevost'yanov A.L., Katunin A.A., Kulev A.V. Primenenie intellektual'nykh transportnykh sistem (ITS) dlya povysheniya effektivnosti funktsionirovaniya gorodskogo obshchestvennogo transporta // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2013. - №1(40). - S. 85-90.
2. Shevtsova A.G., Burlutskaya A.G., Vasil'eva V.V. Vnedrenie intellektual'noy transportnoy sistemy RAMPMETERING na primere g. Belgorod // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2018. - №4(63). - S. 42-48.
3. Novikov A., Novikov I., Katunin A., Shevtsova A. Adaptation capacity of the traffic lights control system (TSCS) as to changing parameters of traffic flows within intellectual transport systems (ITS) // Transportation research procedia: 12th International Conference «Organization and traffic safety management in large cities». - Vol. 20. - Saint-Petersburg: Elsevier B.V. - 2017. - P. 455-462. - DOI 10.1016/j.trpro.2017.01.074.
4. Shevtsova A.G., Mochalina Yu.A. Obzor novykh tekhnicheskikh sredstv organizatsii dorozhnogo dvizheniya // Al'ternativnye istochniki energii v transportno-tekhnologicheskom komplekse: problemy i perspektivy razvitiya // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2015. - T. 2. - №2(3). - S. 672-677. - DOI 10.12737/19521.

5. Shevtsova A., Novikov A. Development of an approach to determination of coupling qualities of road covering using weather-climate factor // Journal of applied engineering science. - 2021. - Vol. 19. - №1. - P. 30-36. - DOI 10.5937/jaes0-26642.
6. Novikov A.N., Miroshnikov E.V., Kulev A.V., Kulev M.V. Povyshenie bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya na osnove intellektual'nykh transportnykh sistem // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2022. - №4-1(79). - S. 86-93. - DOI 10.33979/2073-7432-2022-1(79)-4-86-93.
7. Kiryakin V.Yu., Lyashko O.V., Anfinogenov A.Yu., Novgorodtseva A.V. Realizatsiya poligonnoy tekhnologii s ispol'zovaniem APK «El'brus» // Zheleznodorozhnyy transport. - 2014. - №6. - S. 18-24.
8. Stetsova Yu.M., Pavlova D.I., Proshkina A.S. i dr. Upravlenie perevozochnym protsessom v sisteme APK El'brus // Nauchnoe i obrazovatel'noe prostranstvo: perspektivy razvitiya: Sbornik materialov XIV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Cheboksary: OOO «Tsentr nauchnogo sotrudnichestva «Interaktiv plus», 2019. - S. 62-68.
9. Valentinov K.O. Analiz metodov upravleniya vagonopotokami na zheleznodorozhnom transporte // Nauka, tekhnika i obrazovanie. - 2017. - №9(39). - S. 38-40.
10. Shcherbov V.A. Avtomatizirovannaya sistema upravleniya mestnoy rabotoy // Avtomatika, svyaz', informatika. - 2007. - №11. - S. 21-22.
11. Frantasov D.N., Shipilova Yu.O. Informatsionnoe vzaimodeystvie ASU gruzootpraviteley s AS ETRAN // Nauka i obrazovanie transportu. - 2016. - №2. - S. 94-95.
12. Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM № 2022618421 Rossiyskaya Federatsiya. Avtomatizirovannaya sistema operativnogo kontrolya i analiza kachestva kommercheskoy raboty i bezopasnosti gruzovykh perevozk Novogo pokoleniya (ASKM NP). - №2022617839; zayavl. 29.04.22; opubl. 06.05.2022.
13. Poplavskiy A.A. Avtomatizirovannaya sistema operativnogo upravleniya perevozkami OAO «RZHD». Modelirovanie ekspluatatsionnoy raboty // Zheleznodorozhnyy transport. - 2007. - №7. - S. 37-40.
14. Kuznetsov G.A., Krashenninnikov S.V., Kraysvitniy V.P. i dr. Sistema GID «Ural-VNIIZHT»: vnedrenie, modernizatsiya, perspektivy razvitiya // Zheleznodorozhnyy transport. - 2008. - №2. - S. 15-21.
15. Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM № 2015662668 Rossiyskaya Federatsiya. Edinyy avtomatizirovanny resurs monitoringa i upravleniya riskami narusheniy srokov dostavki gruzov i porozhnikov sobstvennykh vagonov (EASAPR SD). - №2015619832; zayavl. 16.10.2015; opubl. 30.11.2015.
16. Kozlov P.A., Milovidov S.P. Optimizatsiya struktury transportnykh potokov v dinamike pri prioritete potrebiteley // Ekonomika i matematicheskie metody. - T. HVIII. - Vyp. 3. - M., 1982. - S. 521-531.
17. Kozlov P.A., Tushin N.A., Kolokol'nikov V.S., Osokin O.V. Ob ispol'zovanii modeley optimal'nogo upravleniya transportnymi potokami // Vestnik UrGUPS. - 2019. - №1. - S. 60-69.
18. Kozlov P.A., Milovidov S.P., Blyumin S.L. Dinamicheskaya transportnaya zadacha s zaderzhkami // Avtomatika i telemekhanika. - 1984. - №25. - S. 158-161.
19. Kozlov P.A., Vladimirskaia I.P., Osokin O.V. Zakonomernosti strukturnogo vzaimodeystviya v transportnykh sistemakh // Transport Urala. - 2010. - №3. - S. 25-28.
20. Kovalev I.A., Kolokol'nikov V.S. Vliyanie otkazov tekhnicheskikh sredstv na vypolnenie grafika dvizheniya poezdov // Transport Urala. - 2014. - №2. - S. 54-57.
21. Kozlov P.A., Kolokol'nikov V.S., Tushin N.A., Timukhina E.N. Model' proveryaet skorost' // Zheleznodorozhnyy transport. - 2017. - №3. - S. 42-44.
22. Novikov I.A., Borovskoy A.E., Shevtsova A.G. Upravlenie i organizatsiya dorozhnogo dvizheniya pri otsenke edinichnogo elementa sistemy «VADS» / Pod obshchey redaktsiei A.N. Novikova // Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte: Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Orel: FGBOU VPO «Gosudarstvennyy universitet - uchebno-nauchno-proizvodstvennyy kompleks». - 2015. - S. 231-238.
23. Novikov A.N., Vasil'eva V.V. Otsenka akusticheskoy effektivnosti shumozashchitnykh sooruzheniy na avtomobil'nykh dorogakh goroda // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2016. - №1(52). - S. 124-131.

**Tumanov Mikhail Andreevich**

Russian University of transport  
Address: 127994, Russia, Moscow, Obratsova str., 9  
Senior lecturer  
E-mail: miit.tumanov@yandex.ru

**Shevtsova Anastasia Gennad'evna**

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

**Lubimyi Nikolai Sergeevich**

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

**Shchetinin Nikolai Anatolievich**

Belgorod State Technological University  
Address: 308012, Russia, Belgorod, Kostyukova str., 46  
Candidate of technical sciences  
E-mail: azrael90@mail.ru

Научная статья

УДК 656.078.12:656.135

doi:10.33979/2073-7432-2023-3-1(82)-132-138

Н.В. КУРГАНОВА, А.А. САЗОНОВ

## **ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ СМЕШАННЫМИ ПЕРЕВОЗКАМИ: ПЕРЕВОЗКА АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ**

***Аннотация.** Проведен анализ и представлен вариант развития управления смешанными перевозками на примере опыта управления автомобильным транспортом. Предложена и обоснована методика создания автотранспортного фокус-центра перевозок для возможности использования в качестве оптимальной единицы управления как непосредственной функцией доставки товаров, так и логистических затрат организации.*

***Ключевые слова:** фокус-центр перевозок, логистические затраты, полная управляемость логистического потока, смешанные перевозки, оптимальная единица управления*

### **Введение**

Начиная с 2019 года Россия начала сталкиваться с внешними вызовами как в экономическом, так и военно-политическом направлениях. Коллапс на мировом рынке контейнерных перевозок, начавшийся в IV квартале 2019 году и усугубившийся противостоянием распространению пандемии COVID-19 в 2020-2021 г.г. привел к переосмыслению подходов к логистическим потокам и формированию запасов в сфере материального потребления. Это затронула как производственную, так и коммерчески сферу жизни всех развитых стран: была нарушена стабильность поставок, поставлены под сомнения и на грань выживания все компании, у которых была внедрена прогрессивная доставки «точно в срок», остановлены все ранее разработанные маршруты перевозок и погранпереходов. В таких условиях изменение логики поставок в смешанных перевозках, быстрая адаптация к новым условиям и перестроение логистических потоков – стало одной из главных компетенций логистики, в том числе в автомобильном транспорте. Цель настоящей работы – проанализировать ситуацию в смешанных перевозках автомобильным транспортом на примере коммерческой организации и предложить оптимальный вариант доставки товаров с минимизацией логистических затрат, прозрачной структурой и управляемостью, и высокой скоростью адаптации к внешним изменениям.

### **Материал и методы**

Торговые взаимоотношения России со странами Дальнего Востока и Запада отстраивались десятилетиями, имели свою специфику и особенность. Главным характеризующим моментом до ноября 2019 г. была ситуация, когда внешнеторговые взаимоотношения по импортным доставкам, а соответственно и нагрузкам в смешанных перевозках на автотранспорт – распределялись равномерно между Востоком (порты Владивосток, Находка, Ольга), Югом (порты в г. Новороссийск, Туапсе, порт Кавказ), Севером (порты в г. Санкт-Петербург, Котка) и западными сухопутными границами (погранпереходы с Беларусью, Латвией). Важным он является, поскольку характеризует распределение объемов и нагрузку на логистическую инфраструктуру [4-8].

После острого дефицита контейнеров, введения антиковидных мер и антироссийских санкций, Северный и Западный грузопоток практически остановился. Сервис в порты Санкт-Петербурга начали размораживаться только в 2023 г. Южный грузопоток также некоторое время находился в депрессивном состоянии по причине возможности организации доставок с возможностью прохода судов через Суэцкий канал и перегрузкой в Турции. Частично было задействованы смешанные автоперевозки через Грузию и Азербайджан, что не могло обеспечить полноценного возмещения объемов перевозок, но частично компенсировали это направление на время перестройки сервиса. В этой ситуации, основную нагрузку на себя принял Дальний Восток, порты которого были долгое время парализованы от объемов грузопотока: сначала были исчерпаны ресурсы портов, затем ресурсы железной дороги, а затем парализовало и автотранспортные перевозки, которые не способны были предложить ни тре-

буемого объема перевозок, ни рыночную цену. Все это привело к резкому росту цены на перевозки и кратному увеличению объемов. Анализируя статистику объемов перевозок негабаритной техники, на примере коммерческой организаций, наглядно иллюстрирует тренд по объемам перевозок с Дальнего Востока (рис. 1), где рост объемов спровоцировал дефицит автотранспортных ресурсов в системе смешанных перевозок, что повлекло рост ставок. Рост объемов перевозок более чем в 30 раз сопровождался ростом ставок в более чем 4 раза.

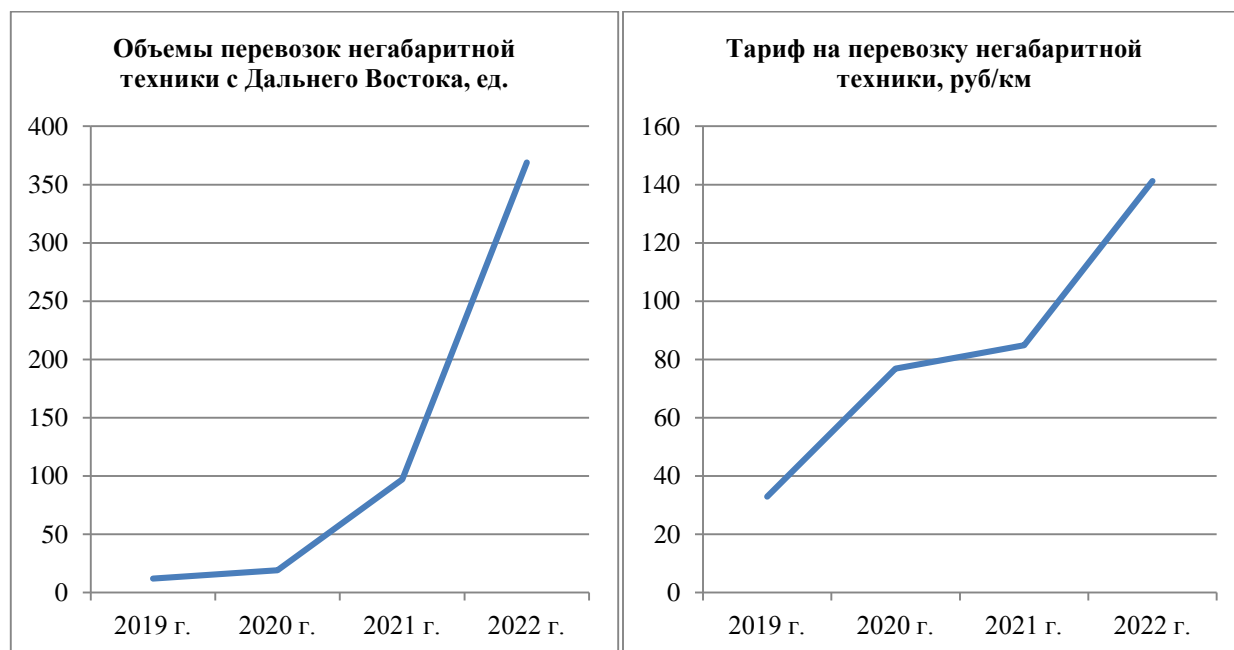


Рисунок 1 – Динамика объемов перевозок и ставок при доставке с Дальнего Востока

Рассматривая темпы роста объемов смешанных перевозок, в том числе перевозку негабаритной техники, а также рост стоимости перевозок и учитывая тенденцию развития торгового баланса с Дальним Востоком, становится очевидным необходимость обеспечения полной управляемости логистического потока (full manageability of the logistics).

### Теория / Расчет

Полная управляемость логистического потока (full manageability of the logistics) – это способность влиять на все звенья логистической цепочки при доставке продукции, начиная от формирования стоимости перевозки до физического контроля перемещения груза.

Достижение полной управляемости возможно при создании собственного фокус-центра перевозок. Фокус-центр перевозок – это совокупность логистических компетенций, направленных на обеспечение одного из этапов процесса смешанных перевозки в рамках одной организации, централизованных в одной логистической структуре, выполняющей функции синхрولوجистики [1].

Создание в организации фокус-центра требует не только наличие релевантного опыта управления подобными центрами, но и сопряжено с необходимостью инвестиционной составляющей, поскольку с одной стороны это оптимизация стратегических оперативных расходов путем исключения привлечения к работе подрядных организаций и оплату сторонним компаниям за оказанные услуги, а с другой это привлечение финансовых ресурсов в качестве инвестиций для старта работы. Более того, в связи с общим дефицитом колесной и прицепной техники в России, необходимо учитывать фактическую обеспеченность рынка спецтехникой. Так, для создания собственного фокус-центра, по обеспечению собственных автоперевозок, организации необходимо приобретение тягача 6×4 и полуприцепа с перевозимой массой 50 т. Так, в связи с общим дефицитом на рынке техники российских производителей КАМАЗ и белорусской марки МАЗ, предлагается использовать тягач С7Н MAX 6×4 ZZ4256V364HE китайского бренда Sinotruk (рис. 2) с нагрузкой на заднюю ось не менее 25 тон.

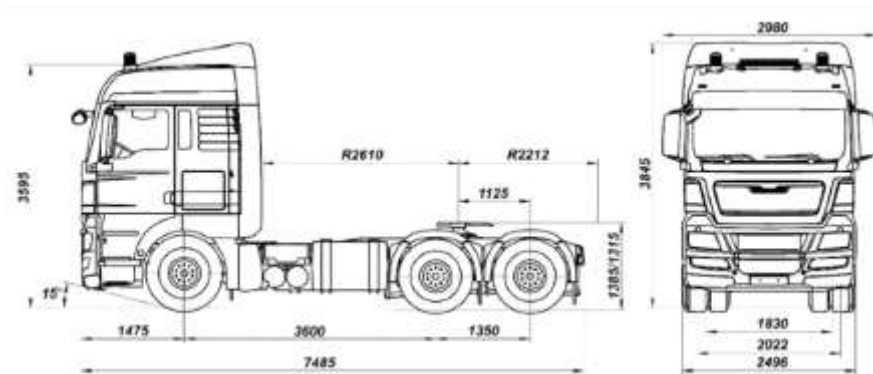


Рисунок 2 – Тягач С7Н MAX 6×4 ZZ4256V364HE

В качестве полуприцепа – российского производителя «Компания «СПЕЦПРИЦЕП» (рис. 3) с грузоподъемностью не менее 45 тон и длиной не менее 11 м.

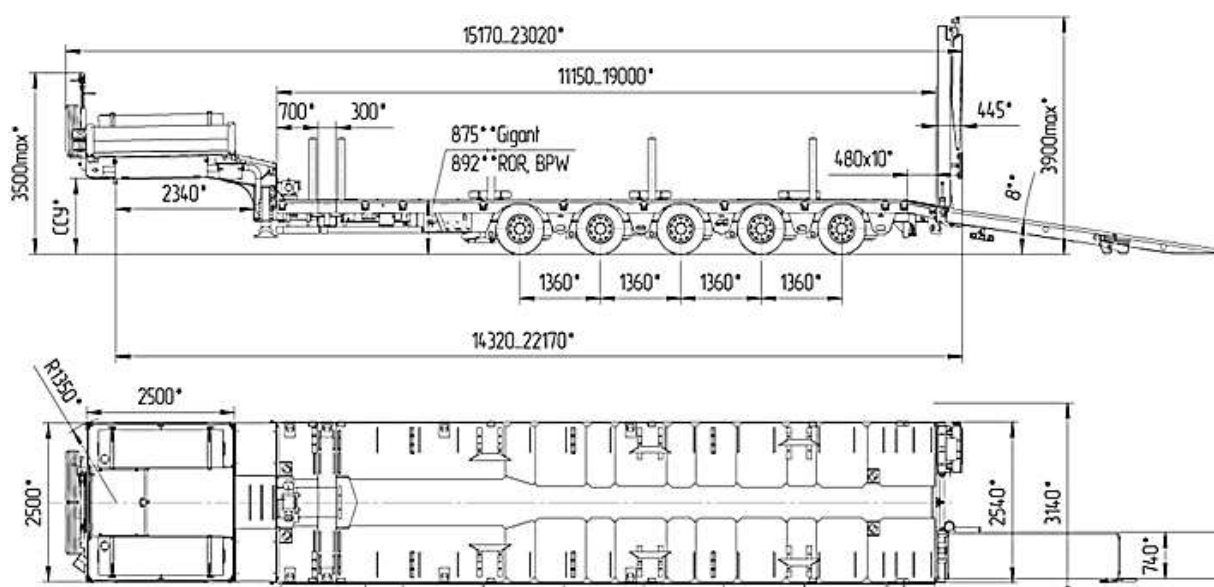


Рисунок 3 – Полуприцеп Спецприцеп, Модель 9942L5

В связи с выполнением работ повышенной опасности, с выездом на дороги общего пользования, продукция в обязательном порядке должна быть сертифицированной и иметь сертификат (декларацию) соответствия завода-изготовителя.

С точки зрения расчетов объема перевозимой техники, предлагается рассмотреть для расчета пессимистичный сценарий стабилизации рынка смешанных перевозок и принять за годовой объем количество перевозок в размере 340 шт. (рис. 1). В этой логике и с учетом размещения две единицы на одном полуприцепе (который идет комплектно с тягачом – далее сцепка) необходимо будет совершить в год 170 рейсов, при временном ресурсе 52 недели в году. Среднее расстояние от Владивостока до Москвы составляет 9139 км., что позволяет определить среднее количество рейсов в год одной сцепкой равной 17 рейсов, с учетом требований Приказа Министерства транспорта РФ от 16 октября 2020 г. №424 «Об утверждении Особенности режима рабочего времени и времени отдыха, условий труда водителей автомобилей» [2] и Постановлением Правительства РФ от 06.10.2022 №1769 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации и признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации и отдельных положений некоторых актов Правительства Российской Федерации» [3]. С учетом предъявляемых требований, расстояний и возможностей перевозки, необходимое для оптимального, с точки зрения организации фокус-центра, количество сцепок 10 ед., что соответствует 10 тягачам и 10 полуприцепам. Также, с учетом графика отпусков, а также возможной болезнью водителей, поправочный коэффициент на расчетное количество водителей для обеспечения полноценной загрузки необходимо заложить как 1,5. При расчете затраты на получение разрешения на

провоз негабаритного груза по маршруту Владивосток-Москва, принято, как 0 руб., поскольку данный вид разрешений в настоящее время систематизирован и организован через портал Госуслуги. Также при расчете делается допущение, что движение сцепки по маршруту будет только в одну сторону, то есть при доставке Владивосток-Москва будет транспортироваться по 2 ед. одной сцепкой, а обратно Москва-Владивосток, рейс будет порожним. Для организации работы фокус-центра необходимо организация рабочего места диспетчера.

Оперативные затраты на организацию функционирования, включают в себя целый ряд статей, таких как необходимость технического обслуживания техники, периодичность которой составляет каждые 50 000 км. обязательное страхование ОСАГО, идет вместе с необходимостью получения КАСКО и страхованием ответственности перевозчика (на сумму не менее 300 млн.руб.). Одной из основных статей является зарплата водителей (с учетом трех водителей на обслуживание двух машин) и зарплата диспетчера (либо специалиста безопасности дорожного движения или контролера по выпуску), с учетом подоходного и единого социального налога. Кроме того, к учету нужно отнести медицинское обслуживание (предрейсовый осмотр) водителей и ежегодный периодический медосмотр [16]. Для организации движения необходимо учесть затраты на «Платон» из расчета в обе стороны, дизельное топливо, мочевина из расчета туда-обратно, техосмотр транспортных средств, тахограф и его обслуживание и блок СКЗИ (средство криптографической защиты информации цифрового контрольного устройства), карту водителя, машину для считывания тахографа и связь с водителем (сотовый телефон, навигатор, рация, регистратор). Расходные материалы и затраты на ремонт включают в себя необходимость проведения мелких ремонтов, приобретение запасных частей (тормоза, масло, смазка, фильтра, стекло, лампочки, резинки дворников, АКБ), цепи на колеса, цепное крепление для движения в тяжелых погодных условиях и зимний период, а также замену шин, исходя из пробега 90 тыс. км. (замена 1 раз в год) на тягач (6 шин) и полуприцеп (10 шин). К оперативным расходам также необходимо отнести и оплату гостиницы для водителей и платная стоянка транспортных средств на пути следования. Необходимо в расчете предусмотреть непредвиденные расходы и возможную сумму штрафов при осуществлении деятельности по автоперевозке [9-12].

К операционным инвестиционным затратам необходимо отнести амортизационные отчисления и выплаты процентов по кредитной ставке за привлечение финансовых средств на организацию фокус-центра, а затраты на приобретение техники относятся на прямые инвестиции.

В связи с наличием инвестиции, необходимо определить срок окупаемости и целесообразности создания фокус-центра для организации (1)

$$\text{Срок окупаемости} = (И + О) / \text{PCY}, \quad (1)$$

где И - сумма инвестиционных затрат на создание фокус-центра;

О - сумма операционных затрат на обеспечение функционирования фокус-центра;

PCY - рыночная стоимость услуг по автоперевозке на рынке.

При этом в связи с неопределенностью ситуации как политической, так и экономической, автор считает целесообразным и экономически обоснованным создание фокус-центра, только в ситуации, если значение срока окупаемости составит менее одного года [15].

### Результаты и обсуждение

С учетом сложившегося в 2022 г. тренда развития смешанных перевозок в части автомобильных перевозок, и ситуации с предложениями на рынке производителей техники, создание и обеспечение функционирования фокус-центра, с точки зрения полной логистической управляемости потока, прямые инвестиции составят 199,6 млн. руб. (табл. 1).

Таблица 1 – Прямые инвестиции на создание фокус-центра

№ п/п	Наименование техники для инвестиций	Ед. изм.	Цена с НДС, руб.	ед.	Итого, с НДС (20%)
1	Инвестиции		19 960 000	20	199 600 000
1.1	Тягач С7Н MAX 6×4 ZZ4256V364HE	руб.	10 600 000	10	106 000 000
1.2	Полуприцеп Спецприцеп Модель 9942L5	руб.	9 360 000	10	93 600 000

К основным оперативным затратам на поддержание функционирования фокус-центра в размере 209,1 млн. руб. следует отнести пять статей расходов, в числе которых расход дизельного топлива и мочевины (74,6 млн. руб.), зарплата водителей и диспетчера (33,2 млн. руб.), амортизационные отчисления (22,3 млн.руб.), процент за использование кредитных

средств (19,6 млн. руб.) и непредвиденные расходы (19,6 млн. руб.). Остальные статьи затрат составляют менее 5 %, но также являются неотъемлемой составляющей компетенций автомобильных доставок в системе смешанных перевозок (табл. 2).

Таблица 2 – Оперативные годовые затраты на функционирование фокус-центра

№ п/п	Наименование статьи оперативных расходов	Ед. изм.	Цена с НДС, руб.	ед.	Итого, с НДС
2	<b>Оперативные затраты в год</b>		<b>2 504 822</b>		<b>209 136 890</b>
2.1	Технический осмотр (раз в год)	руб.	100 000	3	3 000 000
2.2	Зарплата водителя, с налогами (с учетом трех водителей на обслуживание двух машин)	руб.	170 300	15	30 654 000
2.3	Платон из расчета в обе стороны	руб.	21 806	34	7 414 040
2.4	Дизельное топливо из расчета туда-обратно (при нормативном расходе 40 руб./литр и стоимости 59 руб. за литр)	руб.	146 224	34	49 716 160
2.5	Мочевина (5% от ДТ)	руб.	7 311		24 858 080
2.7	Зарплата диспетчера (руководителя направления) с налогами (специалист БДД, диспетчер, контролер по выпуску)	руб.	209 600	1	2 515 200
2.8	Медицинское обслуживание (предрейсовый осмотр)	руб.	2 000	34	680 000
2.9	Ежегодный медосмотр	руб.	5 000	15	75 000
2.10	Мелкие ремонты и запчасти (тормоза, масло, смазка, фильтра, стекло, лампочки, резинки дворников, АКБ) - 5% от стоимости	руб.	998 000	10	9 980 000
2.11	Цепи на колеса, цепное крепление	руб.	100 000	10	1 000 000
2.12	Шины, исходя из пробега 90 тыс. км. (замена 1 раз в год) на тягач (6 шин) и полуприцеп (10 шин)	руб.	40 000 20 000	10 20	8 000 000
2.13	ОСАГО	руб.	25 000	10	250 000
2.14	КАСКО	руб.	215 000	10	2 150 000
2.15	Страхование ответственности перевозчика (на 300 млн)	руб.	280 000	1	280 000
2.16	Техосмотр (1050 на тягач и 1630 на полуприцеп)	руб.	2 680	10	26 800
2.17	Штрафы	руб.	10 000	34	3 400 000
2.18	Транспортный налог	руб.	33 600	10	336 000
2.19	Тахограф и его обслуживание и блок СКЗИ (на три года)	руб.	56 000	10	560 000
2.20	Карта водителя	руб.	3 500	15	52 500
2.21	Машина для считывания тахографа	руб.	80 000	1	80 000
2.22	Связь с водителем (телефон, симка, навигатор, рация, регистратор)	руб.	35 000	10	350 000
2.24	Гостиница для водителей	руб.	3 501	360	1 260 360
2.25	Платная стоянка	руб.	300	360	108 000
2.26	Амортизационные отчисления	руб.			22 320 750
2.27	Непредвиденные расходы по (10%)	руб.			19 960 000
2.28	Рабочее место диспетчера	руб.	150 000	1	150 000
2.29	Проценты за кредит по ставке 10%	руб.			19 960 000

В связи с тем, что организация потратила в 2022 г. на обеспечение автотранспортной перевозки 340 ед. по маршруту Владивосток-Москва, по тарифам 2022 г. (рис. 1) 425,0 млн. руб. (2,5 млн. руб. на один рейс), срок окупаемости создания фокус-центра составит 0,96 лет. (2), что говорит об эффективности предложенной автором идеи [13].

Срок окупаемости = (199,6 млн. руб. + 209,1 млн. руб.) / 425,0 млн. руб. = 0,96 лет (2)

С учетом всех затрат, организации удастся оптимизировать свои затраты в размере 16,2 млн. руб. (табл. 3).

Таблица 3 – Расчет эффективности создания фокус-центра

№ п/п	Расчет эффективности	Ед. изм.	Цена с НДС, руб.
3.1	Годовые затраты РБА, с учетом инвестиций	руб.	408 736 890
3.2	Стоимость аналогичных услуг сторонних перевозчиков	руб.	425 000 000
3.3	Срок окупаемости проекта	лет	0,96
3.4	Экономия от реализации проекта, в год	руб.	16 263 110



После года эксплуатации, у организации появится возможность продать транспортные средства на вторичном рынке, либо осуществить замену автопарка через программу Трейд-Ин. Какой из вариантов выбрать будет зависеть как от развития ситуации на рынке грузоперевозок, так и трендов в смешанных перевозках, с учетом торгового баланса между Россией и дружественными странами [14]. Экономически это будет выглядеть как возможность получения или возврата вложенных инвестиций в размере 131,5 млн. руб., на сумму которых можно уменьшить кредитный портфель на второй год при обновлении автопарка фокус-центра, либо развить его масштабы (табл. 4).

Таблица 4 – Возврат инвестиций через реализацию на вторичном рынке

№ п/п	Реализация б/у техники через 1 год после эксплуатации	Ед. изм.	Цена с НДС, руб.
4	Потери организации при реализации б/у техники через 1 год после эксплуатации		68 072 000
4.1	Снижение стоимости вследствие использования (тягач - 15%, полуприцеп -20%)	руб.	34 620 000
4.2	Приобретение комплекта шин для предпродажной подготовки	руб.	7 000 000
4.3	Восстановление товарного вида (150 тыс. на тягач + 100 тыс. на полуприцеп)	руб.	2 500 000
4.4	Комиссия агента при реализации (12%)	руб.	23 952 000
4.5	Выручка от реализации (при условии отсутствия внештатных ситуаций)	руб.	131 528 000

### Выводы

Таким образом, исследование автора наглядно иллюстрирует целесообразность и эффективность созданий в организации фокус-центра перевозок. В статье дано определение понятия «фокус-центр перевозок», продемонстрирована схема его создания, дано экономическое обоснование и представлен расчет эффективности его создания для обеспечения полной управляемости логистического потока. Для этого разработано и дано определение параметру «полная управляемость логистическая потока» и представлена практическая взаимосвязь фокус-центра и полной управляемости логистического потока в смешанных перевозках на опыте организации перевозок автомобильным транспортом.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об утверждении Особенности режима рабочего времени и времени отдыха, условий труда водителей автомобилей: Приказ Министерства транспорта РФ от 16 октября 2020 г. №424.
2. О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации и признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации и отдельных положений некоторых актов Правительства Российской Федерации: Постановление Правительства РФ от 06.10.2022 №1769.
3. О безопасности дорожного движения: Федеральный закон от 10.12.1995 №196-ФЗ (ред. от 14.04.2023).
4. Астафьев А.В. Синхромодальность, интермодальность, мультимодальность, трансмодальность и тримодальность смешанных перевозок // Вестник транспорта. – 2018. – №8. – С. 12-15.
5. Бауэрсокс Д.Дж., Клосс Д.Дж. Логистика: интегрированная цепь поставок. – 2-е изд. / Пер. с англ. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес». – 2010. – 640 с.
6. Курганова Н.В., Сазонов А.А. Влияние внешних факторов как ключевого элемента глобальной трансформации логистических потоков в смешанных перевозках. – Транспортное дело России. – 2023. – №2. – С. 184-186.
7. Куренков П.В. Логистика международных интермодальных грузовых перевозок. – Логистика. – 2018. – №3(136). – С. 24-27.
8. Куренков П.В. Синхромодальность, КО-модальность, А-модальность и ТРИмодальность – важные составляющие современной политранспортной логистики. – Бюллетень ОСЖД. – 2018. – №5-6. – С. 37-44.
9. Сазонов А.А., Шумаев В.А. Синхрологистика как определяющий фактор эффективности функционирования организации // Логистика сегодня. – 2018. – №3(85). – С. 202-209.
10. Сазонов А.А., Шумаев В.А. Логистика как эффективная технология управления. – Экономика и управление в машиностроении. – 2015. – №5. – С. 15-18.
11. Мальшина Н.А. Применение логистических принципов в сфере сервиса и туристских услуг // Вестник Поволжского государственного университета сервиса. – 2011. – №4(18). – С.54-59.
12. Псарева М.К., Семенова Е.Е. Перспективы развития логистической системы (на примере предприятий международных грузовых авиаперевозок) // Образование и наука без границ: социально-гуманитарные науки. – 2022. – №17. – С.127-130.
13. Новиков А.Н., Мирошников Е.В., Кулев А.В., Кулев М.В. Повышение безопасности дорожного движения на основе интеллектуальных транспортных систем // Мир транспорта и технологических машин. – 2022. – №4-1(79). – С. 86-93. – DOI 10.33979/2073-7432-2022-1(79)-4-86-93.
14. Кузнецов Г.А., Крашенинников С.В., Крайсвитный В.П. и др. Система ГИД «Урал-ВНИИЖТ»: внедрение, модернизация, перспективы развития // Железнодорожный транспорт. – 2008. – №2. – С. 15-18

15. Колик А.В. Комбинированные железнодорожно-автомобильные перевозки в цепях поставок. – М.: Техполиграфцентр, 2018. – 301 с.

16. Сай В.М., Кочнева Д.И. Моделирование интегральной системы взаимоотношений в региональной сети контейнерных перевозок // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – №4 (32). – 2016. – С. 65-76.

**Курганова Надежда Владимировна**

Российский университет транспорта (МИИТ)

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

Аспирант

E-mail: kurganovanadya@inbox.ru

**Сазонов Алексей Александрович**

ООО «Сим-Ато»

Адрес: 125130, Россия, г. Москва, ул. Выборгская, д.22

К.э.н., директор по логистике

E-mail: sazalex@mail.ru

N.V. KURGANOVA, A.A. SAZONOV

## EXPERIENCE IN THE ORGANIZATION AND MANAGEMENT OF MULTIMODAL TRANSPORT: TRANSPORTATION BY ROAD

**Abstract.** The analysis is carried out and a variant of the development of multimodal transport management is presented on the example of the experience of road transport management. The method of creating a motor transport focus center for transportation is proposed and justified for the possibility of using as an optimal control unit both the direct function of delivering goods and the logistics costs of the organization.

**Keywords:** transportation focus center, logistics costs, full manageability of the logistics, multimodal transportation, optimal management unit

### BIBLIOGRAPHY

1. Ob utverzhdenii Osobennostey rezhima rabochego vremeni i vremeni otdykha, usloviy truda voditeley avtomobiley: Prikaz Ministerstva transporta RF ot 16 oktyabrya 2020 g. №424.

2. O vnesenii izmeneniy v nekotorye akty Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii i priznaniy utrativshimi silu nekotorykh aktov Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii i otdel'nykh polozheniy nekotorykh aktov Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii: Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 06.10.2022 №1769.

3. O bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya: Federal'nyy zakon ot 10.12.1995 №196-FZ (red. ot 14.04.2023).

4. Astaf'ev A.V. Sinkhromodal'nost', intermodal'nost', mul'timodal'nost', transmodal'nost' i trimodal'nost' smeshannykh perevozk // Vestnik transporta. - 2018. - №8. - S. 12-15.

5. Bauersoks D.Dzh., Kloss D.Dzh. Logistika: integrirovannaya tsep' postavok. - 2-e izd. / Per. s angl. - M.: ZAO «Olimp-Biznes». - 2010. - 640 s.

6. Kurganova N.V., Sazonov A.A. Vliyanie vneshnikh faktorov kak klyuchevogo elementa global'noy transformatsii logisticheskikh potokov v smeshannykh perevozkakh. - Transportnoe delo Rossii. - 2023. - №2. - S. 184-186.

7. Kurenkov P.V. Logistika mezhdunarodnykh intermodal'nykh gruzovykh perevozk. - Logistika. - 2018. - №3(136). - S. 24-27.

8. Kurenkov P.V. Sinkhromodal'nost', KO-modal'nost', A-modal'nost' i TRImodal'nost' - vazhnye sostavlyayushchie sovremennoy politransportnoy logistiki. - Byulleten' OSZHD. - 2018. - №5-6. - S. 37-44.

9. Sazonov A.A., Shumaev V.A. Sinkhrologistika kak opredelyayushchiy faktor effektivnosti funktsionirovaniya organizatsii // Logistika segodnya. - 2018. - №3(85). - S. 202-209.

10. Sazonov A.A., Shumaev V.A. Logistika kak effektivnaya tekhnologiya upravleniya. - Ekonomika i upravlenie v mashinostroyenii. - 2015. - №5. - S. 15-18.

11. Mal'shina N.A. Primenenie logisticheskikh printsipov v sfere servisa i turistskikh uslug // Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo universiteta servisa. - 2011. - №4(18). - S.54-59.

12. Psareva M.K., Semenova E.E. Perspektivy razvitiya logisticheskoy sistemy (na primere predpriyatiy mezhdunarodnykh gruzovykh aviaperevozk) // Obrazovanie i nauka bez granits: sotsial'no-gumanitarnye nauki. - 2022. - №17. - S.127-130.

13. Novikov A.N., Miroshnikov E.V., Kulev A.V., Kulev M.V. Povyshenie bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya na osnove intellektual'nykh transportnykh sistem // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2022. - №4-1(79). - S. 86-93. - DOI 10.33979/2073-7432-2022-1(79)-4-86-93.

14. Kuznetsov G.A., Krashenninnikov S.V., Kraysvitniy V.P. i dr. Sistema GID «Ural-VNIIZHT»: vnedrenie, modernizatsiya, perspektivy razvitiya // Zheleznodorozhnyy transport. - 2008. - №2. - S. 15-18

15. Kolik A.V. Kombinirovannye zheleznodorozhno-avtomobil'nye perevozki v tsepyakh postavok. - M.: Tekhpolygraftsentr, 2018. - 301 s.

16. Say V.M., Kochneva D.I. Modelirovanie integral'noy sistemy vzaimootnosheniy v regional'noy seti konteynernykh perevozk // Vestnik Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta putey soobshcheniya. - №4(32). - 2016. - S. 65-76.

**Kurganova Nadezhda Vladimirovna**

Department of UTBiS IUTST of the Russian University of Transport (MIIT)

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

Postgraduate student

E-mail: kurganovanadya@inbox.ru

**Sazonov Alexey Alexandrovich**

LLC «SIM-Auto»

Address: 125130, Russia, Moscow, Vyborskaya str., 22

Candidate of economic sciences

E-mail: sazalex@mail.ru

**Уважаемые авторы!**  
**Просим Вас ознакомиться с требованиями**  
**к оформлению научных статей.**

**ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ**

- Представляемый материал должен быть оригинальным (оригинальность не менее 70%), не опубликованным ранее в других печатных изданиях.
- объем материала, предлагаемого к публикации, измеряется страницами текста на листах формата А4 и содержит от 4 до 9 страниц; все страницы рукописи должны иметь сплошную нумерацию;
- статья предоставляется в электронном виде (по электронной почте или на любом электронном носителе);
- в одном номере может быть опубликована только одна статья одного автора, включая соавторство;
- если статья возвращается автору на доработку, исправленный вариант следует прислать в редакцию повторно, приложив письмо с ответами на замечания. Доработанный вариант статьи рецензируется и рассматривается редакционной коллегией вновь. Датой представления материала считается дата поступления в редакцию окончательного варианта исправленной статьи;
- аннотации всех публикуемых материалов, ключевые слова, информация об авторах, списки литературы будут находиться в свободном доступе на сайте соответствующего журнала и на сайте Российской научной электронной библиотеки - РУНЭБ (Российский индекс научного цитирования).

**ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ НАУЧНОЙ СТАТЬИ**

Научная статья, предоставляемая в журнал, должна иметь следующие **обязательные элементы**:

**Введение**

Укажите цели работы и предоставьте достаточный накопленный опыт, избегая подробного обзора литературы или обобщенных результатов.

**Материал и методы**

Предоставьте достаточно подробных сведений, чтобы можно было воспроизвести работу независимым исследователем. Методы, которые уже опубликованы, должны быть обобщены и указаны ссылкой. Если вы цитируете непосредственно из ранее опубликованного метода, используйте кавычки и также ссылаетесь на источник. Любые изменения существующих методов также должны быть описаны.

**Теория / расчет**

Раздел «Теория» должен продлить, а не повторять предысторию статьи, уже рассмотренную во введении, и заложить основу для дальнейшей работы. Напротив, раздел «Расчет» представляет собой практическое развитие с теоретической основы.

**Результаты**

Результаты должны быть четкими и краткими.

**Обсуждение**

Здесь необходимо рассмотреть значимость результатов работы, а не повторять их. Часто целесообразен комбинированный раздел «Результаты и обсуждение». Избегайте подробных цитат и обсуждений опубликованной литературы.

**Выводы**

Основные выводы исследования могут быть представлены в кратком разделе «Выводы», который может стоять отдельно или составлять подраздел раздела «Обсуждение» или «Результаты и обсуждение».

В тексте статьи **не рекомендуется**:

- применять обороты разговорной речи, техницизмы, профессионализмы;
  - применять для одного и того же понятия различные научно-технические термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке;
  - применять произвольные словообразования;
  - применять сокращения слов, кроме установленных правилами русской орфографии, соответствующими стандартами;
- Сокращения и аббревиатуры должны расшифровываться по месту первого упоминания (вхождения) в тексте статьи.

**ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ НАУЧНОЙ СТАТЬИ**

Статья должна быть набрана шрифтом Times New Roman, размер 12 pt с одинарным интервалом, текст выравнивается по ширине; абзацный отступ - 1,25 см, правое поле - 2 см, левое поле - 2 см, поля внизу и сверху - 2 см.

**Обязательные элементы:**

- **заглавие** (на русском и английском языке) публикуемого материала - должно быть точным и ёмким; слова, входящие в заглавие, должны быть ясными сами по себе, а не только в контексте; следует избегать сложных синтаксических конструкций, новых словообразований и терминов, а также слов узкопрофессионального и местного значения;

- **аннотация** (на русском и английском языке) - описывает цели и задачи проведенного исследования, а также возможности его практического применения, указывает, что нового несет в себе материал; рекомендуемый средний объем - 500 печатных знаков;

- **ключевые слова** (на русском и английском языке) - это текстовые метки, по которым можно найти статью при поиске и определить предметную область текста; обычно их выбирают из текста публикуемого материала, достаточно 5-10 ключевых слов;

- **список литературы** должен содержать не менее 20-ти источников. В списке литературы количество источников, принадлежащих любому автору не должно превышать 30% от общего количества.

**ПОСТРОЕНИЕ СТАТЬИ**

- Индекс универсальной десятичной классификации (УДК) - сверху слева с абзацным отступом.
- С пропуском одной строки - выровненные по центру страницы, без абзацного отступа и набранные прописными буквами светлым шрифтом 12 pt инициалы и фамилии авторов (И.И. ИВАНОВ).

- С пропуском одной строки - название статьи, набранное без абзацного отступа прописными буквами полужирным шрифтом 14 pt и расположенное по центру страницы.
- С пропуском одной строки - краткая (не более 10 строк) аннотация, набранная с абзацного отступа курсивным шрифтом 10 pt на русском языке. С абзацного отступа - ключевые слова на русском языке.
- Текст статьи, набранный обычным шрифтом прямого начертания 12 pt, с абзацной строки, расположенный по ширине страницы.
- Список литературы, набранный обычным шрифтом прямого начертания 10 pt, помещается в конце статьи. Заголовок «**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**» набирается полужирным шрифтом 12 pt прописными буквами с выравниванием по центру.
- После списка литературы, с абзацного отступа, приводятся набранные обычным шрифтом 10 pt сведения об авторах (на русском языке) в такой последовательности:  
Фамилия, имя, отчество (полужирный шрифт)  
Учреждение или организация  
Адрес  
Ученая степень, ученое звание, должность  
Электронная почта (обычный шрифт), не может повторяться у двух и более авторов
- С пропуском одной строки - выровненные по центру страницы, без абзацного отступа и набранные прописными буквами светлым шрифтом 12 pt инициалы и фамилии авторов (на английском языке).
- С пропуском одной строки - название статьи, набранное без абзацного отступа прописными буквами полужирным шрифтом 14 pt и расположенное по центру страницы (на английском языке).
- Краткая (не более 10 строк) аннотация, набранная с абзацного отступа курсивным шрифтом 10 pt, с абзацного отступа - ключевые слова (на английском языке).
- С абзацного отступа, приводятся набранные обычным шрифтом 10 pt сведения об авторах (на английском языке).

### **ТАБЛИЦЫ, РИСУНКИ, ФОРМУЛЫ**

Все таблицы, рисунки и основные формулы, приведенные в тексте статьи, должны быть пронумерованы.

**Формулы** следует набирать в редакторе формул Microsoft Equation 3.0 с размерами: обычный шрифт - 12 pt, крупный индекс - 10 pt, мелкий индекс - 8 pt.

Формулы, внедренные как изображение, не допускаются!

Русские и греческие буквы, а также обозначения тригонометрических функций, набираются прямым шрифтом, латинские буквы - курсивом.

Формулы располагают по центру страницы и нумеруют (только те, на которые приводят ссылки); порядковый номер формулы обозначается арабскими цифрами в круглых скобках около правого поля страницы.

В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими стандартами. Описание начинается со слова «где» без двоеточия, без абзацного отступа; пояснение каждого символа дается с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Единицы измерения даются в соответствии с Международной системой единиц СИ.

Переносить формулы на следующую строку допускается только на знаках выполняемых операций, причем знак в начале следующей строки повторяют.

#### ***Пример оформления формулы в тексте***

$$q_1 = (\alpha - 1)^2 (1 + \frac{1}{2\alpha}) / d, \quad (1)$$

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. 8,8

Цена свободная. Тираж 500 экз.

Заказ № 207

Отпечатано с готового оригинал-макета  
на полиграфической базе ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»  
302026, г. Орёл, ул. Комсомольская, 95