

ISSN 2073-7432

**МИР ТРАНСПОРТА
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН**

НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№ 1 (76) 2022

Научно-технический

журнал

Издается с 2003 года

Выходит четыре раза в год

№ 1(76) 2022

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)

<p>Главный редактор: Новиков А.Н. д-р техн. наук, проф.</p> <p>Заместитель главного редактора: Васильева В.В. к.т.н., доц.</p>	<h2>Содержание</h2> <h3>Эксплуатация, ремонт, восстановление</h3> <p><i>М.Д. Тебекин, А.Ю. Родичев, М.А. Токмакова, И.В. Родичева</i> Анализ способов безразборной диагностики механических коробок передач легковых автомобилей 3</p> <p><i>И.Ф. Дьяков, В.И. Дьяков</i> Анализ энергозатрат при эксплуатации автотранспортного средства 11</p> <p><i>А.Ю. Барыкин, В.В. Лянденбургский, Р.Х. Тахавиев, А.Д. Самигуллин</i> Оценка надёжности деталей ведущего моста автомобиля в условиях низких температур 17</p> <p><i>Р.И. Ли, Д.Н. Псарев, А.Н. Быконя</i> Улучшение эластомерного нанокompозита при восстановлении корпусных деталей автомобилей после инфракрасной обработки 24</p> <h3>Технологические машины</h3> <p><i>А.В. Паничкин, М.Ю. Чукалов, А.А. Божанов, К.В. Аксенов</i> Анализ методов расчета ограниченной подвижности в процессе криволинейного движения быстроходной гусеничной машины и основы прогнозирования ее подвижности 31</p> <h3>Безопасность движения и автомобильные перевозки</h3> <p><i>Л. П. Кузнецова, Б.А. Семенихин, И.П. Емельянов, К.Ю. Кузнецов</i> Анализ безопасности дорожного движения на автомобильной дороге «Курск – Львов – Рылъск – граница с Украиной» за 2018-2020 г 39</p> <p><i>О.Ю. Булатова</i> Концепция реализации технологии V2X для повышения эффективности дорожного движения 48</p> <p><i>Р.В. Гусейнов, М.Р. Ахмедова, К.А. Алиева</i> Методика выбора типа пешеходного перехода на внутригородских улицах с учетом безопасности движения пешеходов 54</p> <p><i>С.В. Еремин</i> Оптимизация структуры парка подвижного состава городского пассажирского транспорта в общей многокритериальной постановке 62</p> <p><i>Д.С. Михалёва, И.С. Брылев</i> Основные пути решения проблемы безопасности дорожного движения 69</p> <p><i>В.Н. Басков, А.В. Игнатов</i> Оценка работоспособности водителя и ее влияние на эффективность и безопасность перевозочного процесса 78</p> <p><i>А.Н. Новиков, Н.А. Загородний, Е.В. Дуганова, И.А. Новиков</i> Совершенствование системы автосервисного обслуживания для повышения безопасности дорожного движения 86</p> <h3>Вопросы экологии</h3> <p><i>В.А. Раков, Н.Н. Трушин</i> Анализ приспособленности трансмиссии автомобиля к характеристике топливной экономичности двигателя 95</p> <h3>Образование и кадры</h3> <p><i>Н.Н. Якунин, О.Ю. Фролов, Н.В. Якунина, В.В. Котов</i> Результаты исследования кадрового обеспечения автотранспортного комплекса региона (на примере республики Башкортостан) 103</p> <h3>Экономика и управление</h3> <p><i>Е.С. Козин, Р.А. Зиганшин, И.А. Якубов</i> Использование аддитивных технологий в процессе обеспечения запасными частями автотранспортных предприятий 112</p>
<p>Редколлегия: Агеев Е.В. д-р техн. наук, проф. (Россия) Агуреев И.Е. д-р техн. наук, проф. (Россия) Бажинов А.В. д-р техн. наук, проф. (Украина) Басков В.Н. д-р техн. наук, проф. (Россия) Бондаренко Е.В. 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) Корчагин В.А. д-р техн. наук, проф. (Россия) Мартюченко И.Г. д-р техн. наук, проф. (Россия) Митусов А.А. д-р техн. наук, проф. (Казахстан) Нордн В.В. к.т.н., проф. (Россия) Прентковский О. д-р техн. наук, проф. (Литва) Пржибыл П. д-р техн. наук, проф. (Чехия) Пушкарев А.Е. д-р техн. наук, проф. (Россия) Ременцов А.Н. д-р пед. наук, проф. (Россия) Сарбаев В.И. д-р техн. наук, профессор (Россия) Сиваченко Л.А. д-р техн. наук, проф. (Беларусь) Юнгмейстер Д.А. д-р техн. наук, проф. (Россия) Шарата А. д-р. наук, проф. (Польша)</p>	
<p>Ответственный за выпуск: Акимочкина И.В.</p>	
<p>Адрес редколлегии: 302030, Россия, Орловская обл., г. Орел, ул. Московская, 77 Тел. +7 905 856 6556 http://oreluniver.ru/ E-mail: srmostu@mail.ru</p>	
<p>Зарегистрировано в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство: ПИ № ФС77-67027 от 30.08.2016г.</p>	
<p>Подписной индекс: 16376 по объединенному каталогу «Пресса России» на сайтах www.ppressa-ru.ru и www.akc/ru</p>	
<p>© Составление. ОГУ имени И.С. Тургенева, 2022</p>	

Журнал входит в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук» ВАК по группе научных специальностей 05.22.00 - Транспортные системы:
05.22.01 - 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.

Scientific and technical journal

Published since 2003

A quarterly review

№ 1(76) 2022

World of transport and technological machines

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

<p><i>Editor-in-Chief</i> A.N. Novikov <i>Doc. Eng., Prof</i></p> <p><i>Associate Editor</i> V.V. Vasileva <i>Can. Eng.</i></p>	<h2>Contents</h2>
<p><i>Editorial Board:</i> E.V. Ageev <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> I.E. Agureev <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> A.V. Bazhinov <i>Doc. Eng., Prof. (Ukraine)</i> V.N. Baskov <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> E.V. Bondarenko <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> V.M. Vlasov <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> S.N. Glagolev <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> M. Demic <i>Doc. Eng., Prof. (Serbia)</i> A.S. Denisov <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> L. Żakowska <i>Ph.D., Doc. Sc., Prof. (Poland)</i> S.V. Zhankaziev <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> V.V. Zyryanov <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> V.A. Korchagin <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> I.G. Martychenko <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> A.A. Mitusov <i>Doc. Eng., Prof. (Kazakhstan)</i> V.V. Nordin <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> O. Prentkovskis <i>Doc. Eng., Prof. (Lithuania)</i> P. Pribyl <i>Doc. Eng., Prof. (Czech Republic)</i> A.E. Pushkarev <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> A.N. Rementsov <i>Doc. Edc., Prof. (Russia)</i> V.I. Sarbaev <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> L.A. Sivachenko <i>Doc. Eng., Prof. (Belarus)</i> D.A. Yungmeyster <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> A. Szarata <i>Ph.D., Doc. Sc., Prof. (Poland)</i></p>	<h3>Operation, Repair, Restoration</h3> <p><i>M.D. Tebekin, A.Yu. Rodichev, M.A. Tokmakova, I.V. Rodicheva</i> Analysis of methods of non-selective diagnostics of mechanical transmissions of passenger cars..... 3</p> <p><i>I.F. Dyakov, V.I. Dyakov</i> Application of a neural network for forecasting efficiency of vehicles... 11</p> <p><i>A.Yu. Barykin, V.V. Lyandenbursky, R.Kh. Takhaviev, A.D. Samigullin</i> Assessment of the reliability of parts of the drive axle of a car at low temperatures..... 17</p> <p><i>R.I. Li, D.N. Psarev, A.N. Bykonya</i> Improving recovery efficiency of vehicle body parts with elastomeric nanocomposite after infrared treatment 24</p> <h3>Technological machines</h3> <p><i>A.V. Panichkin, M.Y. Chukalov, A.A. Bozhanov, K.V. Aksenov</i> Analysis of methods for calculating mobility limitations in the process of curvilinear motion of a high-speed tracked vehicle and the basis for predicting its mobility..... 31</p> <h3>Road safety and road transport</h3> <p><i>L.P. Kuznetsova, B.A. Semenikhin, I.P. Emelyanov, K.Yu. Kuznetsov</i> Road safety analysis «Kursk – Lgov – Rylsk – border with Ukraine» for 2018-2020..... 39</p> <p><i>O.Yu. Bulatova</i> V2X implementation concept to improve traffic efficiency..... 48</p> <p><i>R.V. Guseynov, M.R. Akhmedova, K.A. Aliyeva</i> Methodology for choosing the type of pedestrian crossing on intracity streets..... 54</p> <p><i>S.V. Eremin</i> Optimization of the structure of the rolling stock of urban passenger transport in a general multi-criteria formulation..... 62</p> <p><i>D.S. Mikhaleva, I.S. Brylev</i> The main ways to solve the problem of the road safety..... 69</p> <p><i>V.N. Baskov, A.V. Ignatov</i> Performance assessment of the driver and its impact on the efficiency and safety of the transport process..... 78</p> <p><i>A.N. Novikov, N.A. Zagorodny, E.V. Duganova, I.A. Novikov</i> Improving the car service system to improve road safety..... 86</p> <h3>Ecological Problems</h3> <p><i>V.A. Rakov, N. N. Trushin</i> Analysis of vehicle transmission fitness to the characteristic of fuel efficiency of the engine..... 95</p> <h3>Education and Personnel</h3> <p><i>N.N. Yakunin, O.U. Frolov, N.N. Yakunina, V.V. Kotov</i> Research of staffing of the motor transport complex of the region (on the example of the republic of Bashkortostan)..... 103</p> <h3>Economics and Management</h3> <p><i>E.S. Kozin, R.A. Ziganshin, I.A. Yakubov</i> Usage of additive technologies in process of providing spare parts for motor transport companies..... 112</p>
<p><i>Person in charge for publication:</i> I.V. Akimochkina</p>	
<p><i>Editorial Board Address:</i> 302030, Russia, Orel, Orel Region, Moskovskaya str., 77 Tel. +7 (905)8566556 http://oreluniver.ru/ E-mail: srmostu@mail.ru</p>	
<p>The journal is registered in Federal Agency of supervision in sphere of communication, information technology and mass communications. Registration Certificate ПИ № ФС77-67027 of August 30 2016</p>	
<p>Subscription index: 16376 in a union catalog «The Press of Russia» on sites www.pressa-ru.ru и www.akc.ru</p>	
<p>© Registration. Orel State University, 2022</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 group of scientific specialties 05.22.00 - Transport systems:
05.22.01 - 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.

Научная статья

УДК 621.7

doi:10.33979/2073-7432-2022-76-1-3-10

М.Д. ТЕБЕКИН, А.Ю. РОДИЧЕВ, М.А. ТОКМАКОВА, И.В. РОДИЧЕВА

АНАЛИЗ СПОСОБОВ БЕЗРАЗБОРНОЙ ДИАГНОСТИКИ МЕХАНИЧЕСКИХ КОРОБОК ПЕРЕДАЧ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

***Аннотация.** Представлен анализ способов безразборной диагностики механических коробок передач легковых автомобилей. Рассмотрены традиционные способы диагностирования, их преимущества и недостатки. Выявлено, что среди перспективных способов диагностирования коробок передач наиболее эффективными являются виброакустические. Произведена классификация виброакустических способов диагностирования. Так же рассмотрены различные методы преобразования, анализа и обработки вибрационных сигналов для повышения точности диагностирования коробок передач.*

***Ключевые слова:** коробка передач, вибродиагностика, неисправность, зубчатое колесо, диагностика, сигнал*

Введение

Коробка передач является неотъемлемой частью любого автомобиля, она позволяет реализовывать весь потенциал мощностных и тяговых характеристик двигателя. Обеспечивает необходимую тягу для преодоления автомобилем максимального подъема или сложного участка пути с максимальной нагрузкой или максимально высокую скорость движения с сохранением заложенной экономичности двигателя [1, 2]. Механическая коробка передач включает в себя набор шестерен взаимодействующих между собой посредством муфт и синхронизаторов, валов и подшипников служащих для них опорами, а также механизма переключения передач [3].

Выход из строя хотя бы одного из элементов коробки передач приводит к выходу из строя самой коробки передач, что в свою очередь вызывает поломку автомобиля и его неспособность к дальнейшему передвижению. Эксплуатация автомобиля с такими дефектами в коробке передач приводит к усиленному износу остальных деталей в трансмиссии, в частности карданных, приводных валов и главной передачи. Возникает высокая вероятность резкого выхода из строя трансмиссии, в том числе и по причине заклинивания подшипников или шестерен, что значительно снижает безопасность движения и может привести к дорожно-транспортному происшествию [4]. Возникает проблема своевременного выявления зарождающихся неисправностей и дефектов в элементах коробки передач. В связи с этим актуальным является разработка эффективных, достоверных и оперативных методов и способов диагностирования коробок передач.

Материал и методы

На сегодняшний день диагностирование механических коробок передач сводится в основном к субъективным ощущениям водителя во время эксплуатации автомобиля, по появлению посторонних шумов, стуков, ударов со стороны коробки передач, затрудненному переключению передач, самопроизвольному выключению передач [5, 6]. Таким же образом диагностируют коробки передач и на автосервисных предприятиях – на слух, во время пробной поездки, а так же визуально на подъемнике на предмет течи масла и повреждения корпуса [7]. Обычно при появлении таких признаков неисправностей коробки передач в ней уже происходят необратимые изменения и ускоренный износ ее элементов. Возросшие зазоры в сопряжениях подшипников шестерен и муфт вызывают ударные многократно возрастающие знакопеременные нагрузки и провоцируют их дальнейший ускоренный износ, вплоть до полного выхода из строя коробки передач. Таким образом, при появлении первых признаков

неисправности КПП, зачастую она уже требует серьезного ремонта с полной разборкой и заменой многих деталей и может в любой момент выйти из строя, угрожая безопасности движения.

Теория

Вышеизложенное обосновывает необходимость в разработке, апробации и внедрении новых способов диагностирования МКПП, позволяющих оперативно и точно выявлять зарождающиеся дефекты до момента обнаружения их водителем во время эксплуатации.

Наиболее перспективными являются способы, заключающиеся в анализе вибрации возникающих в деталях коробки передач при ее работе или имитации таких условий работы.

Анализ вибрационных процессов (рис. 1) можно подразделить на основные виды:

- анализ во временной области – анализ формы сигнала, статистический анализ, анализ собственных колебаний;
- анализ в частотной области – спектральный анализ, синхронный спектральный анализ, спектральный анализ огибающей, кепстральный анализ;
- анализ во временной и частотной областях одновременно – вейвлетный анализ.



Рисунок 1 – Основные виды анализа вибрационных процессов

Учитывая изложенные в работе [8] результаты исследований, при увеличении зазоров в подвижных сопряжениях пропорционально увеличивается и вибрации в них. Актуальными являются исследования по диагностированию механических коробок передач, когда анализируется угловое положение шестерен. Это положение обычно неизвестно или известно с большим допуском, что вызывает серьезные трудности как при диагностике зубчатых колес, так и при диагностике подшипников. Фактически, шум и паразитные составляющие от исправных шестерен могут перекрывать информативное содержание зарождающихся неисправностей. В этой работе предлагается два альтернативных метода определения углового положения планетарных шестерен по отношению к преобразователю. Первый основан на изучении того, как энергия течет внутри синхронного среднего значения зубчатого венца, а второй метод основан на модифицированном статистическом параметре, таком как крест-фактор (коэффициент гребня) [9].

В работе [10] разработана методология диагностики неисправностей, которая способна обнаруживать, локализовать и определять тенденции неисправностей коробки передач в изменяющихся условиях эксплуатации, когда доступны только данные о вибрации от одного датчика, измеренные на исправной коробке передач. Предлагается двухэтапный процесс извлечения признаков и моделирования для определения рабочего состояния и на основе рабочего состояния, позволяющий обнаружить изменения в состоянии машины. Информация от оптимизированной машины и скрытых рабочих условий Марковских моделей статистически объединяется для генерации сигнала несоответствия, который затем обрабатывается для определения состояния коробки передач. Сигнал несоответствия обрабатывается и комбинируется со статистическими методами для автоматического обнаружения и локализации неисправностей и для анализа тенденций отказов с течением времени.

Для решения проблемы сложных неисправностей в коробках передач в работе [11] предлагается новый метод разреженного представления с достоверностью множественных источников, который может точно реализовать диагностику множественных неисправностей коробки передач без предварительного знания о количестве источников неисправностей. Кроме того, для обеспечения точности восстановления сигнала анализируется механизм отказа коробки передач. На основе этих данных создаются спецификации. Штрафная функция от нескольких источников создается для повышения точности сигнала, а условие выпуклости целевой функции дополнительно обсуждается для глобального минимума. Моделирование и инженерные сигналы используются для проверки универсальности предлагаемого метода.

Подход в работе [12] основан на внедрении в серийные автомобили системы мониторинга срока службы в реальном времени и в режиме онлайн, способной оценивать оставшийся срок службы зубчатых колес трансмиссии, непрерывно и в рабочих условиях. Цель состоит в том, чтобы разработать простой метод, который мог бы служить исходной информацией для стратегий управления или развития передачи. Система предназначена для отслеживания нагрузок в трансмиссии с помощью метода идентификации крутящего момента и накопления результирующих частичных повреждений на каждом этапе расчета, когда оценивается качественное и количественное исследование реальных случаев нагружения трансмиссии и их влияние на расчет повреждений. Эти нагрузки создаются ездовыми циклами, полученными из реальных условий эксплуатации. Благодаря этим исследованиям представлены технические требования, касающиеся качества сигнала, характеристик и подсчета, а также времени шага расчета. Также рассматривается метод определения крутящего момента на основе наблюдателя, основанный на расширенном фильтре Калмана и связанный с функцией распознавания передачи.

В работе [13] рассматривается использование метода глубокого случайного слияния массивов (DRFF) для повышения эффективности диагностики неисправностей коробок передач с использованием измерений датчика акустической эмиссии (АЕ) и акселерометра, которые используются для одновременного мониторинга состояния коробки передач. Статистические параметры преобразования вейвлет-пакета (WPT) сначала производятся из сигнала АЕ и сигнала вибрации соответственно. Две глубокие машины Больцмана (DBM) затем разрабатываются для глубокого представления статистических параметров WPT. Наконец, предлагается случайный массив для объединения выходов двух DBM в интегрированную модель DRFF. Предложенная методика DRFF оценивается с помощью экспериментов по диагностике неисправностей коробки передач в различных условиях эксплуатации и достигает 97,68 % степени классификации для 11 различных моделей состояний. По сравнению с другими одноранговыми алгоритмами указанный метод демонстрирует лучшую производительность. Результаты показывают, что сочетание акустических и вибрационных сигналов с глубоким обучением может улучшить возможности диагностики неисправностей коробок передач.

Новый алгоритм диагностики во временной области разработан и представлен в работе [14] для мониторинга неисправностей зубчатых передач, который демонстрирует улучшенную способность извлечения неисправностей из таких измеренных сигналов вибрации. Этот новый метод обнаружения неисправностей во временной области сочетает в себе мето-

ды быстрой динамической деформации времени (Fast DTW), а также методы коррелированного эксцесса (СК) для характеристики локальной неисправности шестерни и определения соответствующей неисправной шестерни и ее положения. Fast DTW используется для извлечения периодических импульсных возбуждений, вызываемых из неисправного зуба шестерни, используя оценочный опорный сигнал, который имеет ту же частоту, что и исправная шестерня сетку гармоник и построен с использованием вибрационных характеристик работы коробки передач в предположительно исправных условиях. Этот метод полезен в практическом анализе, чтобы выделить шаблоны боковых полос в ситуациях, когда данные часто загрязнены шумами процесса измерения и небольшими колебаниями рабочих скоростей, которые происходят даже в предполагаемых условиях устойчивого состояния. Затем извлеченный сигнал подвергается повторной дискретизации для последующего диагностического анализа с использованием метода СК. СК использует преимущества периодичности неисправностей редуктора, он используется для определения места неисправности редуктора в коробке передач. На основе смоделированных сигналов вибрации зубчатой гипоидной передачи показано, что подход на основе Fast DTW и СК может быть полезен для мониторинга состояния как в неподвижных осях, так и в планетарных редукторах.

В работе [15] предлагается новая методика выделения признаков неисправности для коробок передач с использованием метода разложения сигналов с учетом разреженности. Метод разложения сигналов с включенной разреженностью разделяет сигналы на основе колебательного поведения сигнала, а не частоты или масштаба. Таким образом, признак неисправности может быть нелинейно извлечен из сигналов вибрации. При реализации предложенного метода настраиваемо вейвлет-преобразование добротности, для которого можно легко задать коэффициент добротности, используется для редкого представления сигналов вибрации, а затем используется анализ морфологических компонентов (MCA) для оценки и разделения отдельных компонентов. Соответствующая задача оптимизации MCA решается с помощью алгоритма усадки расширенного Лагранжева расщепления (SALSA). С помощью предлагаемого метода вибрационные сигналы неисправного редуктора могут быть нелинейно разложены на высококолебательную составляющую и малоколебательную составляющую, что является признаком неисправности коробок передач.

Эффективные методы обработки сигналов необходимы для извлечения признаков неисправности, содержащихся в собранных сигналах вибрации редуктора. Дискретное вейвлет-преобразование с избыточным рациональным расширением (ORDWT) обладает привлекательными свойствами, такими как лучшая инвариантность к сдвигу, регулируемое частотно-временное распределение и гибкие вейвлет-атомы настраиваемых колебаний по сравнению с классическим диадическим вейвлет-преобразованием (DWT). Благодаря этим преимуществам ORDWT представляет собой универсальный инструмент, который можно адаптировать для анализа неисправностей коробки передач различных типов, особенно при анализе нестационарных и переходных характеристик сигналов. С целью выявления различных типов неисправностей, возникающих при диагностике неисправностей коробки передач, в работе [16] предлагается методика выделения признаков неисправности, основанная на ORDWT. В программе предложенного метода ORDWT используется как инструмент разложения предварительной обработки, а соответствующий метод последующей обработки объединяется с ORDWT для извлечения признака неисправности определенного типа.

Для решения проблемы диагностики неисправностей планетарных редукторов в статье [17] предлагается метод адаптивного стохастического резонанса (ASR). Метод ASR использует возможности оптимизации алгоритмов муравьиных колоний и адаптивно реализует оптимальную стохастическую резонансную систему, согласовывающую входные сигналы. Используя метод ASR, можно ослабить шум и выделить слабые характеристики, что позволит точно диагностировать неисправности. Используется стенд для испытаний планетарной коробки передач, и проводятся эксперименты с дефектами солнечной шестерни, включая сколы зуба и отсутствующий зуб. Сигналы вибрации собираются в условиях нагрузки и при различных скоростях двигателя. Предлагаемый метод используется для обработки собран-

ных сигналов, а результаты выделения признаков и диагностики неисправностей демонстрируют его эффективность.

При спектральном анализе вибрационных сигналов многозубчатых приводов и неизвестных первоначальных параметрах вибрации можно диагностировать наличие повреждения зубьев зубчатых колес по величине коэффициента модуляции [18, 19], величина которого всегда находится в интервале $0 < K_m < 1$. При больших значениях коэффициента возрастает вероятность развитого локального повреждения зубчатого колеса. Предложенный коэффициент модуляции показал низкую чувствительность к удаленности датчика от источников вибрации, так как зависит не от абсолютных значений амплитуд семейства боковых полос, а от их количества и соотношения с центральными зубцовыми гармониками. коэффициент модуляции для каждой совокупности зубцовой и комбинированных частот по формуле:

$$K_M^m = \left(1 - \sqrt[k]{\sum_1^k \frac{|A(mf_z) - A(mf_z \pm kf_0)|}{|A(mf_z) + A(mf_z \pm kf_0)|}} \right), \quad (1)$$

где A – амплитуда импульса.

Появление и развитие дефектов контактирующих поверхностей отражается как на частотах пересопряжения зубьев $f_z = zf_0$ и их гармониках mf_z , так и на модуляционных частотах $mf_z \pm kf_0$ в окрестности зубцовых гармоник (m и $k = 1, 2, \dots$) (1). Следует отметить, что общее число различных боковых гармоник k может колебаться в пределах от четырех до шести и более [20-23].

Результаты и обсуждение

Анализ способов безразборной диагностики механических коробок передач легковых автомобилей показывает, что наиболее перспективными с точки зрения точности, простоты, оперативности и мобильности исполнения, являются способы вибрационной диагностики. На сегодняшний день они разработаны, апробированы и внедрены для контроля и диагностики различных двигателей. Однако применение указанных методов для трансмиссии и в частности для коробок передач практически отсутствует [24-26]. В свою очередь ведутся исследования по повышению точности измерений виброакустическими способами. Разрабатываются и апробируются различные методы анализа вибрационных процессов.

Наиболее перспективным направлением дальнейшего развития вибродиагностики как коробок передач, так и других агрегатов и механизмов является интеграция и совместный анализ двух или более различных способов обработки и выявления необходимых составляющих сигнала, для более точного определения неисправности в механизме.

Выводы

По результатам проведенного анализа способов безразборной диагностики механических коробок легковых автомобилей можно сделать следующие выводы:

- для проведения планомерного контроля коробок передач легковых автомобилей, в условиях автосервиса, наиболее целесообразно применять безразборные метод диагностики;
- наиболее перспективным среди безразборных методов контроля и диагностики коробок передач легковых автомобилей является виброакустический;
- виброакустический метод контроля и диагностики коробок передач легковых автомобилей наиболее информативный, основанный на анализе нескольких получаемых информационных потоках, обработка которых может производиться ранее известными методами преобразования;
- таким образом для дальнейшего изучения и применения на практике виброакустического метода безразборного контроля и диагностики коробок передач легковых автомобилей необходимо создание специализированной установки или стенда, которые позволят адаптировать известное оборудование для нового объекта в конкретных условиях эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волгин, В.В. Бесприборная диагностика неисправностей легковых автомобилей / В.В. Волгин. – СПб: Питер, 2011. – 169 с.

2. Новиков, А.Н. Технологические основы восстановления и упрочнения деталей сельскохозяйственной техники из алюминиевых сплавов электрохимическими способами / А.Н. Новиков. – Орел: ОрелГАУ, 2001. – 233 с.
3. Федотов, А.И. Диагностика автомобиля : учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров и магистров «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» / А.И. Федотов. – Иркутск: Иркутский гос. технический ун-т., 2012. – 476 с.
4. Громаковский, А.А. Диагностика неисправностей автомобиля в понятных схемах / А.А. Громаковский. – СПб: Питер, 2009. – 196 с.
5. Набоких, А.Н. Диагностика электрооборудования автомобилей и тракторов / Ф.Н. Набоких – М.: Форум, 2015. – 210 с.
6. Трейси, М. Диагностика и ремонт автомобильного оборудования / М. Трейси – М.: Эксмо, 2016. – 342 с.
7. Генкин, М.Д. Виброакустическая диагностика машин и механизмов / М.Д. Генкин, А.Г. Соколова. – М.: Машиностроение, 1987. – 288 с.
8. Тебекин, М.Д. Технология диагностирования шаровых шарниров легковых автомобилей с помощью вибрационного способа / М.Д. Тебекин, А.А. Катунин, А.Н. Новиков // Информационные технологии и инновации на транспорте: сб. мат. второй Международной научно-практической конф. – Орел: ОГУ им. И.С. Тургенева, 2016.
9. G. D'Elia. On the identification of the angular position of gears for the diagnostics of planetary gearboxes / G. D'Elia, E. Mucchi, M. Cocconcelli // Mechanical systems and signal processing. - V. 83. – 2017. – P. 305-320.
10. S. Schmidt. A novelty detection diagnostic methodology for gearboxes operating under fluctuating operating conditions using probabilistic techniques / S. Schmidt, P.S. Heyns, J.P. de Villiers // Mechanical systems and signal processing. – V.100. – 2018. – P. 152-166.
11. Weiguo Huang. Multi-source fidelity sparse representation via convex optimization for gearbox compound fault diagnosis / Weiguo Huang // Journal of Sound and vibration. – V. 496. – 2021. – P. 115879.
12. S. Foulard, M. Online and real-time monitoring system for remaining service life estimation of automotive transmissions – application to a manual transmission / S. Foulard, M. Ichchou, S. Rinderknecht, J. Perret-Liaudet // Mechatronics. – V. 30. – 2015. – P. 140-157.
13. Chuan Li. Gearbox fault diagnosis based on deep random forest fusion of acoustic and vibratory signals / Chuan Li // Mechanical systems and signal processing. – V. 76-77. – 2016. – P. 283-293.
14. Liu Hong. A time domain approach to diagnose gearbox fault based on measured vibration signals / Liu Hong, Jaspreet Singh, Dhupia // Journal of Sound and vibration. – V. 333. – 2014. – P. 2164-2180.
15. Gaigai Cai. Sparsity-enabled signal decomposition using tunable Q-factor wavelet transform for fault feature extraction of gearbox / Gaigai Cai, Xuefeng Chen, Zhengjia He // Mechanical systems and signal processing. – V. 41. – 2013. – P. 34-53.
16. Binqiang Chen. Fault feature extraction of gearbox by using overcomplete rational dilation discrete wavelet transform on signals measured from vibration sensors / Binqiang Chen // Mechanical systems and signal processing. – V. 33. – 2012. – P. 275-298.
17. Yaguo Lei. Planetary gearbox fault diagnosis using an adaptive stochastic resonance method / Yaguo Lei, Dong Han, Jing Lin, Zhengjia He // Mechanical systems and signal processing. – V. 38. – 2013. – P. 113-124.
18. Омесь, Д.В., Вибрационные методы идентификации поврежденных зубчатых колес в составе многовальных приводов / Д.В. Омесь, А.В. Драган // Неразрушающий контроль и диагностика. – №2. – 2017. – Брест: УО «Брестский государственный технический университет». – С. 33-48.
19. Скворцов, А.А. Разработка методики виброакустической диагностики ведущих мостов легковых автомобилей для бортовой системы диагностирования агрегатов трансмиссии : дисс. ... канд. техн. наук / Скворцов А.А. – Ижевск, 2014. – 214 с.
20. Майоров, М.В. Разработка комплексного метода диагностирования ступичных подшипников автомобиля : дисс. ... канд. техн. наук / Майоров М.В. – Орел, 2015. – 236 с.
21. Контроль состояния и диагностика машин. Вибрационный контроль состояния машин. Часть 1. Общие методы: ГОСТ Р ИСО 13373-1 – 2009. – Издание официальное. – М.: Стандартинформ, 2010. – 47 с.
22. ГОСТ Р ИСО 13373-2 – 2009. Контроль состояния и диагностика машин. Вибрационный контроль состояния машин. – Часть 2. Обработка, анализ и представление результатов измерений вибраций. – М.: Стандартинформ, 2010. – 28 с.
23. Lebold, M. Review of vibration analysis methods for gearbox diagnostics and prognostics / M. Lebold, K. McClintic, R. Campbell, C. Byington, K. Maynard // Proceedings of the 54th meeting of the society for machinery failure prevention technology. – Virginia Beach, VA. – 2000. – P. 623-634.
24. Новиков, А.Н. Восстановление и упрочнение деталей машин, изготовленных из алюминиевых сплавов, электрохимическими способами: учебное пособие / А.Н. Новиков, Н.В. Бакаева. – Орел, 2004.
25. Производственно-техническая инфраструктура предприятий автосервиса: учебник для студентов / А.Н. Новиков, Н.И. Веревкин, А.Л. Севостьянов, Н.В. Бакаева. – Москва, 2015.
26. Современные проблемы и направления развития конструкций автомобилей: учебное пособие / Е.В. Агеев, А.Н. Новиков, Е.В. Агеева, С.В. Хардигов. – Курск, 2017.

Тебекин Максим Дмитриевич

Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева
Адрес: 302030, Россия, г. Орел, ул. Московская, д. 77
К.т.н., ст. преподаватель кафедры сервиса и ремонта машин
E-mail: srmostu@mail.ru

Родичев Алексей Юрьевич

Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева
Адрес: 302030, Россия, г. Орел, ул. Московская, д. 77
К.т.н., доцент кафедры сервиса и ремонта машин
E-mail: rodfox@yandex.ru

Токмакова Мария Андреевна

Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева
Адрес: 302020, Россия, г. Орёл, ул. Московская, д. 77
Аспирант
E-mail: tokmakova2303@gmail.com

Родичева Ирина Владимировна

Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева
Адрес: 302030, Россия, г. Орел, ул. Московская, д. 77
Магистрант
E-mail: rodfox@yandex.ru

M.D. TEBEKIN, A.Yu. RODICHEV, M.A. TOKMAKOVA, I.V. RODICHEVA

ANALYSIS OF METHODS OF NON-SELECTIVE DIAGNOSTICS OF MECHANICAL TRANSMISSIONS OF PASSENGER CARS

***Abstract.** The article presents an analysis of methods of non-selective diagnostics of mechanical transmissions of passenger cars. The traditional methods of diagnosis, their advantages and disadvantages are considered. It is revealed that among the promising methods of diagnosing gearboxes, the most effective are vibroacoustic. The classification of vibroacoustic diagnostic methods is made. Various methods of transformation, analysis and processing of vibration signals to improve the accuracy of diagnosis of gearboxes are also considered.*

***Keywords:** transmission, vibration diagnostics, malfunction, gear wheel, diagnostics, signal*

BIBLIOGRAPHY

1. Volgin, V.V. Bespribornaya diagnostika neispravnostey legkovykh avtomobiley / V.V. Volgin. – SPb: Piter, 2011. – 169 s.
2. Novikov, A.N. Tekhnologicheskie osnovy vosstanovleniya i uprochneniya detaley sel'skokhozyaystvennoy tekhniki iz alyuminievykh splavov elektrokhimicheskimi sposobami / A.N. Novikov. – Орел: ОрелGAU, 2001. – 233 s.
3. Fedotov, A.I. Diagnostika avtomobilya [Tekst]: uchebnik dlya studentov vuzov, obuchayushchikhsya po napravleniyu podgotovki bakalavrov i magistrov «Ekspluatatsiya transportno-tekhnologicheskikh mashin i kompleksov» / A.I. Fedotov. – Irkutsk: Irkutskiy gos. tekhnicheskoy un-t., 2012. – 476 s.
4. Gromakovskiy, A.A. Diagnostika neispravnostey avtomobilya v ponyatnykh skhemakh / A.A. Gromakovskiy. – SPb: Piter, 2009. – 196 s.
5. Nabokikh, A.N. Diagnostika elektrooborudovaniya avtomobiley i traktorov / F.N. Nabokikh. – М.: Forum, 2015. – 210 s.
6. Treysi, M. Diagnostika i remont avtomobil'nogo oborudovaniya / M. Treysi. – М.: Eksmo, 2016. – 342 s.
7. Genkin, M.D. Vibroakusticheskaya diagnostika mashin i mekhanizmov / M.D. Genkin, A.G. Soko-lova. – М.: Mashinostroenie, 1987. – 288 s.
8. Tebekin, M.D. Tekhnologiya diagnostirovaniya sharovykh sharnirov legkovykh avtomobiley s pomoshch'yu vibratsionnogo sposoba / M.D. Tebekin, A.A. Katunin, A.N. Novikov // Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte: sb. mat. vtoroy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konf. – Орел: OGU im. I.S. Turgeneva, 2016.
9. G. D'Elia. On the identification of the angular position of gears for the diagnostics of planetary gearboxes / G. D'Elia, E. Mucchi, M. Cocconcelli // Mechanical systems and signal processing. – V. 83. – 2017. – P. 305-320.

10. S. Schmidt. A novelty detection diagnostic methodology for gearboxes operating under fluctuating operating conditions using probabilistic techniques / S. Schmidt, P.S. Heyns, J.P. de Villiers // Mechanical systems and signal processing. – V.100. – 2018. – P. 152-166.
11. Weiguo Huang. Multi-source fidelity sparse representation via convex optimization for gearbox compound fault diagnosis / Weiguo Huang // Journal of sound and vibration. – V. 496. – 2021. – R. 115879.
12. S. Foulard, M. Online and real-time monitoring system for remaining service life estimation of automotive transmissions - application to a manual transmission / S. Foulard, M. Ichchou, S. Rinderknecht, J. Perret-Liaudet // Mechatronics. – V. 30. – 2015. – P. 140-157.
13. Chuan Li. Gearbox fault diagnosis based on deep random forest fusion of acoustic and vibratory signals / Chuan Li // Mechanical systems and signal processing. – V. 76-77. – 2016. – P. 283-293.
14. Liu Hong. A time domain approach to diagnose gearbox fault based on measured vibration signals / Liu Hong, Jaspreet Singh, Dhupia // Journal of sound and vibration. – V. 333. – 2014. – P. 2164-2180.
15. Gaigai Cai. Sparsity-enabled signal decomposition using tunable Q-factor wavelet transform for fault feature extraction of gearbox / Gaigai Cai, Xuefeng Chen, Zhengjia He // Mechanical systems and signal processing. – V. 41. – 2013. – P. 34-53.
16. Binqiang Chen. Fault feature extraction of gearbox by using overcomplete rational dilation discrete wavelet transform on signals measured from vibration sensors / Binqiang Chen // Mechanical systems and signal processing. – V. 33. – 2012. – P. 275-298.
17. Yaguo Lei. Planetary gearbox fault diagnosis using an adaptive stochastic resonance method / Yaguo Lei, Dong Han, Jing Lin, Zhengjia He // Mechanical systems and signal processing. – V. 38. – 2013. – P. 113-124.
18. Omes', D.V., Vibratsionnye metody identifikatsii povrezhdennykh zubchatykh koles v sostave mnogoval'nykh privodov / D.V. Omes', A.V. Dragan // Nerazrushayushchiy kontrol' i diagnostika. – №2. – 2017. – Brest: UO «Brestskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet». – S. 33-48.
19. Skvortsov, A.A. Razrabotka metodiki vibroakusticheskoy diagnostiki vedushchikh mostov legkovykh avtomobiley dlya bortovoy sistemy diagnostirovaniya agregatov transmissi: diss. ... kand. tekhn. nauk / Skvortsov A.A. – Izhevsk, 2014. – 214 s.
20. Mayorov, M.V. Razrabotka kompleksnogo metoda diagnostirovaniya stupichnykh podshipnikov avtomobilya: diss. ... kand. tekhn. nauk / Mayorov M.V. – Orel, 2015. – 236 s.
21. Kontrol' sostoyaniya i diagnostika mashin. Vibratsionnyy kontrol' sostoyaniya mashin. Chast' 1. Obshchie metody: GOST R ISO 13373-1-2009. – Izdanie ofitsial'noe. – M.: Standartinform, 2010. – 47 s.
22. GOST R ISO 13373-2-2009. Kontrol' sostoyaniya i diagnostika mashin. Vibratsionnyy kontrol' sostoyaniya mashin. – Chast' 2. Obrabotka, analiz i predstavlenie rezul'tatov izmereniy vibratsiy. – M.: Standartinform, 2010. – 28 s.
23. Lebold, M. Review of vibration analysis methods for gearbox diagnostics and prognostics / M. Lebold, K. McClintic, R. Campbell, C. Byington, K. Maynard // Proceedings of the 54th meeting of the society for machinery failure prevention technology. – Virginia Beach, VA. – 2000. – P. 623-634.
24. Novikov, A.N. Vosstanovlenie i uprochnenie detaley mashin, izgotovlennykh iz alyuminievykh splavov, elektrokhimicheskimi sposobami: uchebnoe posobie / A.N. Novikov, N.V. Bakaeva. – Orel, 2004.
25. Proizvodstvenno-tekhnicheskaya infrastruktura predpriyatiy avtoservisa: uchebnyy dlya studentov / A.N. Novikov, N.I. Verevkin, A.L. Sevost'yanov, N.V. Bakaeva. – Moskva, 2015.
26. Sovremennyye problemy i napravleniya razvitiya konstruksiy avtomobiley: uchebnoe posobie / E.V. Ageev, A.N. Novikov, E.V. Ageeva, S.V. Hardikov. – Kursk, 2017.

Tebekin Maksim Dmitrievich

Orel State University
Address: 302026, Russia, Orel, Moscovskaya str., 77
Candidate of technical sciences
E-mail: srmostu@mail.ru

Rodichev Aleksei Yrievich

Orel State University
Address: 302020, Russia, Orel, Moscovskaya str., 77
Candidate of technical sciences
E-mail: rodfox@yandex.ru

Tokmakova Maria Andreevna

Orel State University
Address: 302020, Russia, Orel, Moscovskaya str., 77
Postgraduate student
E-mail: tokmakova2303@gmail.com

Rodicheva Irina Vladimirovna

Orel State University
Address: 302020, Russia, Orel, Moscovskaya str., 77
Undergraduate
E-mail: rodfox@yandex.ru

Научная статья

УДК 629.33

doi:10.33979/2073-7432-2022-76-1-11-16

И.Ф. ДЬЯКОВ, В.И. ДЬЯКОВ

АНАЛИЗ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Аннотация. Приведены результаты исследования энергозатрат в процессе эксплуатации автотранспортного средства. Цель работы – формализовать, то есть математически осуществить своевременность проведения технического обслуживания и уменьшить трудоемкость текущего ремонта транспортного средства. Для достижения цели использованы энергозатраты путем анализа их в сфере эксплуатации и возможности применения нейронных сетей для прогнозирования трудоемкости текущего ремонта. Получены результаты оптимальных параметров нейронной сети в различных единицах измерения.

Ключевые слова: трудоемкость, нейронная сеть, прогнозирование, транспортные средства, перцептроны

Введение

Грузовые автотранспортные предприятия эксплуатируют транспортные средства в различных дорожных и климатических условиях. При такой эксплуатации требуется своевременное техническое обслуживание и качественный текущий ремонт, которые обеспечивают минимальные простои и затраты. Использование транспортных средств, имеющих большой срок эксплуатации существенно ухудшает такие показатели, как производительность и работоспособность, резко возрастают трудовые и материальные затраты на запасные части и расход топлива. В сфере эксплуатации потребителей интересуют не столько начальные показатели технико-эксплуатационных свойств, сколько динамика их изменения в течение всего периода эксплуатации. Изменения реализуемых показателей отражаются на эффективности работы транспортных средств, потребности в трудовых и материальных ресурсах. Уровень работоспособности транспортного средства оказывает непосредственное влияние на годовую производительность. При расчете производительности плановые органы и потребитель должны учитывать не начальные значения показателей, а реализуемые в данных условиях. Существенное влияние на работоспособность транспортных средств оказывает оптимальная система обслуживания. Использование транспортного средства, имеющего большой пробег с начала эксплуатации, ухудшает эксплуатационные свойства, сокращается коэффициент технической готовности и, как следствие, производительность.

Цель работы – снижения трудоемкости ремонта транспортных средств за счет своевременного прогнозирования отказов и периодичности обслуживания в сфере эксплуатации. Корректировки периодичности обслуживания приводят к эффективности работы на линии.

Несвоевременное обслуживание способствует непредусмотренным поломкам деталей транспортных средств, приводит к увеличению затрат запасных частей и простоя на текущий ремонт [1-2]. Поставленная цель достигается решением следующих задач:

- 1) анализ эффективности использования транспортных средств в сфере эксплуатации;
- 2) применение технологии нейронных сетей для прогнозирования трудоемкости текущего ремонта;
- 3) разработка рекомендаций по уточнению периодичности технического обслуживания.

Материал и методы

Для исследования были использованы грузовые автомобили (ЗИЛ, КамАЗ, ГАЗ, УАЗ) непосредственно в транспортном предприятии. Многочисленные исследования в реальных условиях эксплуатации (автоколонна 1183 г. Ульяновска) показали, что километры пробега недостаточно полно связаны с отказами, а соответственно с трудоемкостью ремонта. В таблице 1 приведены эксплуатационные показатели подвижного состава в условиях эксплуатации.

Таблица 1 – Эксплуатационные показатели автомобилей с различной нагрузкой

Тип подвижного состава	Машино-дни		Средний годовой пробег, тыс. км.	Периодичность обслуживания, ТО-1/ТО-2 тыс. км.	Количество отказов на, тыс. км пробега
	В работе	Удельные простои, ТР/тыс.км пробега			
ГАЗ-33027	236	0,275	40,50	3,0/12	0,8
КамАЗ-5410	206	1,06	46,18	3,0/12	1,2
ЗИЛ-130 В	172	2,43	34,25	3,0/12	1,3
Седельный тягач ЗИЛ-44151	150	3,2	48,0	3,0/12	1,8
Седельный тягач ЗИЛ-44151 с одним прицепом	174	2,8	40,44	3,0/12	2,7
ЗИЛ-43310 с двумя полуприцепами	169	3,2	29,29	3,0/12	2,47

Теория / расчет

Техническое состояние транспортных средств в основном зависит от внешней нагрузки, влияющей на режим работы двигателя и трансмиссии.

Они сказываются не только на отказах, влияющих непосредственно на затраты, связанные с техническим обслуживанием, ремонтом, но и на сопутствующих затратах. Согласно данным, полученным в автотранспортных предприятиях, установлено, что отказы, в основном зависят от режимов нагружения и дорожных условий, они, в свою очередь, на расход топлива [23]. На первом этапе были рассмотрены отказы с количеством расхода топлива, но учет не обеспечил точность расчета. На втором этапе были использованы отказы с технико-эксплуатационными свойствами. По данным автотранспортного предприятия составлены корреляционные поля между трудоемкостью и пробегом и трудоемкостью и наработкой.

Величина расчетной наработки энергозатрат J_{S_i} на перевозку грузов транспортным средством определена из выражения:

$$J_{S_i} = \left\{ L \left[m_i (k_\gamma \beta + \eta_\sigma) \right] + \sum_{i=1}^n R_i^{TP} l_i(r_i) + F_h l_2 \operatorname{tg} \alpha + (F_w + F_j) h_g - F_f r_k \right\} \frac{1}{t_{дв}^2} 0,272, \quad (1)$$

где L – пробег за рассматриваемый период;

m_i – масса транспортного средства;

k_γ, β – соответственно, коэффициенты использования грузоподъемности и пробега;

η_σ – коэффициент использования снаряженной массы транспортного средства;

R_i^{TP} – сила трения трущихся звенев;

$l_1(r)$ – длина контакта трущихся поверхностей или радиус звена;

F_h – сила дорожного сопротивления при подъеме;

$l_2 \operatorname{tg} \alpha$ – высота подъема дорожного полотна;

F_w, F_j, F_f – соответственно, сила сопротивления воздушного потока, инерционная сила, сила сопротивления качению колеса;

h_g – высота центра тяжести транспортного средства;

r_k – радиус колеса;

$t_{дв}$ – время нахождения транспортного средства в рабочем режиме;

0,272 – коэффициент перевода из Н·м в кВт·ч.

Коэффициент корреляции между трудоемкостью ремонта и обслуживания по пробегу составил $r_{итс} = 0,603$, а энергозатратам – $r_{jтс} = 0,763$, то есть 24,8 % выше, чем по пробегу. Энергозатраты определялись как расчетным методом, так и с помощью разработанного прибора [3].

Если величину наработки определяют за год или более, то коэффициенты β , k_γ и силы сопротивления принимают по средним значениям, исходя из средней скорости движения. Аэродинамическая сила и сила сопротивления инерции дают момент против часовой стрелки. Плечом этих сил является высота центра тяжести транспортного средства, а сила сопротивления качению – отрицательный момент, плечом служит радиус качения колеса.

Для непосредственного замера энергозатрат транспортного средства использован прибор, который опубликован на страницах журнала [4, 22] и на него получены авторские свидетельства [5-6]. В таблице 2 приведены результаты измерения энергозатрат подвижного состава на километр пробега в одинаковых дорожных условиях при средней скорости движения 20 км/ч. Рассмотренные в условиях неопределенности отказы, связанные со сложностью их ремонта группированы на трудоёмкие и невозстанавливаемые детали [7-12]. Выбранный подвижной состав, содержит $N=15$ единиц, которые разделены на обучающую, тестирующую и контролирующую выборки [13-17, 21] с наработкой 1,55, тестирующей для прогнозирования – 2,58 и контролирующей более 2,58 тыс. кВт·ч. Для прогнозирования удельной трудоемкости текущего ремонта транспортного средства принят пять диапазонов: 0,0160-0,0170; 0,0171-0,0180, 0,0181-0,0190, 0,0191-0,0200, 0,0201-0,0210 чел.-ч/тыс. кВт·ч. Для каждого отказа с определенной трудоемкостью задан в виде матрицы 7×5 как последовательность нулей и единиц.

При обучении применены эталонные значения пар <вход-выход> и подбор весов w_{ij} , чтобы выходной сигнал Δv_{J_s} соответствовал заданному значению трудоемкости $[d_{J_s}]$.

Для прогнозирования изменения трудоемкости транспортного средства предложена функция распределения Вейбулла [18-20]. Проверка меры согласованности значений весов произведена определением коэффициента корреляции $r_{jтс}$. Для каждого агрегата определяется коэффициент корреляции в отдельности. Тогда весовой коэффициент выражался путем деления коэффициента корреляции на общий суммарный коэффициент корреляции всех агрегатов в виде

$$w_i = \frac{r_i}{\sum_{i=1}^m r_{jтс}}, \quad (2)$$

где r_i – коэффициент корреляции i -го агрегата;

m – количество измерений.

После согласования сравниваются значения весовых коэффициентов с пороговыми данными W_{i0} , а также значения весовых коэффициентов агрегатов контролируемых транспортных средств. Значения весовых коэффициентов каждого агрегата после обучения получены 0,66 относится к двигателю; 0,157 – коробке передач; 0,07 – износу протектора шины; 0,052 – рулевому управлению и 0,043 – подвеске.

Результаты и обсуждение

В таблице 2 приведены результаты исследования транспортных средств, эксплуатирующихся в производственных условиях.

Таблица 2 – Сравнительные данные различных транспортных средств в одинаковых дорожных условиях

Марка автомобиля	Энергозатраты на км. пробега, кВт·ч	
	Без груза	С грузом
УАЗ-3303	0,346	0,554
ЗИЛ-433360	0,403	1,725
КамАЗ-5320	0,535	1,201
КрАЗ-250	0,707	1, 238

В таблице 3 приведены прогнозируемые результаты исследования при техническом обслуживании и ремонта транспортных средств в условиях эксплуатации. Удельные энергозатраты на техническое обслуживание и текущий ремонт КамАЗ-5320 завышены при ТО-1 на 11 %, ТО-2 –16 % по сравнению с пробегом УАЗ завышены на 13,4 %. Периодичность обслуживания ТО-1 для автомобиля УАЗ требует снижения на 13,4, а для автомобиля КамАЗ – повышения на 11 %.

Таблица 3 – Результаты прогнозируемой трудоемкости технических воздействий

Марка автомобиля	Периодичность обслуживания, тыс.км.сущ./предл.		Прогнозируемая трудоемкость обслуживания, чел-ч./тыс.км (кВт · ч)		Прогнозируемая трудоемкость текущего ремонта, чел-ч./тыс. км (кВт · ч)
	ТО-1	ТО-2	ТО-1	ТО-2	
КамАЗ-5320	3/3,33	12/13,95	3,4/3,82	14,5/16,29	8,5/9,55
ЗИЛ-433360	3/3,94	12/11,27	2,7/3,55	10,8/14,21	4,0/5,26
УАЗ-3303	3,0/2,60	12/13,33	1,5/1,30	7,8/6.76	3,6/3,12

Периодичность технического обслуживания возможно с учетом условий и срока эксплуатации для каждой модели транспортного средства в автотранспортных предприятиях самостоятельно, используя рекомендации НИИАТ Тем самым, обеспечивается оптимальная работоспособность транспортного средства с минимальными затратами на текущий ремонт.

Выводы

1. Автомобиль ЗИЛ-433360 при грузоподъемности 6 т на собственный вес затрачивает на 30% энергии больше, чем автомобиль КамАЗ -5320 при грузоподъемности 8 т.
2. Планирование периодичности технического обслуживания, оценка надежности и эффективности использования транспортных средств возможно после корректировки километров пробега,
3. Исследования показали следующие результаты: коэффициент коррекции технического обслуживания для автомобиля ЗИЛ-433360 – 0,76 и КамАЗ-5320 – 0,89.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горяев, И.А. Зависимость затрат на запасные части от возраста подвижного состава автомобильного транспорта / И.А. Горяев // Вестник ЮУрГУ. – 2012. – №44. – С. 185-186.
2. Шишлов, А.Н. Техническое обслуживание и ремонт автотранспорта: учебно-практическое пособие / А.Н. Шишлов, С.В. Лебедев, М.П. Быховский. – М.: Транспорт, 2017. – 352 с.
3. Дьяков, И.Ф. Эффективный прибор / И.Ф. Дьяков, Н.П. Логинов // Автомобильный транспорт. – № 4. – 1986. – С. 14-17.
4. Dyakov, I.F. Optimizacion problems in designing automobils / I.F.Dyakov, O.V. Prentkovski // Transport. – №4. – Vilnius. – 2008. – P. 316-323.
5. А.с. 688910 СССР, МПК G 07 C 5/10. Устройство для учета ресурса транспортных машин / Дьяков И.Ф., Журавлев Ю.А., Старцев Н.Н. – 4747995; заявлено 22.02.78; опубл. 30.09.79, Бюл. 36. – С. 3.

6. А.с. 1206825 СССР, МПК G 07 C 5/10. Устройство для учета работы двигателя транспортной машины / Дьяков И.Ф., Мартищенко К.И., Данкевич В.И. – 3628722; заявлено 01.08. 83, Бюл. 3. – С. 3.
7. Бычков, В. П. Экономика автотранспортного предприятия: учебное пособие / В.П. Бычков. – М.: ИНФРА-М. – 2013. – 384 с.
8. Дидманидзе, О.Н. Концепция технического сервиса по фактическому состоянию машин на основе оценки их параметрической надежности / О.Н. Дидманидзе, Д.В. Варнаков, В.В. Варнаков // Вестник Московского государственного агроинженерного университета им. В. Н. Горячкина. – 2016. – №2(72). – С. 51 – 57.
9. Дьяков, И.Ф. Уточнение эксплуатационной надежности транспортного средства / И.Ф. Дьяков // Теоретические и практические аспекты научных исследований: материалы международной конференции. – Т. 2. – София. – 2019. – С. 22-32.
10. Дьяков, И.Ф. Прогнозирование эффективных свойств двигателей транспортного средства / И.Ф. Дьяков, А.П. Пинков, Д.В. Кольнев, В.И. Дьяков // THE SETENTIFIGE HERITGEE. – Прага. – №41-1(41). – 2019. – С. 17-27.
11. Дьяков, И.Ф. Методы оценки технологичности транспортного средства / И.Ф. Дьяков, Ю.В. Моисеев // Автоматизация. Современные технологии. – 2020. – Т. 74. – №4. – С. 152-160.
12. Ивуть, Р.Б. Экономика автомобильного транспорта / Р.Б. Ивуть. – В 2-х ч. – Минск: БНТУ, 2007. – 454 с.
13. Панфилов, П.Н. Введение в нейронные сети / П.И. Панфилов // Современный трейдинг. – 2001. – №2. – С. 12-17.
14. Солдатова, О.П. Основы нейроинформатики: учебное пособие / О.П. Солдатова. – Самарский ГАУ им. акад. С.П. Королева, 2006. – С. 132.
15. Брайзовский, И.О. Моделирование транспортных систем / И.О. Брайзовский. – М.: Транспорт, 1990. – 123 с.
16. Панфилов, П.Н. Введение в нейронные сети / П.Н. Панфилов // Современный трейдинг. – 2001. – №2. – С. 12-17.
17. Оке, S.A. A mathematical model for evaluat inaccelerated wear due to inefficient maintenance / S.A. Oke, A. Vamigbaiye, O.I. Oyedokun // Transport. – Вильнюс. – 2006. – №2. – Р. 105111.
18. Баженов, Ю.В. Прогнозирование остаточного ресурса конструктивных элементов автомобилей в условиях эксплуатации / Ю.В. Баженов, М.Ю. Баженов // Фундаментальные исследования. Владимирский государственный университет. – 2015. – №4. – С. 16-21.
19. Стародубцева, С.А. Прогнозирование остаточного ресурса конструкций и деталей машин / С.А. Стародубцев, С. Гусев // Известие Московского государственного университета «МАМИ». – 2012. – С. 355-356.
20. Ситчихина, М.В. Разработка моделей и программных средств прогнозирования остаточного ресурса оборудования : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (05.13. 01) / Мария Владимировна Ситчихина; Байкальский государственный университет экономики и право. – Иркутск, 2003. – 15 с.
21. Корчагин, В.А. Построение синхронизированной и эффективной логистической цепи поставок / В.А. Корчагин, А.Н. Новиков, Ю.Н. Ризаева // Мир транспорта и технологических машин. – 2014. – №4(47). – С. 139-142.
22. Современные проблемы и направления развития конструкций автомобилей: учебное пособие / Е.В. Агеев, А.Н. Новиков, Е.В. Агеева, С.В. Хардииков. – Курск, 2017.
23. Производственно-техническая инфраструктура предприятий автосервиса: учебник для студентов / А.Н. Новиков, Н.И. Веревкин, А.Л. Севостьянов, Н.В. Бакаева. – Москва, 2015.

Дьяков Иван Федорович

Ульяновский государственный технический университет
Адрес: 432027, Россия, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, 32
Д.т.н., профессор кафедры «Основы проектирования машин и инженерная графика
E-mail: i.dyakov@ulstu.ru

Дьяков Владислав Иванович

Ульяновский государственный технический университет
Адрес: 432027, Россия, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, 32
К.т.н., инженер-программист отдела
E-mail: i.dyakov@ulstu.ru

I. F. DYAKOV, V.I. DYAKOV

**APPLICATION OF A NEURAL NETWORK
FOR FORECASTING EFFICIENCY OF VEHICLES**

Abstract. The results of the study of energy consumption during the operation of a motor vehicle are presented. The purpose of the work is to formalize, that is, mathematically implement the

timeliness of maintenance and reduce the complexity of the current repair of the vehicle. To achieve the goal, energy costs were used by analyzing them in the field of operation and the possibility of using neural networks to predict the complexity of routine repairs. The results of optimal neural network parameters in various units of measurement are obtained.

Keywords: labor intensity; neural network; forecasting; vehicles; perceptrons

BIBLIOGRAPHY

1. Goryaev, I.A. Zavisimost' zatrat na zapasnye chasti ot vozrasta podvizhnogo sostava avtomobil'nogo transporta / I.A. Goryaev // Vestnik YUUrGU. – 2012. – №44. – S. 185-186.
2. Shishlov, A.N. Tekhnicheskoe obsluzhivanie i remont avtotransporta: uchebno-prakticheskoe posobie / A.N. Shishlov, S.V. Lebedev, M.P. Bykhovskiy. – M.: Transport, 2017. – 352 s.
3. D'yakov, I.F. Effektivnyy pribor / I.F. D'yakov, N.P. Loginov // Avtomobil'nyy transport. – №4. – 1986. – S. 14-17.
4. Dyakov, I.F. Optimizatsionnye problemy pri dizayne avtomobilov / I.F. Dyakov, O.V. Prentkovski // Transport. – №4. – Vilnius. – 2008. – R. 316-323.
5. A.s. 688910 SSSR, MPK G 07 C 5/10. Ustroystvo dlya ucheta resursa transportnykh mashin / D'yakov I.F., Zhuravlev Yu.A., Startsev N.N. – 4747995; zayavleno 22.02.78; opubl. 30.09.79, Byul. 36. – S. 3.
6. A.s. 1206825 CCCR, MPK G 07 C 5/10. Ustroystvo dlya ucheta raboty dvigatelya transportnoy mashiny / D'yakov I.F., Martishchenko K.I., Dankevich V.I. – 3628722; zayavleno 01.08. 83, Byul. 3. – S. 3.
7. Bychkov, V.P. Ekonomika avtotransportnogo predpriyatiya: uchebnoe posobie / V.P. Bychkov. – M.: INFRA-M. – 2013. – 384 s.
8. Didmanidze, O.N. Kontseptsiya tekhnicheskogo servisa po fakticheskomu sostoyaniyu mashin na osnove otsenki ikh parametricheskoy nadezhnosti / O.N. Didmandidze, D.V. Varnakov, V.V. Varnakov // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo agroinzhenernogo universiteta im. V.N. Goryachkina. – 2016. – №2(72). – S. 51. – 57.
9. D'yakov, I.F. Utochnenie ekspluatatsionnoy nadezhnosti transportnogo sredstva / I.F. D'yakov // Teoreticheskie i prakticheskie aspekty nauchnykh issledovaniy: materialy mezhdunarodnoy konferentsii. – T. 2. – Sofiya. – 2019. – S. 22-32.
10. D'yakov, I.F. Prognozirovaniye effektivnykh svoystv dvigateley transportnogo sredstva / I.F. D'yakov, A.P. Pinkov, D.V. Kol'nev, V.I. D'yakov // THE SETENTIFIGE HERITGEE. – Praga. – №41-1(41). – 2019. – S. 17-27.
11. D'yakov, I.F. Metody otsenki tekhnologichnosti transportnogo sredstva / I.F. D'yakov, Yu.V. Moiseev // Avtomatizatsiya. Sovremennyye tekhnologii. – 2020. – T. 74. – №4. – S. 152-160.
12. Ivut', R.B. Ekonomika avtomobil'nogo transporta / R.B. Ivut'. - V 2-kh ch. – Minsk: BNTU, 2007. – 454 s.
13. Panfilov, P.N. Vvedeniye v neyronnyye seti / P.I. Panfilov // Sovremennyy treyding. – 2001. – №2. – S. 12-17.
14. Soldatova, O.P. Osnovy neyroinformatiki: uchebnoe posobie / O.P. Soldatova. – Samarskiy GAU im. akad. S. P. Koroleva, 2006. – S. 132.
15. Brayzovskiy, I.O. Modelirovaniye transportnykh sistem / I.O. Brayzovskiy. – M.: Transport, 1990. – 123 s.
16. Panfilov, P.N. Vvedeniye v neyronnyye seti / P.N. Panfilov // Sovremennyy treyding. – 2001. – №2. – S. 12-17.
17. Oke, S.A. A mathematical model for evaluat inaccelerated wear due to inefficient maintenance / S.A. Oke, A. Bamigbaiye, O.I. Oyedokun // Transport. – Vil'nyus. – 2006. – №2. – P. 105111.
18. Bazhenov, Yu.V. Prognozirovaniye ostatochnogo resursa konstruktivnykh elementov avtomobiley v usloviyakh ekspluatatsii / Yu.V. Bazhenov, M.Yu. Bazhenov // Fundamental'nyye issledovaniya. Vladimirskiy gosudarstvennyy universitet. – 2015. – №4. – S. 16-21.
19. Starodubtseva, S.A. Prognozirovaniye ostatochnogo resursa konstruktivnykh i detaley mashin / S.A. Starodubtsev, S. Gusev // Izvestiye Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta «MAMI». – 2012. – S. 355-356.
20. Sitchikhina, M.V. Razrabotka modeley i programmykh sredstv prognozirovaniya ostatochnogo resursa oborudovaniya: avtoref. dis. na soisk. uchen. step. kand. tekhn. nauk (05.13. 01) / Mariya Vladimirovna Sitchikhina; Baykal'skiy gosudarstvennyy universitet ekonomiki i pravo. – Irkutsk, 2003. – 15 s.
21. Korchagin, V.A. Postroyeniye sinkhronizirovannoy i effektivnoy logisticheskoy tsepi postavok / V.A. Korchagin, A.N. Novikov, Yu.N. Rizaeva // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. – 2014. – №4(47). – S. 139-142.
22. Proizvodstvenno-tekhnicheskaya infrastruktura predpriyatiy avtoservisa: uchebnyy dlya studentov / A.N. Novikov, N.I. Verevkin, A.L. Sevost'yanov, N.V. Bakaeva. – Moskva, 2015.
23. Sovremennyye problemy i napravleniya razvitiya konstruktivnykh avtomobiley: uchebnoe posobie / E.V. Ageev, A.N. Novikov, E.V. Ageeva, S.V. Hardikov. – Kursk, 2017.

Dyakov Ivan Fedorovich

Ulyanovsk State Technical University
Address: 432027, Russia, Ulyanovsk,
Northern Crown str., 32
Doctor of technical sciences
E-mail: i.dyakov@ulstu.ru

Dyakov Vladislav Ivanovich

Ulyanovsk State Technical University
Address: 432027, Russia, Ulyanovsk,
Northern Crown str., 32
Candidate of technical sciences
E-mail: i.dyakov@ulstu.ru

Научная статья
УДК 629.33.05, 621.85
doi:10.33979/2073-7432-2022-76-1-17-23

А.Ю. БАРЫКИН, В.В. ЛЯНДЕНБУРСКИЙ, Р.Х. ТАХАВИЕВ, А.Д. САМИГУЛЛИН

ОЦЕНКА НАДЁЖНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ВЕДУЩЕГО МОСТА АВТОМОБИЛЯ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

***Аннотация.** Рассмотрены методы обеспечения жесткости конструкции ведущего моста грузового автомобиля в сложных условиях эксплуатации. Предложена уточнённая математическая модель работы подшипникового узла, собираемого с предварительным натягом. Приведены данные дорожных испытаний, подтверждающие достоверность предложенной модели.*

***Ключевые слова:** жесткость конструкции, грузовой автомобиль, ведущий мост, главная передача, зубчатое колесо, подшипниковый узел, предварительный натяг, зимняя эксплуатация, температурная деформация*

Введение

Ведущий мост грузового автомобиля является сложным и ответственным узлом, работоспособность которого должна быть обеспечена в широком диапазоне эксплуатационных условий [1, 2]. В ряде регионов Российской Федерации природно-климатические условия затрудняют нормальную эксплуатацию автотранспортных средств [3]. Возникает необходимость в проведении тепловой подготовки и контроле состояния агрегатов и узлов шасси автомобиля для снижения вероятности отказов. В отечественной практике известны методы подогрева и сохранения тепла, применяемые для силового агрегата и режее для других узлов [4-7]. Важность обеспечения рациональных условий работы узлов трансмиссии была отмечена в работе [8] и позднее подтверждена данными дорожных исследований, приведёнными в работе [2].

Основным и наиболее нагруженным механизмом ведущего моста является главная передача, осуществляющая преобразование крутящего момента в трансмиссии перед распределением по ведущим колёсам [9, 10].

Эксплуатационная надёжность главной передачи может быть достигнута при выполнении ряда требований, предъявляемых к конструкции [11]. Наиболее важным требованием является обеспечение жёсткости конструкции при воздействии динамических и вибрационных нагрузок во время работы. В противном случае возможно нарушение заданного взаимного расположения деталей. Для зубчатых колёс такое нарушение может привести к смещению пятна контакта зубьев от рационального положения и преждевременному отказу из-за интенсивного износа.

Дополнительное влияние на расположение деталей могут оказать погрешности, возникающие при изготовлении деталей, их термообработке и сборке узлов [12]. Долговечность подшипников также существенно зависит от радиальных и осевых нагрузок, приводящих к упругой деформации обойм и тел качения [13]. Такая деформация может стать причиной нарушения эксплуатационных параметров главной передачи.

Материал и методы

Базовым условием обеспечения жесткости главной передачи является выбор рациональной конструкции картера. Дальнейшие действия конструктора связаны с выбором типоразмеров и взаимного расположения подшипников. Их упругая деформация и жесткость определяют допустимый уровень нагрузок.

При консольном расположении ведущей шестерни и применении конических роликоподшипников рациональным вариантом принято считать применение внутреннего расположения вершин конусов роликов при одновременном увеличении расстояния между подшипниками [11, 14]. Увеличение угла конуса подшипников также повышает жесткость главной передачи.

Обязательным конструктивным решением, обеспечивающим надёжность эксплуатации, является создание предварительного нагружения (натяга) подшипников в осевом направлении. Известны различные способы создания предварительного натяга [14, 15]. Как

правило, основным элементом, создающим гарантированное осевое усилие, служит распорная втулка, устанавливаемая на валу шестерни между внутренними кольцами подшипников. Упругая деформация втулки происходит за счёт затягивания гайки на резьбовом конце вала.

Оценка создаваемого при сборке предварительного натяга производится косвенным методом, исходя из величины крутящего момента, необходимого для поворота вала [16]. Следует учитывать, что с одной стороны, предварительный натяг подшипников способствует повышению их долговечности за счёт более равномерного распределения нагрузок между телами качения. С другой стороны, избыточный предварительный натяг ухудшает условия работы подшипников, создавая дополнительные нагрузки при работе тел качения. Поэтому величина предварительного натяга должна находиться в некотором рациональном диапазоне, учитывающем данное противоречие. Например, в работе [14] приводится диапазон значений крутящего момента 0,8-2,0 Н·м при свободном вращении вала шестерни, не находящейся в зацеплении с колесом.

Возможны и другие методы оценки предварительного натяга: непосредственный – по расстоянию между подшипниками, и косвенный – по моменту затяжки гайки. Недостатками первого метода можно считать сложность измерений и ограниченную точность. Вторым методом может быть использован не для всех конструктивных вариантов создания предварительного натяга.

Выбор метода оценки предварительного натяга подшипникового узла может потребовать корректирования оценочных параметров расчётной модели функционирования бортовых систем ведущего моста грузового автомобиля [17]. Конструктивное решение главной передачи является взаимосвязанным с вопросами выбора технических параметров дифференциала и балки моста.

Необходимо произвести такой выбор, исходя из оценки следующих факторов.

1. Нагруженность главной передачи, определяемая методом системного анализа интенсивности действия крутящих моментов в трансмиссии автомобиля, изменения прочности и геометрических параметров деталей, уровня трения и вязкости трансмиссионного масла в заданном диапазоне температур. Интенсивность механических нагрузок следует оценивать, принимая критерий сложности режима движения по общепринятым методикам [19], влияние на прочность необходимо учитывать по уровню изменения температурных градиентов и хладноломкости материала деталей [20, 21]. Влияние на качество смазки нужно проверять, исходя из характера нагрева деталей при трении и уровня гидравлических потерь [18, 22].

2. Возможность бортового контроля технических параметров ведущего моста и поддержания рационального диапазона температур. Следует осуществить выбор метода контроля на основании имеющихся научных решений [17, 23, 24] и рассмотреть способы его реализации для конкретных модификаций подвижного состава [16]. В таком случае требования к деталям ведущего моста могут быть скорректированы с учётом работы в соответствующем диапазоне температур [2].

Теория

Оценка осевой деформации подшипникового узла, определяющей эксплуатационное состояние главной передачи, проводится, исходя из принятой в отечественной конструкторской школе модели ведущего вала, где осевая упругость подшипников заменяется упругостью винтовых цилиндрических пружин [11, 14]. В этом случае действие осевой силы, возникающей при работе главной передачи, приводит к деформации условных пружин. Расчётные деформации пружин для простоты расчётов принято считать линейно зависимыми от действующих нагрузок. Гистерезисные потери в данных условиях нагружения являются незначительными по сравнению с реакциями в деталях.

Уравнение равновесия сил в такой модели с учётом предварительного натяга записывается в виде [14, 29]:

$$P_x - C_{pr}(f'_{pr} + f_{pr}) + C_{pr}(f'_{pr} - f_{pr}) = 0, \quad (1)$$

где P_x – осевая сила;

f_{pr} – осевая деформация под действием силы P_x ;

f'_{pr} – предварительная деформация;

C_{pr} – жёсткость пружины.

Данное уравнение соответствует условиям нагружения главной передачи, при которых выполняется неравенство: $f_{pr} \leq f'_{pr}$.

Анализ модели показывает, что при условии $f'_{pr} < f_{pr}$, уравнение равновесия приобретает вид:

$$P_x - C_{pr} f_{pr} - C_{pr} f'_{pr} = 0. \quad (2)$$

Тогда зависимость осевой деформации условных пружин от осевой силы $f_{pr}(P_x)$ во всём диапазоне значений f'_{pr} может быть представлена системой уравнений:

$$\begin{cases} f_{pr} = \frac{P_x}{2C_{pr}} \forall f_{pr} \leq f'_{pr} \\ f_{pr} = \frac{P_x}{C_{pr}} - f'_{pr} \forall f_{pr} > f'_{pr} \end{cases}. \quad (3)$$

Данная система включает известные в научной литературе зависимости, однако она не позволяет определить в непосредственном виде зависимость линейного смещения от величины предварительного натяга, входящего только во второе уравнение. В неявном виде соотношение между f'_{pr} и f_{pr} определяет численный коэффициент в первом уравнении – смещение уменьшается в 2 раза в указанном диапазоне. Такое представление параметров в модели нагружения затрудняет её применение при оценке эффективности главной передачи в реальных условиях эксплуатации.

Как уже показано выше, линейные размеры деталей и соответствующие деформации зависят от режима эксплуатации. Помимо температурных нагрузок, существует ряд внешних факторов, увеличивающих нагруженность главной передачи [25, 27].

Рассмотрим ситуацию, когда главная передача эксплуатируется в зимнее время и начало работы происходит при отрицательных температурах атмосферного воздуха [3, 28]. В отечественной практике эксплуатации не принято использовать тепловую подготовку ведущего моста при открытом хранении автомобиля. Поэтому существенное понижение температуры эксплуатации может оказать влияние на работоспособность главной передачи. В частности, изменение размеров деталей вследствие температурной деформации нарушит предварительно заданные условия сборки узла. Кроме того, необходимо учитывать изменение упругих свойств материала деталей при охлаждении.

Авторами статьи были проведены дорожные испытания ведущих мостов грузового автомобиля-самосвала КАМАЗ-65115 с целью установления уровня тепловой нагруженности в реальных условиях эксплуатации. Исследования проводились в различных погодных условиях и для разного уровня загрузки. Измерение температурных градиентов осуществлялось с помощью тепловизора модели Hotfind DX.

На рисунке 1 показана тепловая карта балки заднего ведущего моста и картера главной передачи автомобиля КАМАЗ при работе в зимних условиях.

В ходе испытаний было выявлено значительное влияние перечисленных выше факторов на интенсивность нагружения деталей главной передачи. Были подтверждены теоретические положения работ [2, 17, 18, 26], в которых рассмотрена математическая модель процесса теплообмена деталей ведущего моста и трансмиссионного масла с окружающей средой.

Исходя из полученных данных экспериментальных исследований ведущего моста, математическая модель ведущего вала-шестерни и подшипникового узла главной передачи может быть преобразована с учётом действия внешних эксплуатационных факторов. Следует учесть возникающие при действии низких температур дополнительные деформации деталей и определить соответствующее изменение предварительного натяга.

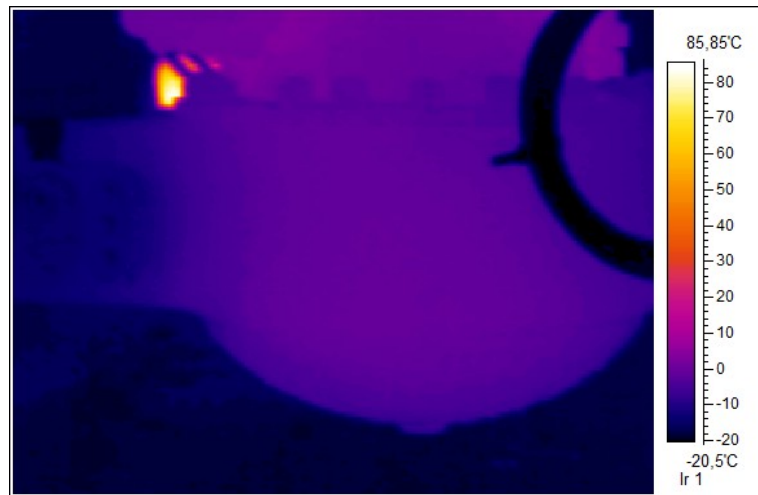


Рисунок 1 – Тепловая карта заднего ведущего моста

С учётом названных факторов уравнение равновесия сил в используемой модели может быть записано в следующем виде:

Для условия $f_{pr} \leq f'_{pr}$:

$$P_x - (C_{pr} + \Delta C_{pr})(f'_{pr} + f_{pr} - \Delta f'_{pr}) + (C_{pr} + \Delta C_{pr})(f'_{pr} - f_{pr} - \Delta f'_{pr}) = 0, \quad (4)$$

где ΔC_{pr} – изменение жёсткости пружин под действием низких температур;

$\Delta f'_{pr}$ – изменение предварительного натяга под действием низких температур.

Для условия $f_{pr} > f'_{pr}$:

$$P_x - (C_{pr} + \Delta C_{pr})f_{pr} - (C_{pr} + \Delta C_{pr})(f'_{pr} - \Delta f'_{pr}) = 0. \quad (5)$$

Соответственно, зависимость $f_{pr}(P_x)$ с учётом условий эксплуатации в зимнее время года выражается системой уравнений:

$$\begin{cases} f_{pr} = \frac{P_x}{2(C_{pr} + \Delta C_{pr})} \forall f_{pr} \leq f'_{pr} \\ f_{pr} = \frac{P_x}{C_{pr} + \Delta C_{pr}} - f'_{pr} + \Delta f'_{pr} \forall f_{pr} > f'_{pr} \end{cases}. \quad (6)$$

Представленная модель нагруженности ведущего вала-шестерни и подшипникового узла главной передачи учитывает внешнее воздействие окружающей среды и позволяет оценить соответствие предварительного натяга подшипников рекомендуемому диапазону значений.

Результаты и обсуждение

Учёт влияния эксплуатационных условий по предлагаемой методике позволяет установить возможные деформации деталей главной передачи и необходимость корректировки предварительного натяга. Можно предположить, что изменение жесткости подшипников оказывает существенно меньшее влияние на величину смещения, чем изменение предварительного натяга.

Установление количественной зависимости между рабочим диапазоном температур главной передачи и требуемым диапазоном значений предварительного натяга подшипникового узла позволит обосновать необходимость бортового контроля теплового состояния ведущего моста и установить целесообразность корректирования предварительного натяга во время эксплуатации. Можно предположить, что для эксплуатации в условиях экстремально низких температур потребуется производить соответствующую установку значений предварительного натяга, либо рассмотреть возможность автоматического регулирования натяга.

Вывод

Проведение исследований в области динамики рабочего процесса главной передачи в сложных эксплуатационных условиях является, по мнению авторов, весьма актуальным и имеет практическое значение для повышения долговечности и безотказности ведущих мостов грузовых автомобилей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барыкин, А.Ю. К вопросу системного анализа условий эксплуатации привода колёс автомобилей КАМАЗ / А.Ю. Барыкин, Р.Р. Басыров, М.М. Мухаметдинов // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. – №6. – С. 74-76.
2. Барыкин, А.Ю. Эффективность работы узлов трансмиссии грузового автомобиля в условиях холодного климата / А.Ю. Барыкин, В.В. Лянденбургский, Р.Х. Тахавиев // Грузовик. – 2018. – №8. – С. 7-10.
3. География России [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://geographyofrussia.com/minimalnaya-temperatura-vozduxa/>
4. Лосавио, Г.С. Эксплуатация автомобилей при низких температурах / Г.С. Лосавио. – Москва: Транспорт, 1973. – 120 с.
5. Резник, Л.Г. Адаптация автомобилей к суровым климатическим условиям / Л.Г. Резник. – Тюмень: Тюменский государственный университет, 1978. – 71 с.
6. Цуцоев, В.И. Зимняя эксплуатация тракторов и автомобилей / В.И. Цуцоев. – 3-е изд., доп. – Москва: Моск. рабочий, 1983. – 111 с.
7. Семенов, Н.В. Эксплуатация автомобилей в условиях низких температур / Н.В. Семенов. – Москва: Транспорт, 1993. – 190 с.
8. Техническая эксплуатация автомобилей: учебник для вузов / Е.С. Кузнецов, А.П. Болдин, В.М. Власов и др.; под ред. Е.С. Кузнецова. – 4-е изд. перераб. и доп. – Москва: Наука, 2001. – 535 с.
9. Селифонов, В.В. Теория автомобиля: учебное пособие / В.В. Селифонов. – М.: ООО «Гринлайт», 2009. – 208 с.
10. Лянденбургский, В.В. Диагностирование главной передачи грузовых автомобилей / В.В. Лянденбургский и др. // Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств: эксплуатация и развитие автомобильного транспорта: материалы X междунар. заочн. науч.-техн. конф. – Пенза: ПГУАС. – 2015. – С. 199-205.
11. Гусаков, Н.В. Конструкция автомобиля. Шасси / Н.В. Гусаков, И.Н. Зверев, А.Л. Карунин и др.; под общ. ред. А.Л. Карунина. – Москва: МАМИ, 2000. – 528 с.
12. Кулышев, А.Н. Шум ведущих мостов с колёсной передачей и методы его снижения / А.Н. Кулышев; под ред. Л.А. Симоновой // VI Камские чтения: всероссийская научно-практическая конференция. – В 3-х ч. – Часть 1. Всеросс. научн.-практ. конф. «VI Камские чтения». – Набережные Челны: Издательско-полиграфический центр Набережночелнинского института КФУ. – 2014. – С. 162-165.
13. Антонец, Д.А. Надежность подшипников качения трансмиссий и ходовых частей тракторов в зонах холодного климата / Д.А. Антонец // Вестник ИрГСХА. – 2011. – №45. – С. 75-78.
14. Осепчугов, В.В. Автомобиль: анализ конструкций, элементы расчёта: учебник для студентов вузов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство» / В.В. Осепчугов, А.К. Фрумкин. – Москва: Машиностроение, 1989. – 304 с.
15. Агрегаты трансмиссии автомобилей КамАЗ. Устройство, эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт от КамАЗа 5320 до КамАЗа 6520 / А.В. Савинков, А.И. Козадаев и др.; под общ. ред. В.А. Ильченко. – 2-е изд., дополн. и испр. – Набережные Челны: ОАО «КАМАЗ», 2008. – 820 с.
16. Нешумова, Т.Н. КАМАЗ 5360, 5460, 6460, 6520. Руководство по эксплуатации / Т.Н. Нешумова; под общ. ред. В.В. Васина. – Набережные Челны: ОАО «КАМАЗ», 2003. – 84 с.
17. Barykin, A.Y. Automated control of truck drive axle performance characteristics / A.Y. Barykin, M.M. Mukhametdinov, R.K. Takhaviev // 5th International conference on industrial engineering, ICIE 2019. Lecture notes in mechanical engineering. Springer, Cham. – 2020. – P. 411-418.
18. Барыкин, А.Ю. Оценка затрат энергии в процессе зимней эксплуатации ведущего моста грузового автомобиля / А.Ю. Барыкин, Р.Х. Тахавиев // Энергосбережение. Наука и образование: сборник докладов Международной конференции. – Набережные Челны: ИПЦ Набережночелнинского института К(П)ФУ. – 2017. – С. 52-57.
19. Гольд, Б.В. Основы прочности и долговечности автомобиля / Б.В. Гольд, Е.П. Оболенский и др.; под ред. Б.В. Гольда. – Москва: Машиностроение, 1967. – 212 с.
20. Кузьмин, В.Р. Прогнозирование хладостойкости конструкций и работоспособности техники на Севере / В.Р. Кузьмин, А.М. Ишков. – Москва: Машиностроение, 1996. – 303 с.
21. Бындикова, Ю.А. Комплексная оценка приспособленности автомобилей к понижению температуры окружающего воздуха / Ю.А. Бындикова; отв. ред. Ш.М. Мерданов // Проблемы эксплуатации транспортных средств в суровых условиях: материалы региональной научно-практической конференции. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2003. – С. 7-8.
22. Анисимов, И.А. Повышение эффективности использования автомобилей в низкотемпературных условиях эксплуатации / И.А. Анисимов, А.Г. Белов // Экологическая безопасность регионов России и риск от техногенных аварий и катастроф: материалы Всероссийского постоянно действующего семинара. – Пенза: ПДЗ. – 2004. – С. 86-88.
23. Лянденбургский, В.В. Макетный образец встроенной системы диагностирования трансмиссии автомобиля / В.В. Лянденбургский, Ю.В. Родионов, И.Е. Долганов // Автотранспортное предприятие. – 2016. – №2. – С. 43-47.

24. Makarova, I. Selection of the method to predict vehicle operation reliability / I. Makarova, K. Shubenkova, E. Mukhametdinov // Lecture notes in networks and systems. – 2020. – Vol. 117. – P. 316-328.
25. Мухаметдинов, М.М. Исследование интенсивности падения преднатяга подшипников качения главной передачи автомобиля КамАЗ / М.М. Мухаметдинов // Машиностроение: проектирование, конструирование, расчёт и технологии ремонта и производства: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Ижевск: ИжГТУ, 2012. – С. 113-114.
26. Новиков, А.Н. Технология ремонта машин: учебное пособие по курсовому проектированию / А.Н. Новиков, Н.В. Бакаева, А.В. Коломейченко. – Орел, 2003.
27. Производственно-техническая инфраструктура сервисного обслуживания автомобилей: учебное пособие / Н.И. Веревкин, А.Н. Новиков, Н.А. Давыдов и др. – Москва, 2013. – 2-е издание, стереотипное.
28. Новиков, А.Н. Технологические основы восстановления и упрочнения деталей сельскохозяйственной техники из алюминиевых сплавов электрохимическими способами: автореф. дис. на соиск. учен. степ. д-ра техн. наук / Новиков Александр Николаевич; Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина. – Москва, 1999.
29. Производственно-техническая инфраструктура предприятий автосервиса: учебник для студентов / А.Н. Новиков, Н.И. Веревкин, А.Л. Севостьянов, Н.В. Бакаева. – Москва, 2015.

Барыкин Алексей Юрьевич

Набережночелнинский институт Казанского (Приволжского) федерального университета
Адрес: 423812, Россия, г. Набережные Челны, пр. Мира, 68/19
К.т.н., доцент кафедры эксплуатации автомобильного транспорта
E-mail: AJBarykin@kpfu.ru

Лянденбургский Владимир Владимирович

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства
Адрес: 423800, Россия, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28
К.т.н., доцент кафедры эксплуатации автомобильного транспорта
E-mail: lvv789@yandex.ru

Тахавиев Раяз Халимович

Набережночелнинский институт Казанского (Приволжского) федерального университета
Адрес: 423812, Россия, г. Набережные Челны, пр. Мира, 68/19
Старший преподаватель кафедры эксплуатации автомобильного транспорта
E-mail: trh_ineka@mail.ru

Самигуллин Алмаз Динаисович

Набережночелнинский институт Казанского (Приволжского) федерального университета
Адрес: 423812, Россия, г. Набережные Челны, пр. Мира, 68/19
Старший преподаватель кафедры высокоэнергетических процессов и агрегатов
E-mail: samigullin86@mail.ru

A. YU. BARYKIN, V.V. LYANDENBURSKY, R.KH. TAKHAVIEV, A.D. SAMIGULLIN

ASSESSMENT OF THE RELIABILITY OF PARTS OF THE DRIVE AXLE OF A CAR AT LOW TEMPERATURES

Abstract. The article discusses methods for ensuring the rigidity of the structure of the driving axle of a truck in difficult operating conditions. A refined mathematical model of the operation of a bearing assembly assembled with a preload is proposed. The data of road tests, confirming the reliability of the proposed model, are presented.

Keywords: structural rigidity, truck, drive axle, final drive, gear wheel, bearing assembly, preload, winter operation, thermal deformation

BIBLIOGRAPHY

1. Barykin, A.Yu. K voprosu sistemnogo analiza usloviy ekspluatatsii privoda kolios avtomobiley KAMAZ / A.Yu. Barykin, R.R. Basyrov, M.M. Mukhametdinov // Nauchno-tekhnicheskii vestnik Povolzh'ya. – 2014. – №6. – S. 74-76.
2. Barykin, A.Yu. Effektivnost' raboty uzlov transmissii gruzovogo avtomobilya v usloviyakh kholodnogo klimata / A.Yu. Barykin, V.V. Lyandenburskiy, R.H. Takhaviev // Gruzovik. – 2018. – №8. – S. 7-10.
3. Geografiya Rossii [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://geographyofrussia.com/minimalnaya-temperatura-vozduxa/>
4. Losavio, G.S. Ekspluatatsiya avtomobiley pri nizkikh temperaturakh / G.S. Losavio. – Moskva: Transport, 1973. – 120 s.
5. Reznik, L.G. Adaptatsiya avtomobiley k surovym klimaticheskim usloviyam / L.G. Reznik. – Tyumen': Tyumenskiy gosudarstvennyy universitet, 1978. – 71 s.
6. Tsutsoev, V.I. Zimnyaya ekspluatatsiya traktorov i avtomobiley / V.I. Tsutsoev. – 3-e izd., dop. – Moskva: Mosk. rabochiy, 1983. – 111 s.
7. Semenov, N.V. Ekspluatatsiya avtomobiley v usloviyakh nizkikh temperatur / N.V. Semenov. – Moskva: Transport, 1993. – 190 s.

8. Tekhnicheskaya ekspluatatsiya avtomobiley: uchebnik dlya vuzov / E.S. Kuznetsov, A.P. Boldin, V.M. Vlasov i dr. // Pod red. E.S. Kuznetsova. – 4-e izd. pererab. i dop. – Moskva: Nauka, 2001. – 535 s.
9. Selifonov, V.V. Teoriya avtomobilya: uchebnoe posobie / V.V. Selifonov. – M.: OOO «Grinlayt», 2009. – 208 s.
10. Lyandenburskiy, V.V. Diagnostirovanie glavnoy peredachi gruzovykh avtomobiley / V.V. Lyandenburskiy i dr. // Problemy kachestva i ekspluatatsii avtotransportnykh sredstv: ekspluatatsiya i razvitie avtomobil'nogo transporta: materialy H mezhdunar. zaochn. nauch.-tekhn. konf. – Penza: PGUAS. – 2015. – S. 199-205.
11. Gusakov, N.V. Konstruktsiya avtomobilya. Shassi / N.V. Gusakov, I.N. Zverev, A.L. Karunin i dr.; pod obshch. red. A.L. Karunina. – Moskva: MAMI, 2000. – 528 s.
12. Kulyshchikov, A.N. Shum vedushchikh mostov s koliosnoy peredachey i metody ego snizheniya / A.N. Kulyshchikov; pod red. L.A. Simonovoy // VI Kamskie chteniya: vserossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya. – V 3-kh ch. – Chast' 1. Vseross. nauchn.-prakt. konf. «VI Kamskie chteniya». – Naberezhnye Chelny: Izdatel'sko-poligraficheskii tsentr Naberezhnochelninskogo instituta KFU. – 2014. – S. 162-165.
13. Antonets, D.A. Nadezhnost' podshipnikov kacheniya transmissii i khodovykh chastey traktorov v zonakh kholodnogo klimata / D.A. Antonets // Vestnik IrGSHA. – 2011. – №45. – S. 75-78.
14. Osepchugov, V.V. Avtomobil': analiz konstruktsiy, elementy raschiota [Tekst]: uchebnik dlya studentov vuzov po spetsial'nosti «Avtomobili i avtomobil'noe khozyaystvo» / V.V. Osepchugov, A.K. Frumkin. – Moskva: Mashinostroenie, 1989. – 304 s.
15. Agregaty transmissii avtomobiley KamAZ. Ustroystvo, ekspluatatsiya, tekhnicheskoe obsluzhivanie i remont ot KamAZa 5320 do KamAZa 6520 / A.V. Savinkov, A.I. Kozadaev i dr.; pod obshch. red. V.A. Il'chenko. – 2-e izd., dopoln. i ispr. – Naberezhnye Chelny: OAO «KAMAZ», 2008. – 820 s.
16. Neshumova, T.N. KAMAZ 5360, 5460, 6460, 6520. Rukovodstvo po ekspluatatsii / T.N. Neshumova; pod obshch. red. V.V. Vasina. – Naberezhnye Chelny: OAO «KAMAZ», 2003. – 84 s.
17. Barykin, A.Y. Automated control of truck drive axle performance characteristics / A.Y. Barykin, M.M. Mukhametdinov, R.K. Takhaviev // 5th International conference on industrial engineering, ICIE 2019. Lecture notes in mechanical engineering. Springer, Cham. – 2020. – P. 411-418.
18. Barykin, A.Yu. Otsenka zatrat energii v protsesse zimney ekspluatatsii vedushchego mosta gruzovogo avtomobilya / A.Yu. Barykin, R.H. Takhaviev // Energoberezhenie. Nauka i obrazovanie: sbornik dokladov Mezhdunarodnoy konferentsii. – Naberezhnye Chelny: IPTS Naberezhnochelninskogo instituta K(P)FU. – 2017. – S. 52-57.
19. Gol'd, B.V. Osnovy prochnosti i dolgovechnosti avtomobilya / B.V. Gol'd, E.P. Obolenskiy i dr.; pod red. B.V. Gol'da. – Moskva: Mashinostroenie, 1967. – 212 s.
20. Kuz'min, V.R. Prognozirovaniye khladozmozhnosti konstruktsiy i rabotosposobnosti tekhniki na Severe / V.R. Kuz'min, A.M. Ishkov. – Moskva: Mashinostroenie, 1996. – 303 s.
21. Byndikova, Yu.A. Kompleksnaya otsenka prisposoblennosti avtomobiley k ponizheniyu temperatury okruzhayushchego vozdukh / Yu.A. Byndikova; otv. red. Sh.M. Merdanov // Problemy ekspluatatsii transportnykh sredstv v surovyykh usloviyakh: materialy regional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii. – Tyumen': TyumGNGU, 2003. – S. 7-8.
22. Anisimov, I.A. Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya avtomobiley v nizkotemperaturnyykh usloviyakh ekspluatatsii / I.A. Anisimov, A.G. Belov // Ekologicheskaya bezopasnost' regionov Rossii i risk ot tekhnogennykh avariyy i katastrof: materialy Vserossiyskogo postoyanno deystvuyushchego seminar. – Penza: PDZ. – 2004. – S. 86-88.
23. Lyandenburskiy, V.V. Maketnyy obrazets vstroennoy sistemy diagnostirovaniya transmissii avtomobilya / V.V. Lyandenburskiy, Yu.V. Rodionov, I.E. Dolganov // Avtotransportnoe predpriyatie. – 2016. – №2. – S. 43-47.
24. Makarova, I. Selection of the Method to Predict Vehicle Operation Reliability / I. Makarova, K. Shubenkova, E. Mukhametdinov // Lecture notes in networks and systems. – 2020. – Vol. 117. – P. 316-328.
25. Mukhametdinov, M.M. Issledovanie intensivnosti padeniya prednatyaga podshipnikov kacheniya glavnoy peredachi avtomobilya KamAZ / M.M. Mukhametdinov // Mashinostroenie: proektirovanie, konstruirovaniye, raschiot i tekhnologii remonta i proizvodstva: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. – Izhevsk: IzhGTU – 2012. – S. 113-114.
26. Novikov, A.N. Tekhnologiya remonta mashin: uchebnoe posobie po kursovomu proektirovaniyu / A.N. Novikov, N.V. Bakaeva, A.V. Kolomeychenko. – Orel, 2003.
27. Proizvodstvenno-tekhnicheskaya infrastruktura servisnogo obsluzhivaniya avtomobiley: uchebnoe posobie / N.I. Verevkin, A.N. Novikov, N.A. Davydov i dr. – Moskva, 2013. – 2-e izdanie, stereotipnoe.
28. Novikov, A.N. Tekhnologicheskie osnovy vosstanovleniya i uprochneniya detaley sel'skokhozyaystvennoy tekhniki iz alyuminievykh splavov elektrokhimicheskimi sposobami: avtoref. dis. na soisk. uchen. step. d-ra tekhn. nauk / Novikov Aleksandr Nikolaevich; Moskovskiy gosudarstvennyy agroinzhenernyy universitet imeni V.P. Goryachkina. – Moskva, 1999.
29. Proizvodstvenno-tekhnicheskaya infrastruktura predpriyatiy avtoservisa: uchebnik dlya studentov / A.N. Novikov, N.I. Verevkin, A.L. Sevost'yanov, N.V. Bakaeva. – Moskva, 2015.

Barykin Alexey Yurievich

Naberezhnye Chelny Institute
Address: 423812, Russia, Naberezhnye Chelny,
Mira pr., 68/19
Candidate of technical sciences
E-mail: AJBarykin@kpfu.ru

Takhaviev Rayaz Khalimovich

Naberezhnye Chelny Institute
Address: 423812, Russia, Naberezhnye Chelny,
Mira pr., 68/19
Senior lecturer
E-mail: trh_ineka@mail.ru

Ljandenburskiy Vladimir Vladimirovich

Penza state university of architecture and construction
Address: 423812, Russia, Penza, Herman Titov str., 28
Candidate of technical sciences
E-mail: lvv789@yandex.ru

Samigullin Almaz Dinisovich

Naberezhnye Chelny Institute
Address: 423812, Russia, Naberezhnye Chelny,
Mira pr., 68/19
Senior lecturer
E-mail: samigullin86@mail.ru

Научная статья
УДК 621.822.6.004.67: 668.3: 631.3.02
doi:10.33979/2073-7432-2022-76-1-24-30

Р.И. ЛИ, Д.Н. ПСАРЕВ, А.Н. БЫКОНЯ

УЛУЧШЕНИЕ ЭЛАСТОМЕРНОГО НАНОКОМПОЗИТА ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ ПОСЛЕ ИНФРАКРАСНОЙ ОБРАБОТКИ

Аннотация. Конвективный и терморadiационный способы обеспечивают различный механизм отверждения полимерных покрытий. Цель исследования – оценить изменение механических свойств, дефектности полимерных покрытий после инфракрасной обработки. В статье приведены сравнительные результаты экспериментальных исследований деформационно-прочностных и адгезионных свойств нанокomпозита на основе эластомера Ф-40С, предназначенного для восстановления корпусных деталей автомобилей. Определен оптимальный режим инфракрасной обработки покрытий эластомерного нанокomпозита. Приведены сравнительные результаты исследования дефектности покрытий нанокomпозита после термической обработки конвективным и терморadiационным способами.

Ключевые слова: Корпусная деталь, восстановление, подшипник, полимер, нанокomпозит, покрытие, инфракрасная обработка, дефектность

Введение

Основным дефектом из-за которого выбраковывают корпусные детали автомобилей в ходе ремонта являются изношенные посадочные подшипниковые отверстия [1-6]. Восстановление корпусных деталей нанесением эластомерных покрытий устраняет износ отверстий, увеличивает ресурс детали и подшипников, позволяет значительно сократить расходы на ремонт автомобиля [7-11]. Технологический процесс восстановления предусматривает, после нанесения покрытий, операцию термической обработки последних. Традиционно термическую обработку выполняют конвективным способом, который имеет определенные недостатки: повышенное энергопотребление, пористость покрытий. В отличие от конвективного терморadiационный способ имеет пониженное энергопотребление, оборудование компактное и мобильное, покрытия имеют меньшую пористость и более высокое качество [12].

Анализ литературных источников показал отсутствие сведений о термической обработке терморadiационным способом полимерных покрытий, нанесенных на изношенные посадочные отверстия при восстановлении корпусных деталей автомобилей. Исследования в этой области позволят улучшить эксплуатационные свойства материала, повысить качество покрытий и эффективность восстановления корпусных деталей, сократить расходы на ремонт автомобилей. Цель исследований – провести сравнительные исследования механических свойств и дефектности покрытий эластомерного нанокomпозита Ф-40С после термической обработки конвективным и терморadiационным способами.

Материал и методы

В ЛГТУ исследованы и разработаны нанокomпозиты на основе эластомера Ф-40 (патенты на изобретение РФ №2569547 и №2757271). В экспериментах исследовали нанокomпозит оригинального состава: эластомер Ф-40С (ТУ 6-06-246-92) – 100 масс.ч., алюминиевый наноразмерный порошок (ТУ 1791-003-36280340-2008) – 0,075 масс.ч.

Серия предварительных классических экспериментов показала, что удельная работа разрушения, в зависимости от режима термической обработки, изменяется по не линейной зависимости. Для оптимизации режима термической обработки терморadiационным способом покрытий из эластомерного нанокomпозита реализовали активный эксперимент по плану второго порядка В₂ [13, 22]. В качестве функции отклика Y выбрана удельная работа разрушения α , МДж/м³, а независимые факторы это: X₁ – температура, °С; X₂ – время термической обработки, ч.

Информация о независимых факторах в активном эксперименте представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Информация о независимых факторах в активном эксперименте

Наименование фактора	Кодированное обозначение фактора	Уровни варьирования фактора			Интервалы варьирования фактора
		нижний	нулевой	верхний	
Температура, °С;	X ₁	130	140	150	10
Время, ч.	X ₂	2	3	4	1

Результаты активного эксперимента подвергли регрессионному анализу по соответствующей методике [14, 21].

Деформационно-прочностные свойства нанокompозита исследовали по ГОСТ 14236-81, а дефектность покрытий по ГОСТ 9.407-84.

Теория / расчет

В результате теоретических исследований получена математическая модель инфракрасного нагрева корпусных деталей автомобилей [15]. На основе модели разработан метод, включающий алгоритм и компьютерную программу расчета конструктивных и режимных параметров установки терморadiационной обработки полимерных покрытий при восстановлении вышеупомянутых корпусных деталей [16, 20].

Программа включает базу данных о конструктивных параметрах инфракрасных излучателей и рефлекторов и в зависимости от характеристик корпусной детали, заданного режима термической обработки определяет конструктивные параметры излучателей, а также расстояние от излучателей до корпусной детали и время ее нагрева.

Результаты и обсуждение

Реализован активный эксперимент. Матрица плана B₂ и результаты его реализации представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Матрица плана B₂ и результаты его реализации

№ п/п	X ₁	X ₂	Y ₁	Y ₂	Y ₃	\bar{Y}	\hat{y}_i	S _g ²
1	-1	-1	23,72	23,11	23,67	23,5	23,69	0,1147
2	+1	-1	19,1	18,7	19,2	19,0	18,99	0,07
3	-1	+1	19,82	19,41	19,27	19,5	19,51	0,0817
4	+1	+1	16,48	15,65	14,97	15,7	15,51	0,5719
5	-1	0	39,22	38,33	38,63	38,72	38,52	0,2051
6	+1	0	34,85	33,59	33,47	33,97	34,17	0,5844
7	0	-1	41,92	40,24	40,3	40,82	40,64	0,9084
8	0	+1	37,0	36,11	36,78	36,63	36,81	0,2149

Так как опыты равночисленны, для оценки однородности дисперсий использовали критерий Кохрена. Его расчетное значение G_p = 0,33, а табличное – G_T = 0,5612. Так как значение последнего больше расчетного дисперсии признаны однородными [17, 19].

В результате расчета получены следующие коэффициенты регрессии:

$$b_0 = +55,645; \quad b_1 = -2,175; \quad b_2 = -1,915; \quad b_{12} = +0,175; \quad b_{11} = -19,3; \quad b_{22} = -16,92.$$

При оценке значимости коэффициентов регрессии, сравнивали абсолютные значения коэффициентов и соответствующих доверительных интервалов:

$$\Delta b_0 = 0,304 < b_0 = +55,645; \quad \Delta b_1 = \Delta b_2 = 0,04 < b_1 = -2,175 \text{ и } < b_2 = -1,915;$$

$$\Delta b_{12} = 0,061 < b_{12} = +0,175; \quad \Delta b_{11} = \Delta b_{22} = 0,1823 < b_{11} = -19,3 \text{ и } < b_{22} = -16,92.$$

Доверительные интервалы не больше значений коэффициентов регрессии, поэтому все коэффициенты регрессии признаны значимыми.

Раскодированное уравнение регрессии в натуральных единицах

$$Y = -3835,89 + 53,77x_1 + 97,155x_2 + 0,0175x_1x_2 - 0,193x_1^2 - 16,92x_2^2, \quad (1)$$

Для оценки адекватности уравнения регрессии использовали критерий Фишера.

Его расчетное значение $F_p = 0,947$, табличное – $F_T = 3,63$. Так как выполняется условие $F_p < F_T$, уравнение регрессии признали адекватным.

Далее оценивали работоспособность модели по коэффициенту детерминации R^2 .

Условие работоспособности имеет вид $R^2 > 0,75$. Расчет показал выполнение этого условия: $R^2 = 0,997 > 0,75$, поэтому регрессионная модель работоспособна.

На рисунке 1 представлена поверхность отклика регрессионной модели.

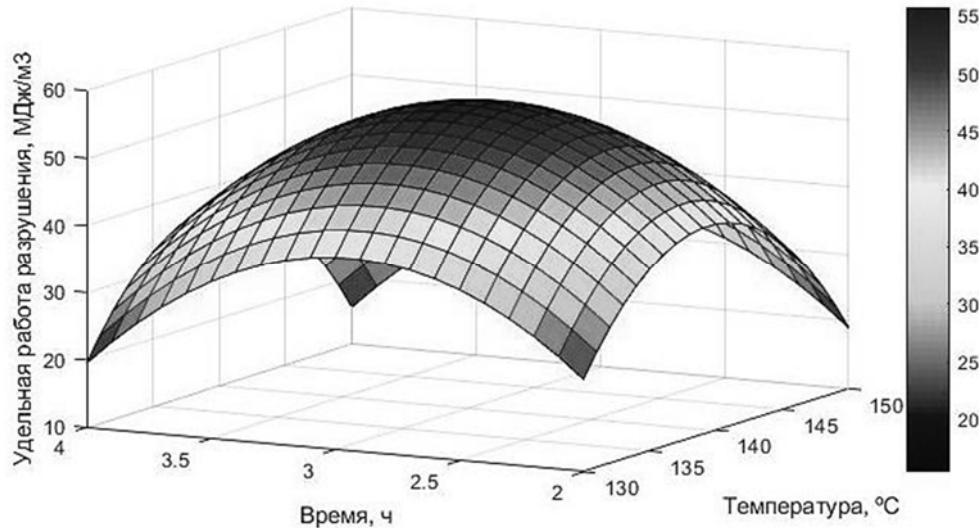


Рисунок 1 – Зависимость удельной работы разрушения пленок нанокompозита на основе эластомера Ф40-С от температуры и времени инфракрасного нагрева

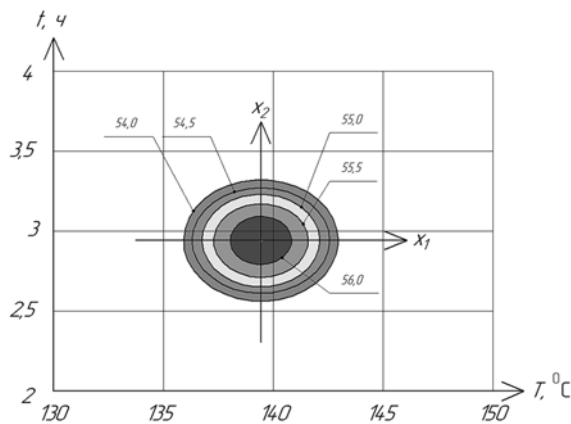


Рисунок 2 – Двумерное сечение поверхности отклика

После канонического преобразования регрессионной модели построили двумерное сечение поверхности отклика (рис. 2). Экстремум функции отклика составляет значение $Y_s = 56,389 \text{ МДж/м}^3$. Координаты экстремума: содержание наночастиц алюминия – $X_{1s} = 139,43^\circ \text{C}$, меди – $X_{2s} = 2,943 \text{ ч}$.

Координаты в точке экстремума не удобно использовать в операции термической обработки нанокompозитных эластомерных покрытий. Ближайшее значение удельной работы разрушения $Y = 56,0 \text{ Дж/м}^3$ не значительно отличается

от значения функции отклика в точке экстремума $Y_s = 56,389 \text{ МДж/м}^3$. Поэтому, в качестве оптимального, выбрали режим инфракрасной обработки: температура $T = 140,0^\circ \text{C}$, время $t = 3,0 \text{ ч}$.

Результаты сравнительных исследований прочности пленок при одноосном растяжении σ , которые были подвергнуты термической обработке конвективным и терморadiационным способами, показаны на рисунке 3. После инфракрасной обработки, в сравнении с конвективным способом, прочность пленок нанокompозита увеличилась в 1,13 раза от 19,0 до 21,5 МПа.

Результаты сравнительных исследований деформации пленок при одноосном растяжении ε , которые были подвергнуты термической обработке конвективным и терморadiационным способами, показаны на рисунке 4. Деформация образцов после инфракрасной обработки увеличилась в 1,32 раза от 74 до 98 %.

Адгезия является важнейшим эксплуатационным показателем полимерного покрытия, потому что этот параметр показывает насколько покрытие способно противостоять отслаиванию с поверхности подложки в момент запрессовки подшипника в посадочное отверстие корпусной детали, а также в период эксплуатации при воздействии радиальных, окружных и осевых нагрузок на подшипниковый узел.

Адгезия эластомерного нанокompозитного покрытия после отверждения конвективным способом составляет $F = 9594,4$ Н/м. В покрытиях после инфракрасной обработки аналогичный параметр увеличился до $F = 12392,6$ Н/м. Адгезия возросла в 1,3 раза.

Дефектность полимерного покрытия в значительной степени определяет ресурс восстановленной посадки подшипника. Наличие пор и микротрещин, под действием эксплуатационных нагрузок, приводит к образованию и росту трещин с последующим разрушением покрытия. Основной причиной пористости эластомерных покрытий является растворитель, который испаряясь в ходе отверждения, образует поры в материале. Конвективная сушка характерна тем, что горячий воздух в начале отверждает верхние слои полимерного покрытия. При отверждении нижележащих слоев пары испаряющегося ацетона выходят в атмосферу через верхний, ранее отвержденный слой, образуя в нем поры и микротрещины.

Совершенно другой механизм отверждения имеет место при терморadiационном способе сушки. В этом случае инфракрасные волны, проходя через полимерное покрытие, в начале нагревают металлическую подложку. По этой причине в начале отверждаются нижние слои, а затем вышележащие слои полимерного покрытия. Пары ацетона беспрепятственно выходят в окружающую атмосферу. В конечном итоге пористость покрытий после инфракрасной обработки, в сравнении с конвективным способом, существенно меньше [12, 18].

В ходе настоящего эксперимента получено подтверждение, описанного выше механизма отверждения, и повышение качества эластомерных нанокompозитных покрытий после термической обработки терморadiационным способом. На рисунке 5 показаны концентрация пор (количество пузырьков на площади в 1 см^2) в покрытиях после термической обработки конвективным и терморadiационным способами. Концентрация пор в покрытиях после от-

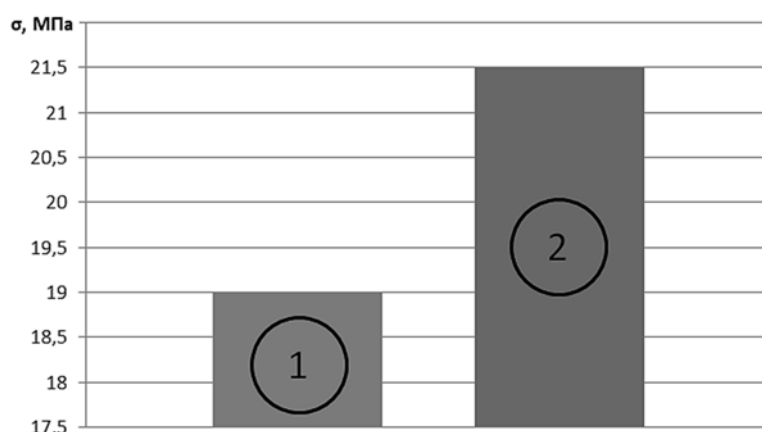


Рисунок 3 – Прочность пленок нанокompозита на основе эластомера Φ-40С: 1 – конвективный способ; 2 – терморadiационный способ

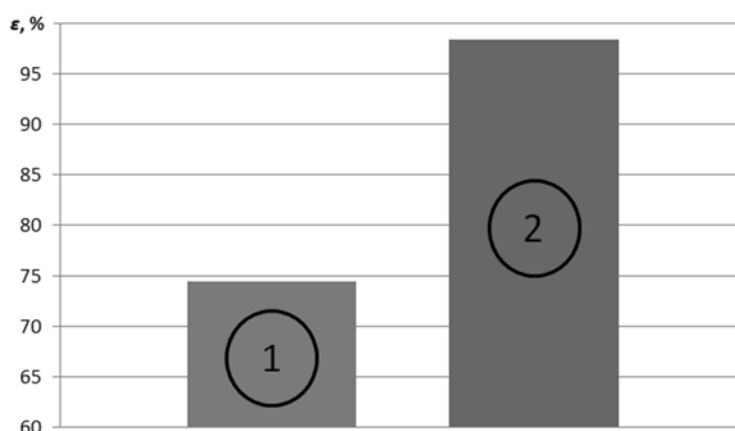


Рисунок 4 – Деформация пленок нанокompозита на основе эластомера Φ-40С: 1 – конвективный способ; 2 – терморadiационный способ

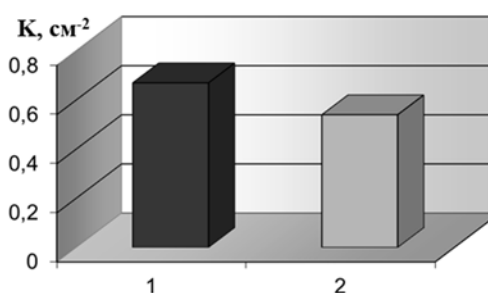


Рисунок 5 – Концентрация пузырьков в покрытиях нанокompозита эластомера Φ-40С после термической обработки: 1 – конвективный способ; 2 – терморadiационный способ

верждения конвективным способом составляет $K = 0,67$ шт./см². В покрытиях после инфракрасной обработки аналогичный параметр уменьшился до $K = 0,54$ шт./см². Параметр дефектности уменьшился в 1,24 раза.

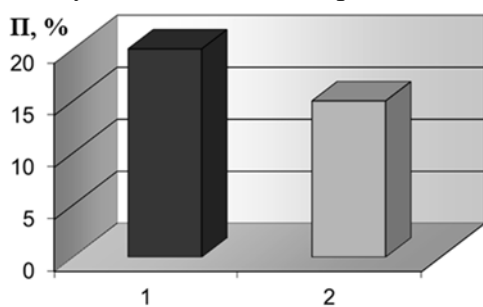


Рисунок 6 – Площадь разрушенного покрытия нанокompозита эластомера Ф-40С после термической обработки: 1 – конвективный способ; 2 – терморadiационный способ

Площадь разрушенного покрытия после отверждения конвективным способом составляет $\Pi = 20$ %. В покрытиях после инфракрасной обработки аналогичный параметр уменьшился до $\Pi = 15$ %. Показатель дефектности уменьшился в 1,33 раза.

В сравнении с конвективным способом, термическая обработка покрытий нанокompозита эластомера Ф-40С терморadiационным способом существенно повышает качество покрытий: площадь разрушенного покрытия уменьшилась в 1,33 раза, концентрация пор в покрытии – в 1,24 раза, размер пор – на 15 %.

Выводы

1. Получена регрессионная модель зависимости удельной работы разрушения пленок нанокompозита на основе эластомера Ф-40С от режима инфракрасной термической обработки. Установлен оптимальный режим нагрева: температура – 140 °С, время – 3 ч. Нанокompозит имеет высокую удельную работу разрушения 52,0 МДж/м³. После инфракрасной обработки, в сравнении с конвективным способом, прочность пленок нанокompозита увеличилась в 1,13 раза от 19,0 до 21,5 МПа, а деформация в 1,32 раза от 74 до 98 %.

2. В сравнении с конвективным способом, термическая обработка покрытий нанокompозита эластомера Ф-40С терморadiационным способом существенно повышает качество покрытий: площадь разрушенного покрытия уменьшилась в 1,33 раза (с 20 до 15 %); концентрация пор в покрытии – в 1,24 раза (с 0,67 до 0,54 шт./см²) и размер пор – на 15 % (с 0,109 до 0,095 мм).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кононенко, А.С. Повышение надежности неподвижных фланцевых соединений сельскохозяйственной техники использованием наноструктурированных герметиков: дис. ... д-ра техн. наук / Кононенко А.С. – М., 2012. – 405 с.
2. Курчаткин, В.В. Восстановление посадок подшипников качения сельскохозяйственной техники полимерными материалами: дис. ... д-ра техн. наук / Курчаткин В.В. – М., 1989. – 407 с.
3. Ли, Р.И. Технологии восстановления и упрочнения деталей автотракторной техники / Р.И. Ли // Липецк: ЛГТУ, 2014. – 379 с.
4. Башкирцев, В.Н. Восстановление деталей машин и оборудования адгезивами: дис. ... д-ра техн. наук / Башкирцев В. Н. – М., 2004. – 397 с.
5. Дёмин, В.Е. Совершенствование технологии восстановления сопряжений опор корпусных деталей с подшипниками качения применением композиционных анаэробных материалов (на примере корпуса КП трактора Т-150К): автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук / Дёмин В.Е. – Саратов, 2007. – 19 с.
6. Кричевский, М.Е. Применение полимерных материалов при ремонте сельскохозяйственной техники / Кричевский М.Е. – М.: Росагропромиздат, 1988. – 143 с.
7. Машин, Д.В. Повышение эффективности восстановления посадочных отверстий в корпусных деталях автотракторной техники композицией на основе эластомера Ф-40: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03 / Машин Д.В. – Мичуринск, 2013. – 149 с.
8. Кирсанов, Ф.А. Восстановление посадочных отверстий в корпусных деталях трансмиссии сельскохозяйственной техники эластомером Ф-40С: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03 / Кирсанов Ф.А. – Мичуринск, 2015. – 181 с.
9. Колесников, А.А. Повышение качества восстановления корпусных деталей автомобилей полимерными композиционными материалами после ультразвуковой обработки: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / Колесников А.А. – Орел, 2017. – 179 с.
10. Коба, М.Р. Восстановление посадочных отверстий в корпусных деталях сельскохозяйственной техники

наноккомпозитом на основе эластомера Ф-40: дис. ... канд. техн. наук / Киба М.Р. – Мичуринск, 2020. – 164 с.

11. Ли, Р.И. Полимерные композиционные материалы для фиксации подшипников качения в узлах машин : монография / Р.И. Ли. – Липецк: Липецкий государственный технический университет, 2017. – 224 с.

12. Надежность и ремонт машин / В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.А. Ачкасов, А.Н. Батищев; под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000. – 776 с.

13. Крассовский, Г.И. Планирование эксперимента / Г.И. Крассовский, Г.Ф. Филаретов. – Мн.: БГУ им. Ленина, 1982. – 302 с.

14. Ли, Р.И. Основы научных исследований: учебное пособие / Р.И. Ли // Липецк: ЛГТУ, 2013. – 190 с.

15. Li, R.I. A mathematical model of infrared heating of auto body parts during restoration by a polymer material / R.I. Li, D.N. Psarev, A.N. Bykonya // Polymer science, series D. – 2020. – Vol. 13. – №2. – P. 172-176.

16. Li, R.I. Calculation of structural and operational parameters of a facility for infrared heating of base parts during restoration with a polymer material / R.I. Li, Yu.N. Rizaeva, D.N. Psarev, A.N. Bykonya // Polymer science, series D. – 2020. – Vol. 13. – №4. – P. 387-390.

17. Псарев, Д.Н. Полимерный наноккомпозит для восстановления посадок подшипников качения автомобилей / В.А. Малогин, Д.Н. Псарев, А.В. Бутин // Мир транспорта и технологических машин. – 2018. – №3(62). – С. 34-40.

18. Быконя, А.Н. Теоретические аспекты терморadiационного нагрева изношенных корпусных деталей техники при восстановлении / Р.И. Ли, Д.Н. Псарев, А.Н. Быконя, А.В. Пчельников, А.Ю. Мельников // Наука в Центральной России. – 2020. – №1(43). – С. 50-59.

19. Новиков, А.Н. Технология ремонта машин: учебное пособие по курсовому проектированию / А.Н. Новиков, Н.В. Бакаева, А.В. Коломейченко. – Орел, 2003.

20. Новиков, А.Н. Технологические основы восстановления и упрочнения деталей сельскохозяйственной техники из алюминиевых сплавов электрохимическими способами / А.Н. Новиков. – Орел, 2001.

21. Новиков, А.Н. Восстановление и упрочнение деталей машин, изготовленных из алюминиевых сплавов, электрохимическими способами: учебное пособие / А.Н. Новиков, Н.В. Бакаева. – Орел, 2004.

22. Новиков, А.Н. Технологические основы восстановления и упрочнения деталей сельскохозяйственной техники из алюминиевых сплавов электрохимическими способами: автореф. дис. на соиск. учен. степ. д-ра техн. наук / Новиков Александр Николаевич; Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина. – Москва, 1999.

23. Пат. 2119420 С1 RU. Способ восстановления изношенных деталей из алюминия и его сплавов / Новиков А.Н. – №96100566/02; заявл. 10.01.96.

Ли Роман Иннакентьевич

Липецкий государственный технический университет

Адрес: 398055, Россия, г. Липецк, ул. Московская 30

Д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Транспортные средства и техносферная безопасность»

E-mail: romanle@list.ru

Псарев Дмитрий Николаевич

Мичуринский государственный аграрный университет

Адрес: 393760, Россия, г. Мичуринск, ул. Интернациональная 101

К.т.н., доцент кафедры стандартизации, метрологии и технического сервиса

E-mail: psarev_380@mail.ru

Быконя Андрей Николаевич

Липецкий государственный технический университет

Адрес: 398055, Россия, г. Липецк, ул. Московская 30

Заведующий лабораторией кафедры «Транспортные средства и техносферная безопасность»

E-mail: loseroff@mail.ru

R.I. LI, D.N. PSAREV, A.N. BYKONYA

IMPROVING RECOVERY EFFICIENCY OF VEHICLE BODY PARTS WITH ELASTOMERIC NANOCOMPOSITE AFTER INFRARED TREATMENT

***Abstract.** Convective and thermal radiation methods provide a different curing mechanism for poly-dimensional coatings. The purpose of the study is to evaluate the change in mechanical properties, defects of polymer coatings after infrared treatment. The article describes the results of comparative experimental studies of strain-strength and adhesion properties of a nanocomposite based on the elastomer F-40S, designed to restore the body parts of cars. Optimal mode of infrared treatment of elastomeric nanocomposite coatings is determined. Comparative results of investigation of nanocomposite coatings defects after thermal treatment by convective and thermal radiation methods are given.*

***Keywords:** Body part, restoration, bearing, polymer, nanocomposite, coating, infrared treatment, defects*

BIBLIOGRAPHY

1. Kononenko, A.S. Povyshenie nadezhnosti nepodviznykh flantsevykh soedineniy sel'skokhozyaystvennoy tekhniki ispol'zovaniem nanostrukturirovannykh germetikov: dis. ... d-ra tekhn. nauk / Kononenko A.S. – M., 2012. – 405 s.
2. Kurchatkin, V.V. Vosstanovlenie posadok podshipnikov kacheniya sel'skokhozyaystvennoy tekhniki polimernymi materialami: dis. ... d-ra tekhn. nauk / Kurchatkin V.V. – M., 1989. – 407 s.
3. Li, R.I. Tekhnologii vosstanovleniya i uprochneniya detaley avtotraktornoy tekhniki / R.I. Li // Lipetsk: LGTU, 2014. – 379 s.
4. Bashkirtsev, V.N. Vosstanovlenie detaley mashin i oborudovaniya adgezivami: dis. ... d-ra tekhn. nauk / Bashkirtsev V.N. – M., 2004. – 397 s.
5. Diomin, V.E. Sovershenstvovanie tekhnologii vosstanovleniya sopryazheniy opor korpusnykh detaley s podshipnikami kacheniya primeneniem kompozitsionnykh anaerobnykh materialov (na primere korpusa KP traktora T-150K): avtoref. dis. na soisk. uchen. step. kand. tekhn. nauk / Diomin V.E. – Saratov, 2007. - 19 s.
6. Krichevskiy, M.E. Primenenie polimernykh materialov pri remonte sel'skokhozyaystvennoy tekhniki / Krichevskiy M.E. – M.: Rosagropromizdat, 1988. - 143 s.
7. Mashin, D.V. Povyshenie effektivnosti vosstanovleniya posadochnykh otverstiy v korpusnykh detalyakh avtotraktornoy tekhniki kompozitsiy na osnove elastomera F-40: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.20.03 / Mashin D.V. – Michurinsk, 2013. – 149 s.
8. Kirsanov, F.A. Vosstanovlenie posadochnykh otverstiy v korpusnykh detalyakh transmissii sel'skokhozyaystvennoy tekhniki elastomerom F-40S: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.20.03 / Kirsanov F.A. – Michurinsk, 2015. – 181 s.
9. Kolesnikov, A.A. Povyshenie kachestva vosstanovleniya korpusnykh detaley avtomobiley polimernymi kompozitsionnymi materialami posle ul'trazvukovoy obrabotki: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.22.10 / Kolesnikov A.A. – Orel, 2017. – 179 s.
10. Kiba, M.R. Vosstanovlenie posadochnykh otverstiy v korpusnykh detalyakh sel'skokhozyaystvennoy tekhniki nanokompozitom na osnove elastomera F-40: dis. ... kand. tekhn. nauk / Kiba M.R. – Michurinsk, 2020. – 164 s.
11. Li, R.I. Polimernye kompozitsionnye materialy dlya fiksatsii podshipnikov kacheniya v uzlakh mashin: monografiya / R.I. Li. – Lipetsk: Lipetskiy gosudarstvennyy tekhnicheskiy universitet, 2017. – 224 s.
12. Nadezhnost' i remont mashin / V.V. Kurchatkin, N.F.Tel'nov, K.A. Achkasov, A.N. Batishchev; pod red. V.V. Kurchatkina. – M.: Kolos, 2000. – 776 s.
13. Krassovskiy, G.I. Planirovanie eksperimenta / G.I. Krassovskiy, G.F. Filaretov. – Mn.: BGU im. Lenina, 1982. - 302 s.
14. Li, R.I. Osnovy nauchnykh issledovaniy: uchebnoe posobie / R.I. Li // Lipetsk: LGTU, 2013. – 190 s.
15. Li, R.I. A mathematical model of infrared heating of auto body parts during restoration by a polymer material / R.I. Li, D.N. Psarev, A.N. Bykonya // Polymer science, series D. – 2020. – Vol. 13. – №2. – R. 172-176.
16. Li, R.I. Calculation of structural and operational parameters of a facility for infrared heating of base parts during restoration with a polymer material / R.I. Li, Yu.N. Rizaeva, D.N. Psarev, A.N. Bykonya // Polymer science, series D. – 2020. – Vol. 13. – №4. – R. 387-390.
17. Psarev, D.N. Polimernyy nanokompozit dlya vosstanovleniya posadok podshipnikov kacheniya avtomobiley / V.A. Malyugin, D.N. Psarev, A.V. Butin // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. – 2018. – №3(62). – C. 34-40.
18. Bykonya, A.N. Teoreticheskie aspekty termoradiatsionnogo nagreva iznoshennykh korpusnykh detaley tekhniki pri vosstanovlenii / R.I. Li, D.N. Psarev, A.N. Bykonya, A.V. Pchel'nikov, A.Yu. Mel'nikov // Nauka v Tsentral'noy Rossii. – 2020. – №1(43). – C. 50-59.
19. Novikov, A.N. Tekhnologiya remonta mashin: uchebnoe posobie po kursovomu proektirovaniyu / A.N. Novikov, N.V. Bakaeva, A.V. Kolomeychenko. – Orel, 2003.
20. Novikov, A.N. Tekhnologicheskie osnovy vosstanovleniya i uprochneniya detaley sel'skokhozyaystvennoy tekhniki iz alyuminievykh splavov elektrokhimicheskimi sposobami / A.N. Novikov. – Orel, 2001.
21. Novikov, A.N. Vosstanovlenie i uprochnenie detaley mashin, izgotovlennykh iz alyuminievykh splavov, elektrokhimicheskimi sposobami: uchebnoe posobie / A.N. Novikov, N.V. Bakaeva. – Orel, 2004.
22. Novikov, A.N. Tekhnologicheskie osnovy vosstanovleniya i uprochneniya detaley sel'skokhozyaystvennoy tekhniki iz alyuminievykh splavov elektrokhimicheskimi sposobami: avtoref. dis. na soisk. uchen. step. d-ra tekhn. nauk / Novikov Aleksandr Nikolaevich; Moskovskiy gosudarstvennyy agroinzhenernyy universitet imeni V.P. Goryachkina. – Moskva, 1999.
23. Pat. 2119420 C1 RU. Sposob vosstanovleniya iznoshennykh detaley iz alyuminiya i ego splavov / Novikov A.N. – №96100566/02; zayavl. 10.01.96.

Lee Roman Inoket'evich

Lipetsk State Technical University
Address: 398055, Russia, Lipetsk, Moskovskaya str., 30
Doctor of technical sciences
E-mail: romanle@list.ru

Bykonya Andrey Nikolaevich

Lipetsk State Technical University
Address: 398055, Russia, Lipetsk, Moskovskaya str., 30
Head of laboratory
E-mail: loseroff@mail.ru

Psarev Dmitriy Nikolaevich

Michurinsk State Agrarian University
Address: 393760, Russia, Michurinsk,
Internacionalnaya str., 101
Candidat of technical sciences
E-mail: psarev_380@mail.ru

Научная статья

УДК 629.1.03

doi:10.33979/2073-7432-2022-76-1-31-38

А.В. ПАНИЧКИН, М.Ю. ЧУКАЛОВ, А.А. БОЖАНОВ, К.В. АКСЕНОВ

АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ОГРАНИЧЕНИЙ ПОДВИЖНОСТИ В ПРОЦЕССЕ КРИВОЛИНЕЙНОГО ДВИЖЕНИЯ БЫСТРОХОДНОЙ ГУСЕНИЧНОЙ МАШИНЫ И ОСНОВЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЕЕ ПОДВИЖНОСТИ

Аннотация. Приводятся описание и основные зависимости различных современных методов расчета и определения подвижности быстроходных гусеничных машин в процессе их криволинейного движения. Для ряда зависимостей приведены экспериментальные графики, полученные осциллографом, а также дано эмпирическое описание полученных данных. Также приводится описание и основные зависимости числа использований системы управления поворотом быстроходных гусеничных машин от скорости их движения, траекторий их движений и других факторов, дается обоснование метода прогнозирования подвижности и быстроходности гусеничной машины с учетом вводимых ограничений, описываются способы повышения данных параметров.

Ключевые слова: быстроходность, прогнозирование, криволинейное движение, быстроходная гусеничная машина, боковой занос, фазово-частотные характеристики, управляющее воздействие, траектория движения, система управления поворотом, цикличность

Введение

При проектировании или модернизации конструкции транспортного средства одной из задач, стоящих перед конструктором, является прогнозирование его быстроходности. Быстроходность транспортного средства оценивается средней скоростью его движения [1].

Материал и методы

При этом используются различные методы прогнозирования, которые основаны на изучении установившихся процессов движения в транспортном режиме по характерным дорогам (но не учитывают ограничения, специфические для каждой конкретной машины).

Тогда средняя скорость будет определена как случайная величина на основе функции распределения скорости по пути [7]:

$$F_s(V) = \prod_{i=1}^3 F_{Si}(V), \quad (1)$$

где F_{Si} – функция распределения скорости движения с учетом ограничений по тяговым качествам ($i = 1$), по предотвращению заноса на криволинейных участках ($i = 2$), по параметрам плавности хода на неровных участках дороги ($i = 3$).

Расчет

Средняя скорость движения определяется на основе тягово-скоростной характеристики транспортного средства, характеристики системы подрессоривания, и функций распределения коэффициентов сопротивления движению $F_s(f)$, повороту $F_s(\mu)$, кривизны $F_s(k)$, и микропрофиля и его интенсивности $F_s(J_p, h, a)$.

В случае движения машины по ровным дорогам скорость ее движения ограничивается только тягово-динамическими качествами машины и условиями прохождения криволинейных участков траектории, то есть условиями возникновения бокового заноса при повороте [2, 3]:

$$V \leq \sqrt{\frac{\mu \cdot g}{k}}, \quad (2)$$

где μ – коэффициент сопротивления повороту;

g – ускорение свободного падения;

k – радиус кривизны траектории.

Для характерных дорог функции параметров μ и k известны.

Такие методы дают достаточно точные результаты для сравнительно тихоходных гусеничных машин в случае их движения по деформируемым грунтам. Для быстроходных же гусеничных машин средняя скорость во многом зависит от их управляемости. Это свойство характеризует все аспекты динамики системы «Человек – машина – внешняя среда» [14, 20] и оценивается динамическими, кинематическими и силовыми характеристиками.

При этом динамические характеристики определяются по качественным параметрам входа и выхода гусеничной машины из криволинейного участка траектории, то есть по реакции машины как объекта управления [4].

Работы [6, 13] показывают, что адекватную оценку управляемости быстроходных гусеничных машин дают фазово-частотные характеристики, и приводят определенные зависимости для линейных систем. Аргументом в них является частота процесса, которую определяют параметрами кривизны тестовой «змейки». При этом функция оператора машины как звена обратной связи не учитывается.

В случае движения машины по трассе со случайным изменением направления движения частоту процесса можно также определить, как цикличность задействия механизма поворота машины. В.А. Савочкин при исследовании движения машины как непрерывного марковского процесса дал определение цикличности как количества положительных выбросов кривизны нулевого уровня [15, 21]. При этом необходимо учитывать функцию оператора машины как звена обратной связи, компенсирующего отклонения.

С учетом непрерывного развития конструкций быстроходных гусеничных машин, совершенствование методов прогнозирования их подвижности и улучшения их управляемости является весьма актуальной задачей. Применение в подобных машинах современных конструктивных решений, а так же интенсификация рабочих процессов таких машин и получение новых экспериментальных данных дают возможность получить новые понимания происходящих процессов, ввести дополнения и ограничения в математические модели [5].

Динамические свойства быстроходной гусеничной машины наиболее полно можно наблюдать при прохождении специальной тестовой «змейки», помимо которой используются такие испытания, как «переставка» и «вход в поворот». Такие испытания позволяют изучить переходные процессы, происходящие во время поворота машин.

На рисунке 1 приведен фрагмент осциллограмм, характеризующих изменение кинематических параметров быстроходной гусеничной машины при движении на 4-й передаче по грунтовой «змейке» [8, 9] с длиной полуволны ΔS равной 30 метров. Здесь $\alpha_{шт}$ – угол поворота штурвала, ω – угловая скорость, φ – курсовой угол.

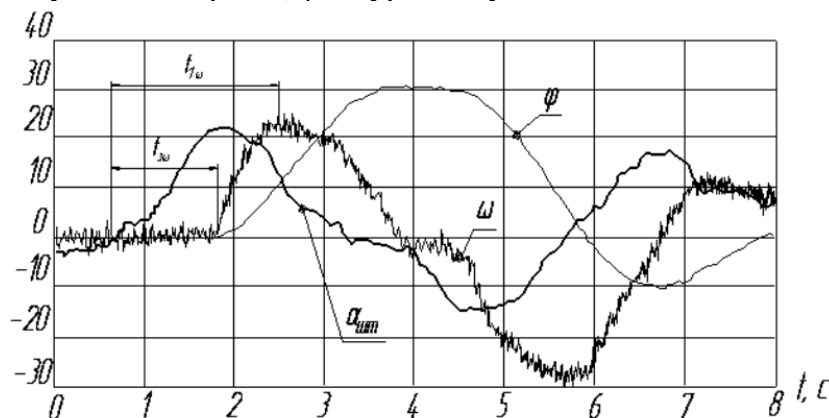


Рисунок 1 – Фрагмент осциллограммы с записью изменения кинематических параметров быстроходной гусеничной машины при движении по змейке

Полученные данные позволяют объяснить некоторое запаздывание реакции машины на управляющее воздействие $\alpha_{шт}$ по угловой скорости ω и курсовому углу φ .

Динамические характеристики определяются по качеству переходных процессов входа в поворот, выхода из него и оцениваются следующими параметрами:

- время запаздывания реакции по угловой скорости $t_{3\omega}$ и по курсовому углу $t_{3\varphi}$, то есть по есть длительность паузы до начала изменения угловой скорости ω и курсового угла φ после изменения положения штурвала;

- быстродействие системы $t_{1\omega}$, которое характеризуется длительностью процесса от момента изменения положения штурвала до момента, когда угловая скорость достигает установившейся величины.

Для оценки напряженности оператора быстроходной гусеничной машины принято использовать время упреждения, при котором обеспечивается точность его управляющего воздействия и точность траектории машины. Применительно к рассматриваемому процессу время, соответствующее требуемому опережению задающего воздействия по отношению к изменению курсового угла, с увеличением скорости уменьшается. На рисунке 2 представлены результаты обработки экспериментальных данных, в результате которой были построены зависимости $t_{3\omega}$ и $t_{1\omega}$ от скорости движения v . Зависимости показывают, что при росте скорости движения машины быстродействие системы управления поворотом уменьшается, но при этом время запаздывания этой системы остается постоянным.

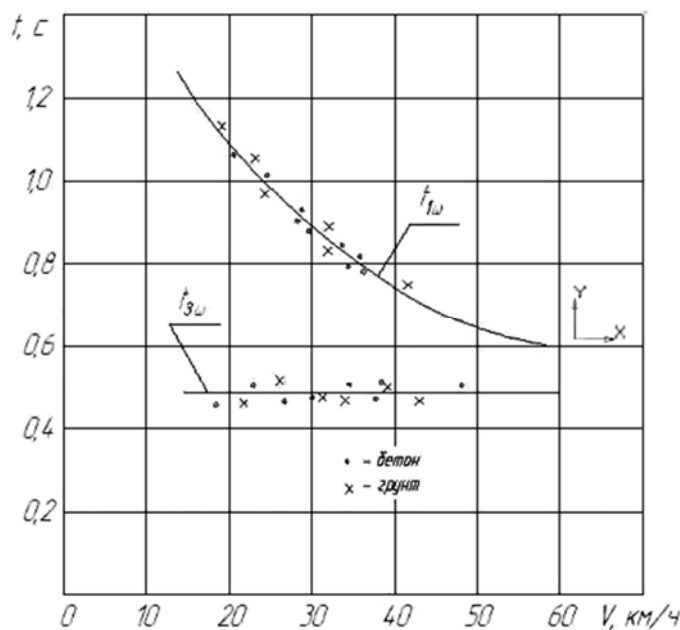


Рисунок 2 – График зависимостей длительности процессов от скорости движения быстроходной гусеничной машины

Экспериментально было установлено, что оператор как звено управления может влиять на значения динамического коэффициента усиления в зависимости от текущей ситуации, но при этом ему трудно компенсировать отставание выходного сигнала по фазе ψ_φ .

Это связано с тем, что в системе управления поворотом быстроходных гусеничных машин отсутствуют звенья, способствующие изменению курсового угла машины с требуемым опережением, и эта функция полностью возлагается на оператора. В случае слишком большой величины фазового отставания оператор даже может не войти в заданную кривую пути. В связи с этим, как критерий сложности управления, вводится коэффициент фазовой напряженности регулирования направлением движения – отношение отставания выходного сигнала по фазе ψ_φ к числу π [10-12, 22].

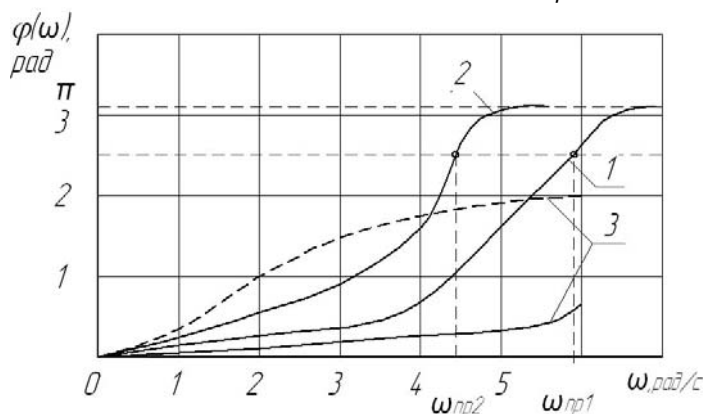


Рисунок 3 – Фазовая частотная характеристика быстроходной гусеничной машины:

1 – машина как сплошное твердое тело; 2 – машина при учете упруго-инерционных свойств системы управления поворотом; 3 – гидропривод системы управления поворотом в зависимости от состояния рабочей жидкости (сплошная линия для номинального состояния, пунктирная линия для двухфазного состояния)

Рассмотрим фазовую частотную характеристику быстроходной гусеничной машины массой 14 тонн, представленную на рисунке 3.

Результаты

Опытным путем при рассмотрении движения машины была определена цикличность включения системы управления поворотом при движении по трассе, кривизна которой

задана случайной или детерминированной функцией в соответствии с работой В.А. Савочкина. При этом было установлено, что реальная цикличность включения данной системы значительно выше прогнозируемых расчетных значений (рис. 4), что обуславливается принимаемыми допущениями.

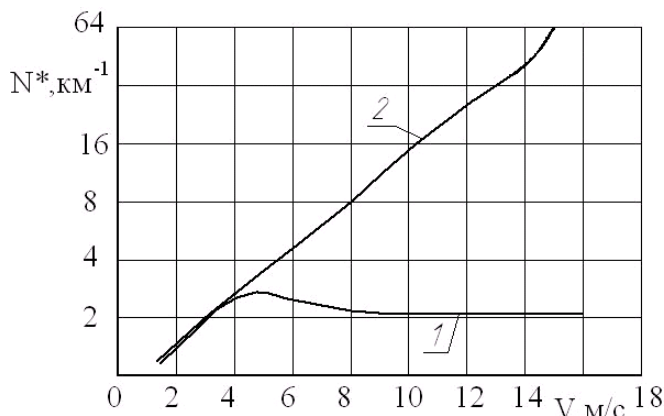


Рисунок 4 – Зависимость цикличности использования системы управления поворотом от скорости движения машины: 1 – прогнозируемая по известным методикам цикличность, 2 – реальная цикличность использования системы управления поворотом

обуславливается принимаемыми допущениями.

На практике цикличность использования механизмов поворота помимо вероятностных свойств трассы зависит и от требуемой точности траектории, что приводит к ее увеличению. В процессе прохождения поворота оператор быстроходной гусеничной машины отклоняет штурвал на некоторый угол $\beta(k_d, \alpha_{шт})$ [16, 17, 23]. При этом из-за бокового смещения действительный резерв ширины проезжей части необходимо уменьшить на величину ΔY :

$$\Delta Y = \int_0^t V \cdot \theta(V, t) dt, \quad (3)$$

где V – скорость движения машины;

$\theta(V, t)$ – угол бокового увода машины.

Также несоответствие фактической кривизны траектории рассчитанной по известным методикам возникает из-за наличия юза и буксования гусениц машины:

$$k_\phi = k_p \cdot \frac{B}{L}, \quad (4)$$

где k_ϕ и k_p – фактическое и расчетное значения кривизны траектории движения машины;

B – ширина колеи машины;

L – длина опорной поверхности гусеницы машины.

С учетом дивергенции отклонения вектора параметров траектории движения, ограниченного быстродействием системы, действительный угол поворота машины гораздо меньше расчетного $\beta(k_d, \alpha_{шт})$ и определяется выражением:

$$\beta_d = \beta(k_d, \alpha_{шт}) - \theta - \Delta\beta_3 - \Delta\theta, \quad (5)$$

где $\beta(k_d, \alpha_{шт})$ – заданный угол поворота машины;

$\theta, \Delta\theta$ – соответственно детерминированное и стохастическое значение бокового угла;

$\Delta\beta_3$ – отклонение направления движения, компенсирующее запаздывание системы.

Требуемая точность траектории движения машины по условиям вписываемости в поворот можно обеспечить, дополнительно увеличивая число использований механизма поворота. При этом количество таких дополнительных включений можно определить как математическое ожидание случайной функции удельного числа поворотов $N_{уд}(k_d)$:

$$N_d^*(k_d) = m_s[N_d(k_d)] = \int_0^{k_\phi \frac{k_d}{\beta_d}} \varphi_s(k_d) dk_d, \quad (6)$$

где $\varphi_s(k_d)$ – плотность вероятностей модуля дорожной кривизны $k_d = |k_d|$;

β_d – действительный угол поворота быстроходной гусеничной машины.

Тогда прогнозируемое значение скорости движения быстроходной гусеничной машины при детерминированной и случайной функции изменения кривизны траектории соответственно можно определить по уравнениям:

$$V = \frac{\omega_{пр} \Delta S}{\pi}, \quad (7)$$

$$V = \frac{\omega_{\text{пр}}}{\pi(N^* + N_d^*)}, \quad (8)$$

где $\omega_{\text{пр}}$ – частота, соответствующая допустимому значению коэффициента фазовой напряженности $k_{\phi}(V) = 0,75$.

Адекватность данной математической модели реальным значениям процесса, а так же корректность вводимых допущений для расчета цикличности использования механизма поворота подтверждаются экспериментально. Тем не менее, сопоставление теоретических и экспериментальных данных дает понимание о необходимости корректировки математической модели путем введения в нее параметра, характеризующего запаздывание системы.

Подвижность быстроходной гусеничной машины определяется, в том числе, таким параметром как цикличность задействования системы управления поворотом. Экспериментально было установлено, что при скоростях движения машины, не превышающей 5 км/ч (1,38 м/с) расчетное и реальное число задействований системы практически совпадают. При дальнейшем росте скорости число включений начинает значительно возрастать, и возникает несоответствие реальных значений величинам расчетным. Данное расхождение вызвано тем, что параметры действительного процесса управления отличаются от теоретических.

Очевидно, что частота использования системы управления поворотом зависит не только от вероятностных характеристик покрытия и кривизны траектории, но и от предъявляемой к оператору точности ее прохождения. В этом случае число задействований данной системы будет существенно превышать число поворотов рассматриваемого участка траектории. При расчете цикличности с учетом обеспечения требуемой точности траектории расчетное значение функции цикличности включения от скорости движения удовлетворительно совпадает с экспериментальными данными [18, 24].

По результатам данных исследований можно рассмотреть следующий алгоритм для прогнозирования быстроходности гусеничной машины в случае ее движения по криволинейной траектории.

Известными данными принимаются геометрические и инерционные параметры быстроходной гусеничной машины, тяговая характеристика ее двигателя и трансмиссии, характеристика системы управления поворотом, параметры дорожно-грунтовых условия движения (кривизна дороги $S_k(\omega)$, ширина дороги $S_H(\omega)$, коэффициент сопротивления повороту $S_{\mu}(\omega)$).

Следующим этапом определяются параметры нелинейности системы управления, динамических свойств системы «машина-оператор» (время запаздывания реакции по угловой скорости $t_{3\omega}$ и быстродействие системы $t_{1\omega}$), коэффициент фазовой напряженности $K_{\phi}(\omega)$, параметры угла поворота машины $\beta(k_d, \alpha_{\text{шт}})$, частота задействования системы управления поворотом, цикличность процесса корректировки направления движения машины $\omega_{\text{пр}}$.

Далее вводятся необходимые ограничения: буксование гусеницы забегающего борта, условия вписываемости в криволинейный участок траектории, ограничения по боковому заносу и тяговым возможностям машины, а также ограничения, связанные с состоянием оператора машины, как звена обратной связи.

Обсуждение

По полученным в ходе расчета данным определяются и строятся графики зависимостей кинематических параметров при движении машины по тестовой трассе со случайным изменением кривизны траектории. Заключительным этапом на основе этих данных, а также из результатов имитационного моделирования движения машины определяется скорость движения быстроходной гусеничной машины, которая будет минимальной соответствующей введенным ограничениям. Полученные результаты в дальнейшем можно подвергнуть статистической обработке, по результатам которой можно определить числовые характеристики функции распределения по траектории движения [19].

Вышеизложенный подход к прогнозированию дает возможность как определять быстроходность гусеничной машины по ее динамическим свойствам и свойствам траектории, так и решать обратную задачу – повышать скоростные свойства машины воздействием на влияющие на нее факторы и сокращением введенных ограничений с помощью автоматизации процесса управления. Система автоматизации должна уменьшить количество использований системы управления поворотом, что должно привести к повышению быстроходности машины. Также среднюю скорость движения быстроходной гусеничной машины можно увеличить применением в гусеницах материалов, снижающих податливость рабочих ветвей. Большое значение при повышении средней скорости прохождения криволинейного участка траектории оказывает внедрение в систему управления поворотом пропорционально интегро-дифференцирующих корректирующих устройств.

Выводы

Проведенные на тестовой змейке испытания показали, что средняя скорость тестируемой быстроходной гусеничной машины со внедренным макетом пропорционально интегро-дифференцирующего корректирующего устройства повысилась на 14,3 %, при этом число использований системы управления поворотом сократилось на 32 % (с 37 до 25 на пройденный километр).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонов, Д.А. Теория устойчивости движения многоосных автомобилей / Д.А. Антонов – М.: Машиностроение, 1978. – 216 с.
2. Березин, И.Я. Расчетное обоснование варианта управляемой системы поддрессирования быстроходной гусеничной машины / И.Я. Березин, А.А. Абызов, К.С. Жебелев К.С. и др. // Военная техника, вооружения, технологии двойного применения.– Омск: ОмГУ, 2005. – С. 213-216.
3. Благоднаров, А.А. Динамика управляемого движения / А.А. Благоднаров, В.Б. Держанский. – Курган: КМИ, 1995. – 162 с.
4. Ветров, Ю.А. Машины для земляных работ / Ю.А. Ветров, А.А. Кархов, А.С. Кондра, В.П. Станевский. – Киев: Высшая школа, 1981.– 384 с.
5. Волков, Д.П. Повышение качества строительных машин / Д.П. Волков, С.Н. Николаев. – М.: Стройиздат, 1984.
6. Держанский, В.Б. Прогнозирование подвижности быстроходных гусеничных машин при криволинейном движении / В.Б. Держанский, В.Н. Наумов, И.А. Тараторкин и др. // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Машиностроение, – 2008. – №2(71). – С. 76-96.
7. Держанский, В.Б. Прогнозирование динамической нагруженности гидромеханических трансмиссий транспортных машин / В.Б. Держанский, И.А. Тараторкин. – Екатеринбург: УрО РАН, 2010. – С. 176.
8. Лозовой, Д.А. Показатели для сравнения типоразмеров строительных машин / Д.А. Лозовой // Строительные и дорожные машины. – 1963. – №8.
9. Ничке, В.В. Определение режимов нагружения землеройно-транспортных машин / В.В. Ничке. – М.: Машиностроение, 1972. – 320 с.
10. Паничкин, А.В., Перспективные системы поддрессирования гусеничных строительно-дорожных машин / А.В. Паничкин // Мир транспорта и технологических машин. – 2009. – №1(24). – С. 70-73.
11. Паничкин, А.В. Рациональная компоновка ходового оборудования гусеничных СДМ / А.В. Паничкин // Мир транспорта и технологических машин. – 2009. – №3(26). – С. 70-72.
12. Паничкин, А.В. Типы сцепления гусениц в движителях СДМ / А.В. Паничкин // Мир транспорта и технологических машин. – 2009. – №4(27). – С. 74-77.
13. Платонов, В.Ф. Динамика и надежность гусеничного движителя / В.Ф. Платонов. – М.: Машиностроение, 1973. – 232 с.
14. Руководство по проектированию человеко-машинных систем / Пер. с англ.; под ред. Б.Ф. Ломова.– М.: Машиностроение, 1971. – 488 с.
15. Савочкин, В.А. Статистическая динамика транспортных и тяговых машин / В.А. Савочкин, А.А. Дмитриев. – М.: Машиностроение, 1993. – 320 с.
16. Савочкин, В.А. Статистическая динамика транспортных и тяговых машин / В.А. Савочкин, А.А. Дмитриев. – М.: Машиностроение, 1993. – 320 с.
17. Серебрянный, В.В. Исследование характеристик криволинейного движения мобильного робототехнического комплекса / В.В. Серебрянный, Г.О. Котиев, И.В. Рубцов и др // Мехатроника, автоматизация, управление. –2002. – №4. – С. 58–63.
18. Ульянов, Н.А. Самоходные колесные землеройно-транспортные машины / Н.А. Ульянов, Э.Г. Ронисон, В.Г. Соловьев. – М.: Машиностроение, 1971. – 360 с.
19. Холодов, А.М. Землеройно-транспортные машины: справочник / А.М. Холодов, В.В. Ничке, Л.В. Назаров. – Х.: Вища шк. Харьк. ун-т, 1982. – 192 с.

20. Шеридан, Т.Б. Система человек – машина. Модели обработки информации, управление и принятие решения человеком – оператором / Т.Б. Шеридан, У.Р. Феррел; под ред. К.Ф. Фролова.. – Пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1980. – 400 с.

21. Новиков, А.Н. Экологический мониторинг воздействия автотранспорта на акустическую среду города / А.Н. Новиков, О.А. Ивашук, В.В. Васильева // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2006. – №6. – С. 33-34.

22. Новиков, А.Н. Современные способы стендовых испытаний шаровых шарниров / А.Н. Новиков, А.А. Катунин, М.Д. Тебекин // Мир транспорта и технологических машин. – 2010. – №4(31). – С. 27-34.

23. Производственно-техническая инфраструктура предприятий автосервиса: учебник для студентов / А.Н. Новиков, Н.И. Веревкин, А.Л. Севостьянов, Н.В. Бакаева. – Москва, 2015.

24. Пат. 2147323 С1 RU. Электролит для микродугового анодирования алюминия и его сплавов / Кузнецов Ю.А., Коломейченко А.В., Хромов В.Н., Новиков А.Н. – №99110977/02; заявл. 17.05.99.

Паничкин Антон Валерьевич

Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева

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

К.т.н., и.о. заведующего кафедрой подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин

E-mail: terra79@yandex.ru

Чукалов Михаил Юрьевич

Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева

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

Аспирант

E-mail: chukalovfamily@yandex.ru

Божанов Аркадий Александрович

Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева

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

К.т.н., доцент кафедры подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин

E-mail: abozhanov@yandex.ru

Аксенов Константин Олегович

Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева

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

К.э.н., доцент кафедры инноватики и прикладной экономики

E-mail: regionkos@mail.ru

A.V. PANICHKIN, M.Y. CHUKALOV, A.A. BOZHANOV, K.V AKSENOV

ANALYSIS OF METHODS FOR CALCULATING MOBILITY LIMITATIONS IN THE PROCESS OF CURVILINEAR MOTION OF A HIGH-SPEED TRACKED VEHICLE AND THE BASIS FOR PREDICTING ITS MOBILITY

Abstract. The article describes and describes the main dependencies of various modern methods of calculating and determining the mobility of high-speed tracked vehicles in the process of their curvilinear movement. Experimental graphs obtained by an oscilloscope are given for a number of dependencies, and an empirical description of the data obtained is also given. The description and the main dependences of the number of uses of the turn control system of high-speed tracked vehicles on the speed of their movement, the trajectories of their movements and other factors are also given, the method for predicting the mobility and speed of a tracked vehicle is justified, taking into account the restrictions imposed, and ways to increase these parameters are described.

Keywords: speed, forecasting, curvilinear motion, high-speed rotary machine, lateral skidding, phase-frequency characteristics, control action, motion trajectory, turn control system, cyclicity

BIBLIOGRAPHY

1. Antonov, D.A. Teoriya ustoychivosti dvizheniya mnogoosnykh avtomobiley / D.A. Antonov – М.: Mashinostroenie, 1978. – 216 s.

2. Berezin, I.Ya. Raschetnoe obosnovanie varianta upravlyaemoy sistemy podressorivaniya bystrokhodnoy gusenichnoy mashiny / I.Ya. Berezin, A.A. Abyzov, K.S. Zhebelev K.S. i dr. // Voennaya tekhnika, vooruzheniya, tekhnologii dvoynogo primeneniya. – Omsk: OmGU, 2005. – S. 213-216.

3. Blagonravov, A.A. Dinamika upravlyaemogo dvizheniya / A.A. Blagonravov, V.B. Derzhanskiy. – Kurgan: KMI, 1995. – 162 s.

4. Vetrov, Yu.A. Mashiny dlya zemlyanykh rabot / Yu.A. Vetrov, A.A. Karkhov, A.S. Kondra, V.P. Stanevskiy. – Kiev: Vysshaya shkola, 1981. – 384 s.
5. Volkov, D.P. Povyshenie kachestva stroitel'nykh mashin / D.P. Volkov, S.N. Nikolaev. – M.: Stroyizdat, 1984.
6. Derzhanskiy, V.B. Prognozirovaniye podvizhnosti bystrokhodnykh gusenichnykh mashin pri krivolineynom dvizhenii / V.B. Derzhanskiy, V.N. Naumov, I.A. Taratorkin i dr. // Vestnik MGТУ im. N.E. Baumana. Mashinostroeniye, – 2008. – №2(71). – S. 76-96.
7. Derzhanskiy, V.B. Prognozirovaniye dinamicheskoy nagruzhennosti gidromekhanicheskikh transmisiy transportnykh mashin / V.B. Derzhanskiy, I.A. Taratorkin. – Ekaterinburg: UrO RAN, 2010. – S. 176.
8. Lozovoy, D.A. Pokazateli dlya sravneniya tiporazmerov stroitel'nykh mashin / D.A. Lozovoy // Stroitel'nye i dorozhnye mashiny. – 1963. – №8.
9. Nichke, V.V. Opredeleniye rezhimov nagruzheniya zemleroyno-transportnykh mashin / V.V. Nichke. – M.: Mashinostroeniye, 1972. – 320 s.
10. Panichkin, A.V. Perspektivnyye sistemy podressorivaniya gusenichnykh stroitel'no-dorozhnykh mashin / A.V. Panichkin // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. – 2009. – №1(24). – S. 70-73.
11. Panichkin, A.V. Ratsional'naya komponovka khodovogo oborudovaniya gusenichnykh SDM / A.V. Panichkin // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. – 2009. – №3(26). – S. 70-72.
12. Panichkin, A.V. Tipy zatsepleniya gusenits v dvizhitelyakh SDM / A.V. Panichkin // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. – 2009. – №4(27). – S. 74-77.
13. Platonov, V.F. Dinamika i nadezhnost' gusenichnogo dvizhitelya / V.F. Platonov. – M.: Mashinostroeniye, 1973. – 232 s.
14. Rukovodstvo po proektirovaniyu cheloveko-mashinnykh sistem / Per. s angl.; pod red. B.F. Lomova. – M.: Mashinostroeniye, 1971. – 488 s.
15. Savochkin, V.A. Statisticheskaya dinamika transportnykh i tyagovykh mashin / V.A. Savochkin, A.A. Dmitriev. – M.: Mashinostroeniye, 1993. – 320 s.
16. Savochkin, V.A. Statisticheskaya dinamika transportnykh i tyagovykh mashin / V.A. Savochkin, A.A. Dmitriev. – M.: Mashinostroeniye, 1993. – 320 s.
17. Serebrennyy, V.V. Issledovaniye kharakteristik krivolineynogo dvizheniya mobil'nogo robototekhnicheskogo kompleksa / V.V. Serebrennyy, G.O. Kotiev, I.V. Rubtsov i dr. // Mekhatronika, avtomatizatsiya, upravleniye. – 2002. – №4. – S. 58-63.
18. Ul'yanov, N.A. Samokhodnye kolesnye zemleroyno-transportnye mashiny / N.A. Ul'yanov, E.G. Ronison, V.G. Solov'ev. – M.: Mashinostroeniye, 1971. – 360 s.
19. Holodov, A.M. Zemleroyno-transportnye mashiny: spravochnik / A.M. Holodov, V.V. Nichke, L.V. Nazarov. – H.: Vishcha shk. Har'k. un-t, 1982. – 192 s.
20. Sheridan, T.B. Sistema chelovek – mashina. Modeli obrabotki informatsii, upravleniye i prinyatiye resheniya chelovekom – operatorom / T.B. Sheridan, U.R. Ferrel; pod red. K.F. Frolova. – Per. s angl. – M.: Mashinostroeniye, 1980. – 400 s.
21. Novikov, A.N. Ekologicheskii monitoring vozdeystviya avtotransporta na akusticheskuyu sredu goroda / A.N. Novikov, O.A. Ivashchuk, V.V. Vasil'eva // Remont. Vosstanovleniye. Modernizatsiya. – 2006. – №6. – S. 33-34.
22. Novikov, A.N. Sovremennyye sposoby stendovykh ispytaniy sharovykh sharnirov / A.N. Novikov, A.A. Katunin, M.D. Tebekin // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. – 2010. – №4(31). – S. 27-34.
23. Proizvodstvenno-tekhnicheskaya infrastruktura predpriyatiy avtoservisa: uchebnik dlya studentov / A.N. Novikov, N.I. Verevkin, A.L. Sevost'yanov, N.V. Bakaeva. – Moskva, 2015.
24. Pat. 2147323 C1 RU. Elektrolit dlya mikrodugovogo anodirovaniya alyuminiya i ego splavov / Kuznetsov YU.A., Kolomeychenko A.V., Hromov V.N., Novikov A.N. – №99110977/02; zayavl. 17.05.99.

Panichkin Anton Valer'evich

Orel State University
Address: 302030, Russia, Orel, Moskovskaya str., 77
Candidate of technical sciences
E-mail: teppa79@yandex.ru

Chukalov Mikhail Yur'evich

Orel State University
Address: 302030, Russia, Orel, Moskovskaya str., 77
Postgraduate student
E-mail: chukalovfamily@yandex.ru

Bozhanov Arkady Aleksandrovich

Orel State University
Address: 302030, Russia, Orel, Moskovskaya str., 77
Candidate of technical sciences
E-mail: abozhanov@yandex.ru

Aksenov Konstantin Olegovich

Orel State University
Address: 302030, Russia, Orel, Moskovskaya str., 77
Candidate of economics sciences
E-mail: regionkos@mail.ru

БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ И АВТОМОБИЛЬНЫЕ ПЕРЕВОЗКИ

Научная статья

УДК 656.13.072

doi:10.33979/2073-7432-2022-76-1-39-47

Л.П. КУЗНЕЦОВА, Б.А. СЕМЕНИХИН, И.П. ЕМЕЛЬЯНОВ, К.Ю. КУЗНЕЦОВ

АНАЛИЗ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГЕ «КУРСК – ЛЬГОВ – РЫЛЬСК – ГРАНИЦА С УКРАИНОЙ» ЗА 2018-2020 Г.

Аннотация. Представлены результаты обследования и анализ безопасности дорожного движения на автомобильной дороге регионального значения «Курск – Льгов – Рыльск – граница с Украиной» за 2018-2020 гг., представлены основные технические характеристики исследуемой дороги. Выполнен топографический анализ, результатом которого стал линейный график ДТП. Приведен сравнительный анализ ДТП по характеру происхождения. Выявлены места концентрации ДТП на исследуемой дороге для дальнейшей разработки конкретных мероприятий, направленных на совершенствование организации и повышение безопасности дорожного движения на данной дороге.

Ключевые слова: автомобильная дорога, безопасность дорожного движения (БДД), дорожно-транспортное происшествие (ДТП), место концентрации ДТП, транспортное средство (ТС)

ВВЕДЕНИЕ

Объектом данного исследования является автомобильная дорога регионального значения, находящаяся на территории Курской области, 38 ОП РЗ 38К-017 «Курск – Льгов – Рыльск – граница с Украиной» (рис. 1) общей протяжённостью 149,754 км.

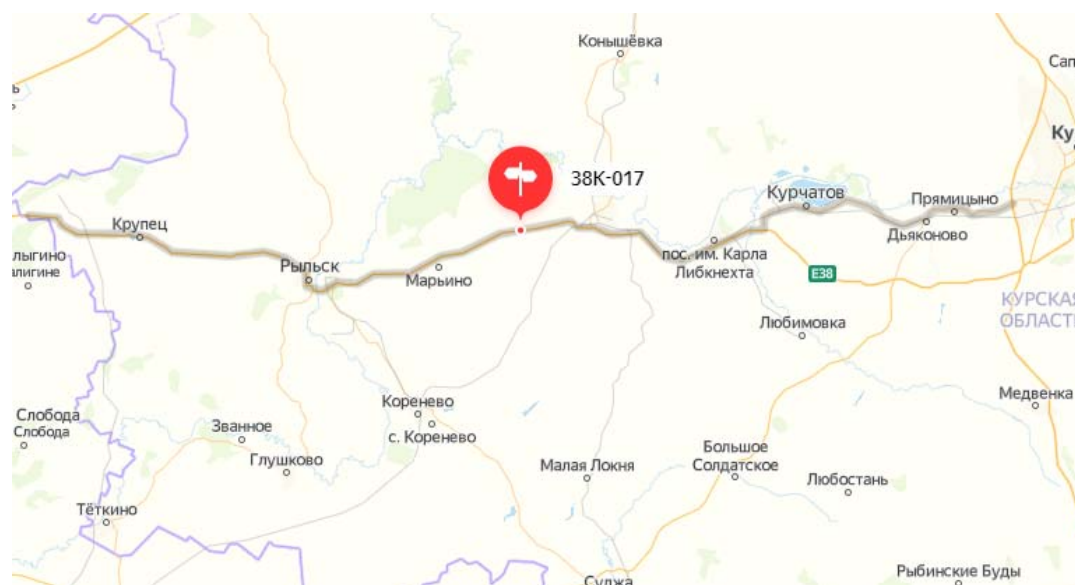


Рисунок 1 – Автомобильная дорога регионального значения «Курск – Льгов – Рыльск – граница с Украиной»

Исследуемая автомобильная дорога начинается на границе г. Курск и Курского района, проходит по территории Курского, Октябрьского, Курчатовского, Льговского и Рыльского районов, связывает эти районы между собой, а также с областным центром – г. Курск. Кроме того, дорога является международным маршрутом и соединяет г. Курск с городами Глухов, Шостка и др. Сумской области Украины [1-3, 18].

Автомобильная дорога «Курск – Льгов – Рыльск – граница с Украиной» начинается от многоуровневой развязки на пересечении с автомобильной дорогой федерального значения «Крым» Москва – Тула – Орел – Курск – Белгород – граница с Украиной», находящейся на

юго-западе г. Курска, и заканчивается на государственной границе России и Украины в Рыльском районе Курской области многосторонним автомобильным пунктом пропуска через государственную границу Российской Федерации МАПП «Крупец» [4, 17, 19-21].

Основные технические характеристики автомобильной дороги представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные технические характеристики автомобильной дороги «Курск – Льгов – Рыльск – граница с Украиной»

Район	Дорога, км							Мосты, шт./п.м.					
	Протя- жен- ность, км	в т. ч. по типам покрытий					Всего		Железо- бетон		Путепро- вод		
		а/б	Категория										
			I	II	III	IV	V	шт.	п.м.	шт.	п.м.	шт.	п.м.
Курский	3,104	3,104	3,104	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Октябрь- ский	20,076	20,076	20,076	-	-	-	-	2	101	2	101	-	-
Курчатов- ский	25,03	25,03	8,7	8	8,33	-	-	2	131,96	2	131,96	-	-
Льговский	32,539	32,539	-	11,377	21,162	-	-	5	285,95	3	83,54	2	202,41
Рыльский	69,005	69,005	-	-	69,005	-	-	5	575,88	5	575,88	-	-
Всего:	149,754	149,754	31,88	19,377	98,497	-	-	14	1094,79	12	892,38	2	202,41

Материал и методы

Систематическое изучение ДТП, характера и мест концентрации ДТП является одним из основных мероприятий, способствующих повышению БДД [13-16, 22].

Целью проведения сравнительного анализа ДТП на автомобильной дороге «Курск – Льгов – Рыльск – граница с Украиной» является выявление мест концентрации ДТП с дальнейшей разработкой мероприятий, направленных на повышение БДД [5, 23, 26].

Теория / расчет

По результатам проведенного количественного анализа ДТП на исследуемой дороге за 2018-2020 гг., выполненного в соответствии с ОДМ 218.6.015-2015 «Рекомендации по учету и анализу дорожно-транспортных происшествий на автомобильных дорогах Российской Федерации», были построены линейные графики ДТП, изображенные на рисунках 2, 3 и 4.

Количественный анализ ДТП за 2018-2020 гг. на автомобильной дороге «Курск – Льгов – Рыльск – граница с Украиной» показал, что:

- в 2018 г. на данной дороге зарегистрировано 64 ДТП с пострадавшими, из которых в Курском районе не произошло ни одного ДТП, в Октябрьском районе произошло 24 ДТП (38 % от общего количества ДТП, произошедших на данной дороге), в Курчатовском районе – 22 ДТП (34 %), во Льговском районе – 6 ДТП (9 %) и в Рыльском районе – 12 ДТП (19 %);

- в 2019 г. на данной дороге зарегистрировано 42 ДТП с пострадавшими, из которых в Курском районе не произошло ни одного ДТП, в Октябрьском районе произошло 11 ДТП (26

% от общего количества ДТП, произошедших на данной дороге), в Курчатовском районе – 20 ДТП (48 %), во Львовском районе – 2 ДТП (5 %) и в Рыльском районе – 9 ДТП (21 %);
 - в 2020 г. на данной дороге произошло 56 ДТП с пострадавшими, из которых в Курчатовском районе не произошло ни одного ДТП, в Октябрьском районе произошло 23 ДТП (41 % от общего количества ДТП, произошедших на данной дороге), в Курчатовском районе – 20 ДТП (36 %), во Львовском районе – 7 ДТП (13 %) и в Рыльском районе – 6 ДТП (10 %) [12].

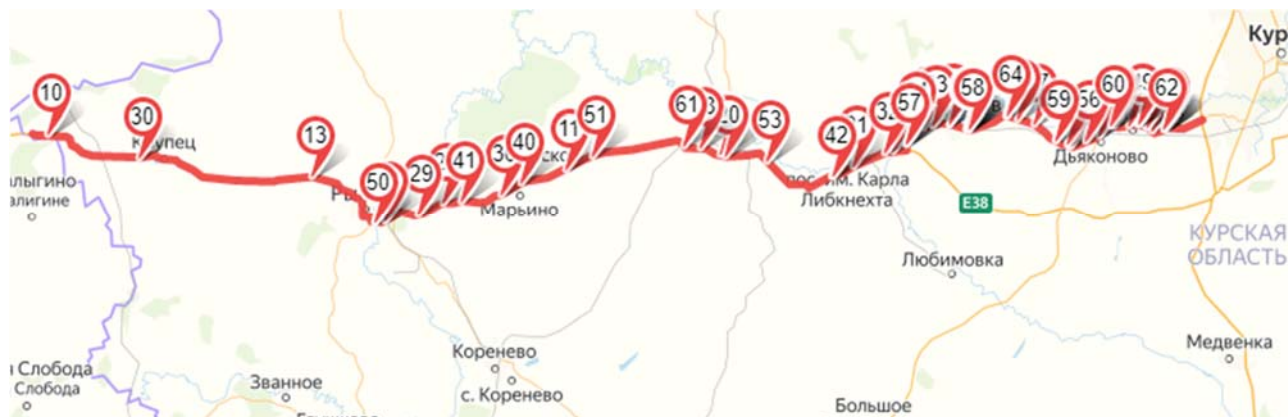


Рисунок 2 – Линейный график ДТП на дороге «Курск – Льгов – Рыльск – граница с Украиной» за 2018 г.

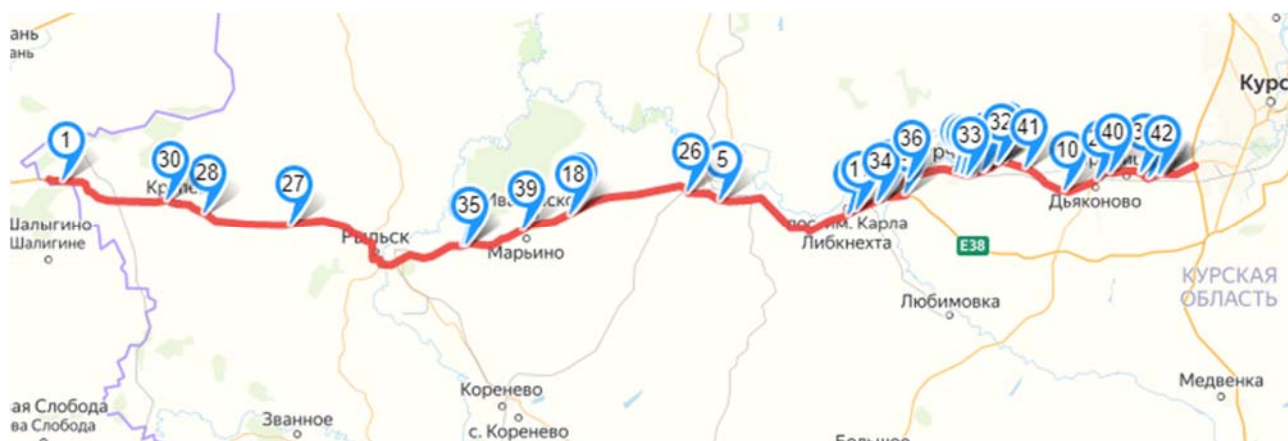


Рисунок 3 – Линейный график ДТП на дороге «Курск – Льгов – Рыльск – граница с Украиной» за 2019 г.

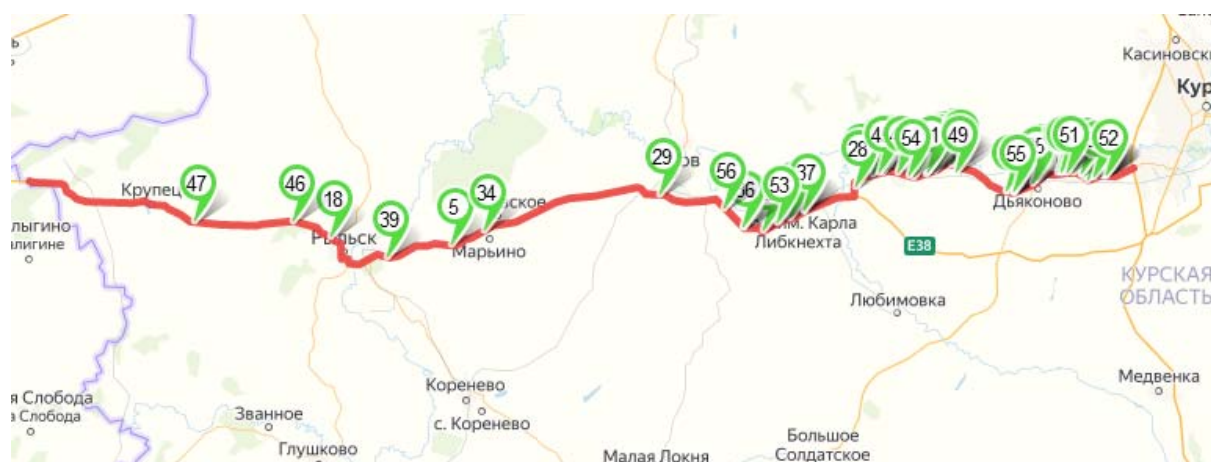


Рисунок 4 – Линейный график ДТП на дороге «Курск – Льгов – Рыльск – граница с Украиной» за 2020 г.

Количественный анализ ДТП на дороге «Курск – Льгов – Рыльск – граница с Украиной» по районам Курской области за 2018-2020 гг. представлен на рисунке 5.

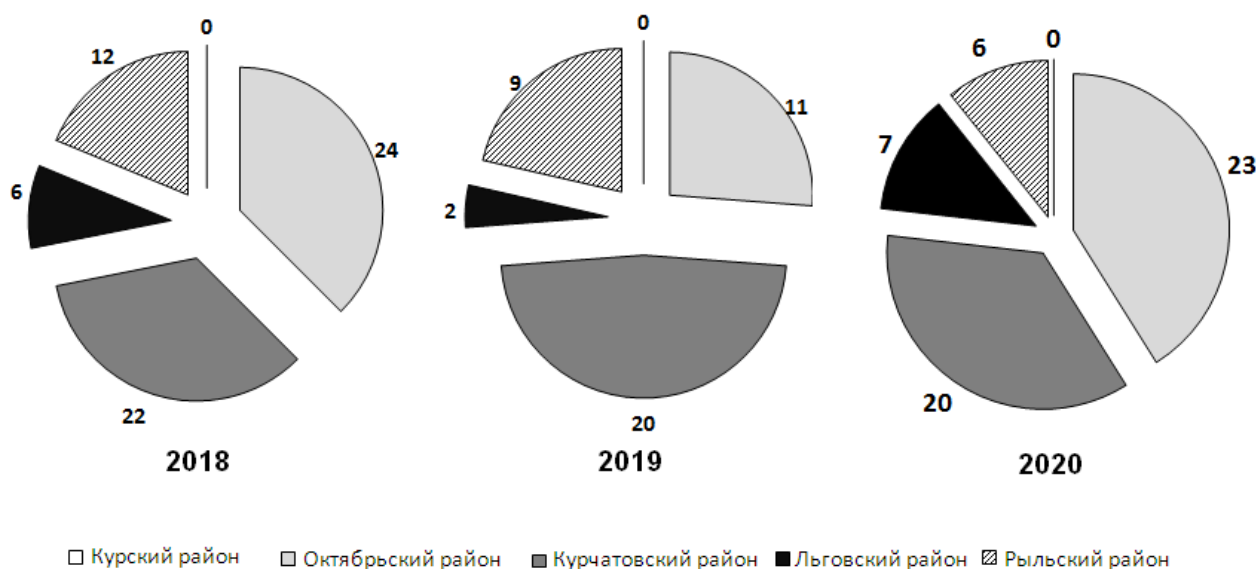


Рисунок 5 – Количественный анализ ДТП на дороге «Курск – Льгов – Рыльск – граница с Украиной» по районам области за 2018-2020 гг.

Из рисунка видно, что наибольшее количество ДТП произошло в Октябрьском и Курчатовском районах Курской области [6-8, 25]. В этих районах дорога практически на всем своем протяжении проходит по территории населенных пунктов и характеризуется наибольшей интенсивностью как транспортных, так и пешеходных потоков [9-11].

Количественный анализ ДТП по видам на исследуемой дороге за 2018-2020 гг. представлен на рисунках 6-8.

2018 г. (64 ДТП)

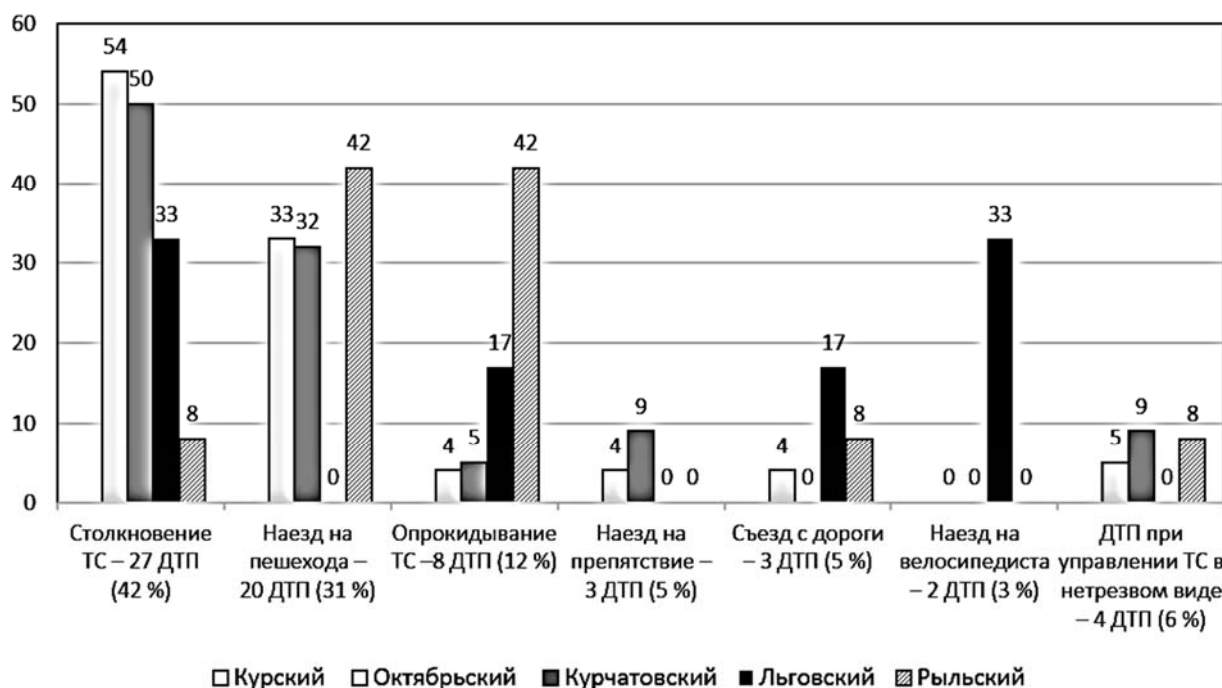


Рисунок 6 – Сравнительный анализ ДТП по видам и районам. Доля от общего количества ДТП в 2018 г.

2019 г. (42 ДТП)

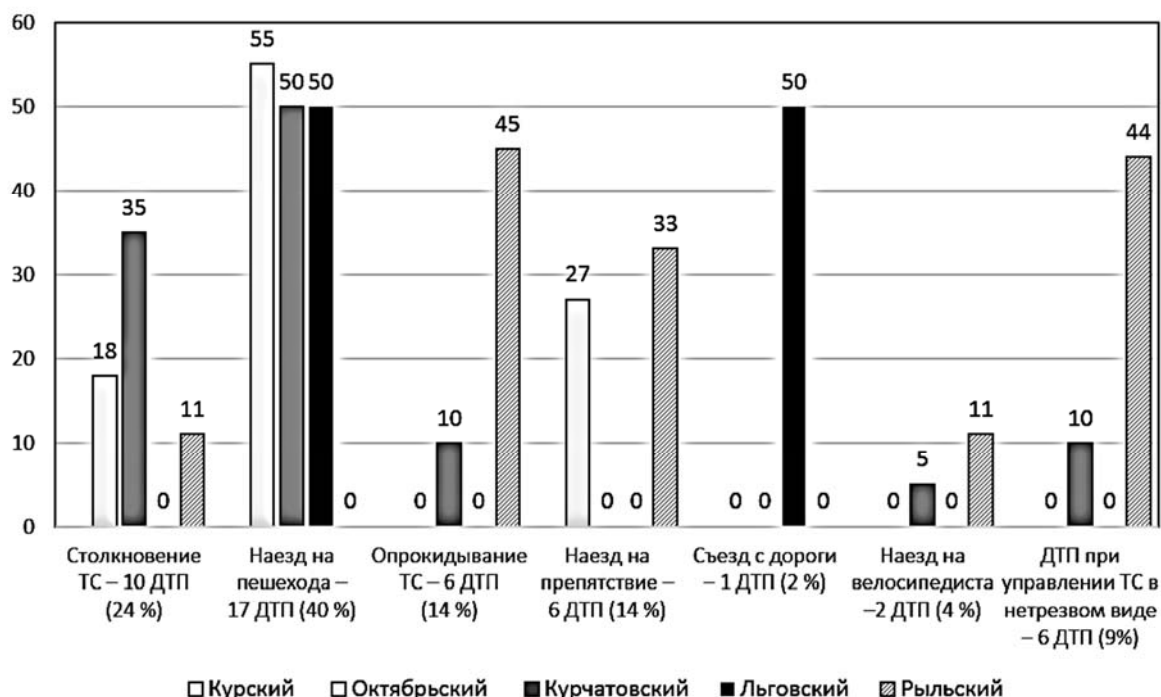


Рисунок 7 – Сравнительный анализ ДТП по видам и районам. Доля от общего количества ДТП в 2019 г.

2020 г. (56 ДТП)

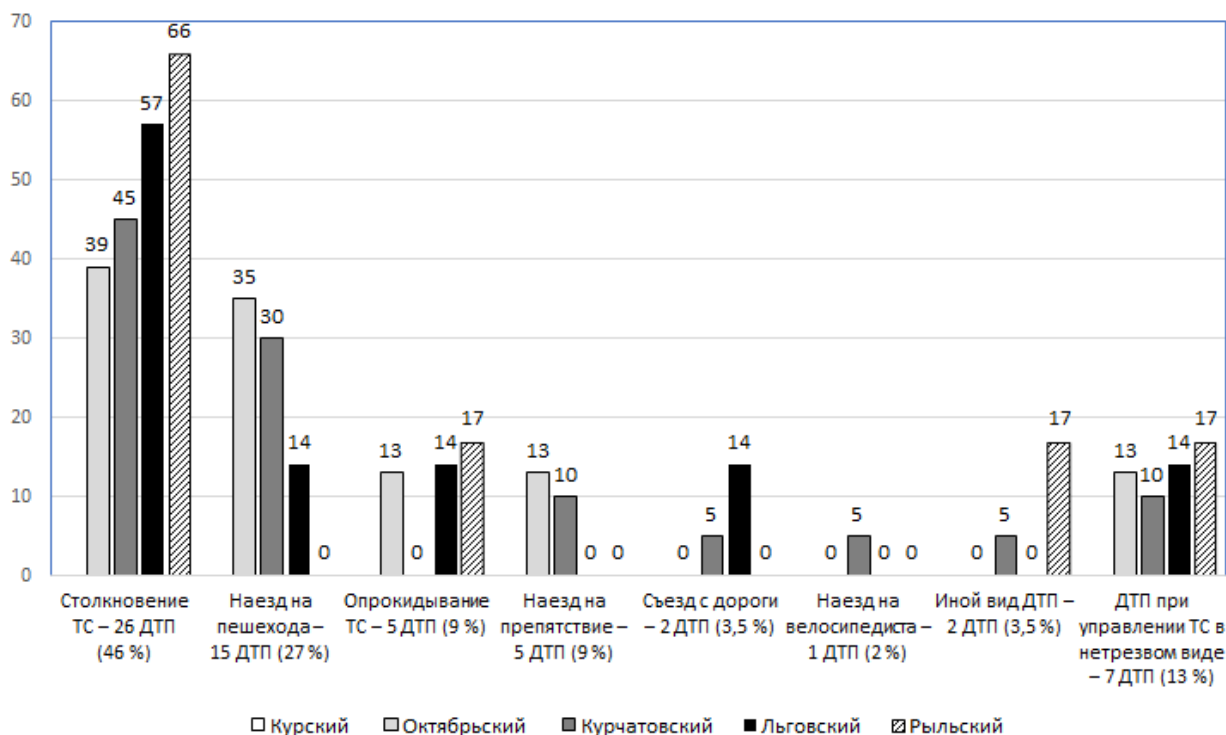


Рисунок 8 – Сравнительный анализ ДТП по видам и районам. Доля от общего количества ДТП в 2020 г.

Результаты и обсуждение

В результате проведенного обследования автомобильной дороги регионального значения «Курск – Льгов – Рыльск – граница с Украиной» и количественного анализа ДТП за 2018-2020 гг. был выполнен топографический анализ ДТП, построены линейные графики ДТП по каждому году и выявлены наиболее аварийно-опасные районы (Курчатовский и Ок-

тябрьский). На основании полученных данных построен график распределения ДТП по километражу дороги суммарно за три года, представленный на рисунке 6 [24]. Из рисунка видно, что наиболее аварийным является 19 км дороги, на котором в течение последних трех лет произошло 8 ДТП, на втором месте по аварийности находятся 31 км и 45 км (по 7 ДТП), далее идут 20 км и 22 км (по 6 ДТП).

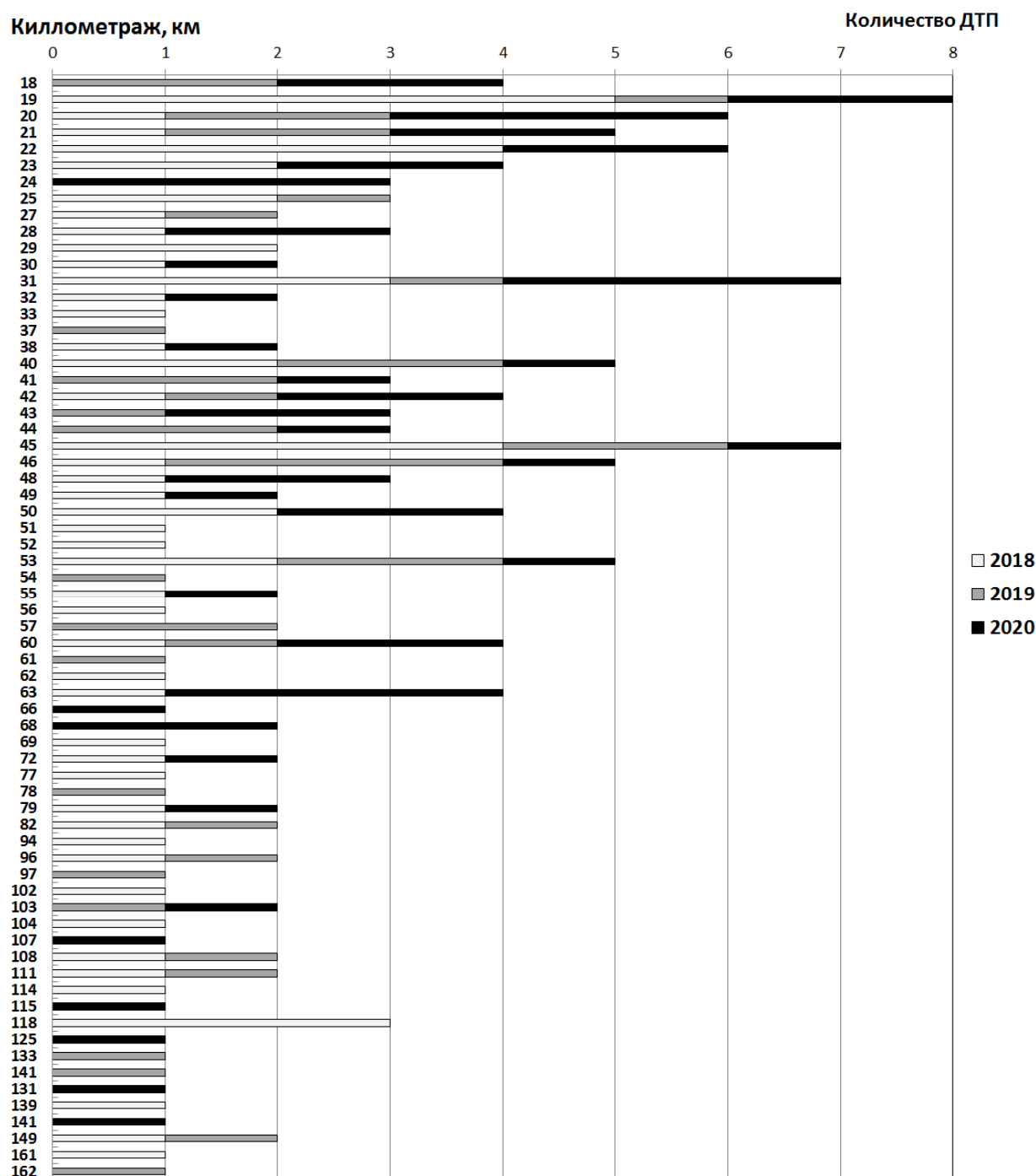


Рисунок 9 – Распределение количества ДТП по километражу автомобильной дороги «Курск – Льгов – Рьльск – граница с Украиной» за 2018-2020 гг.

Выводы

На основании проведенных количественного и топографического анализов ДТП на автомобильной дороге регионального значения 38 ОП РЗ 38К-017 «Курск – Льгов – Рьльск – граница с Украиной» за 2018-2020 гг. выявлены места концентрации ДТП, что позволит разработать конкретные мероприятия, направленные на совершенствование организации дорожного движения и повышение БДД на данной дороге.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новиков, А.Н. Перевозки как наука / А.Н. Новиков, П. Пржибыл, А.А. Катунин // Мир транспорта и технологических машин. – 2014. – №3(46). – С. 96-109.
2. Новиков, А.Н. Исследование пассажиропотоков и транспортной подвижности населения в городе Орле / А.Н. Новиков, С.Ю. Радченко, А.Л. Севостьянов, А.С. Бодров, А.А. Катунин и др. // Мир транспорта и технологических машин. – 2011. – №4(35). – С. 69-77.
3. Кузнецова, Л.П. Пассажирские перевозки: учебное пособие / Л.П. Кузнецова, Б.А. Семенихин. – Курск: Юго-Зап. гос. ун-т., ЗАО «Университетская книга», 2015. – 153 с.
4. Вельможин, А.В. Эффективность городского пассажирского общественного транспорта / А.В. Вельможин, В.А. Гудков, А.В. Куликов, А.А. Сериков. – Волгоград: Старая башня, 2002. – 246 с.
5. Гудков, В.А. Пассажирские автомобильные перевозки: учебник для вузов / В.А. Гудков и др.; под ред. Гудкова В.А. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 448 с.
6. Семенихин, Б.А. Обследование пассажиропотоков на маршрутах трамвая г. Курска / Б.А. Семенихин, Л.П. Кузнецова, К.Ю. Кузнецов // Мир транспорта и технологических машин. – 2019. – №3(66). – С. 75-83.
7. Спириин, И.В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / И.В. Спириин. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 400 с.
8. Спириин, И.В. Перевозки пассажиров городским транспортом: справочное пособие / И.В. Спириин. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. – 413 с.
9. Миротин, Л.Б. Логистика: Общественный пассажирский транспорт: учебник для вузов / Л.Б. Миротин. – М.: Экзамен, 2003. – 224 с.
10. Федоров, В.А. Научный подход к проблеме развития систем городского пассажирского транспорта / В.А. Федоров // Молодой ученый. – 2014. – №8. – С. 624-628.
11. Семенихин, Б.А. Анализ пассажиропотоков на маршрутах автобуса г. Курска / Б.А. Семенихин, Л.П. Кузнецова, Ю.А. Мальнева, А.Ю. Алтухов // Мир транспорта и технологических машин. – 2020. – №4(71). – С. 37-46.
12. Кузнецова, Л.П. Совершенствование перевозок пассажиров на маршруте №42 «АО «ПАТП города Курска» – Онкологический центр» г. Курска / Л.П. Кузнецова, Б.А. Семенихин, А.Ю. Алтухов // Мир транспорта и технологических машин. – 2017. – №2(57). – С. 98-102.
13. Агеев, Е.В. Совершенствование системы подготовки водителей категории «В», влияющий на безопасность дорожного движения / Е.В. Агеев, Е.С. Виноградов // Мир транспорта и технологических машин. – 2019. – №4(67). – С. 104-111.
14. Нагорный, Е.В. Определение оптимальных моделей автобусов при городских пассажирских перевозках / Е.В. Нагорный, В.С. Наумов, К.А. Токарев // Автомобильный транспорт (Харьков). – 2006. – №19. – С. 92-95.
15. Новиков, А.Н. Методика организации маршрутной сети городского пассажирского транспорта общего пользования / А.Н. Новиков, А.В. Кулев, М.В. Кулев, Н.С. Кулева // Мир транспорта и технологических машин. – 2015. – №1(48). – С. 85-92.
16. Кузнецова, Л.П. Совершенствование организации пассажирских перевозок на маршрутах г. Курска / Л.П. Кузнецова, Б.А. Семенихин, А.Ю. Алтухов // Мир транспорта и технологических машин. – 2016. – №2(53). – С. 98-104.
17. Кузнецова, Л.П. Маршрутизация пассажирских перевозок в условиях города Курска / Л.П. Кузнецова, Б.А. Семенихин, К.Ю. Кузнецов, В.В. Золотарев // Будущее науки-2018: сборник научных статей 6-й Международной молодежной научной конференции. – В 4-х томах. – Т. 4. – Курск: ЗАО «Университетская книга». – 2018. – С. 180-183.
18. Семенихин, Б.А. Анализ дорожно-транспортных происшествий на автомобильной дороге Курск – Льгов – Рылск – граница с Украиной за 2018 г. / Б.А. Семенихин, Л.П. Кузнецова, К.Ю. Кузнецов // Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2020): сборник статей XII-й Международной научно-технической конференции. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2020. – С. 315-318.
19. Кузнецова, Л.П. Характеристика автомобильной дороги Курск – Льгов – Рылск – граница с Украиной / Л.П. Кузнецова, К.Ю. Кузнецов, Б.А. Семенихин // Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2020): сборник статей XII-й Международной научно-технической конференции. – Курск: ЗАО «Университетская книга». – 2020. – С. 219-222.
20. Семенихин, Б.А. Анализ безопасности дорожного движения в Курчатовском районе Курской области в 2019 г. / Б.А. Семенихин, Л.П. Кузнецова, К.Ю. Кузнецов, К.С. Якунин // Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2020): сборник статей XII-й Международной научно-технической конференции. – Курск: ЗАО «Университетская книга». – 2020. – С. 419-423.
21. Кузнецова, Л.П. Анализ ДТП на автомобильной дороге «Курск – Льгов – Рылск – граница с Украиной» в Октябрьском районе Курской области / Л.П. Кузнецова, К.Ю. Кузнецов, Б.А. Семенихин // Будущее науки-2021: сборник научных статей 9-й Международной молодежной научной конференции. – В 6-х томах. – Т. 5. – Курск: ЗАО «Университетская книга». – 2021. – С.260-262.
22. Кузнецова, Л.П. Места концентрации ДТП на автомобильной дороге «Курск – Льгов – Рылск – граница с Украиной» в Октябрьском районе Курской области / Л.П. Кузнецова, К.Ю. Кузнецов, Б.А. Семенихин // Автомобили, транспортные системы и процессы: настоящее, прошлое и будущее: сборник статей 3-й Международной научно-технической конференции. – Курск: Юго-Зап. гос. ун-т. – 2021. – С. 212-215.
23. Новиков, А.Н. Повышение безопасности перевозки опасных грузов на основе использования глобальных навигационных спутниковых систем / А.Н. Новиков, А.П. Трясцин, С.В. Кондратов; под общей редакцией А.Н. Новикова // Информационные технологии и инновации на транспорте: материалы международной научно-практической конференции. – 2015. – С. 52-57.
24. Голенков, В.А. Комплексное обследование улично-дорожной сети города Орла (на примере наугор-

ского шоссе) / В.А. Голенков, А.Н. Новиков, Ю.Н. Баранов, А.А. Катунин, Д.Д. Матназаров // Мир транспорта и технологических машин. – 2014. – №1(44). – С. 90-98.

25. Новиков, А.Н. Оптимизация маршрутов пассажирского транспорта в г. Орле / А.Н. Новиков, А.В. Кулев, А.А. Катунин, М.В. Кулев, Н.С. Кулева // Мир транспорта и технологических машин. – 2015. – №3(50). – С. 115-122.

26. Новиков, А.Н. Управление качеством акустической среды в зоне влияния автомобильных дорог на основе автоматизированной системы экологического мониторинга / А.Н. Новиков, О.А. Иващук, В.В. Васильева // Вестник Московского автомобильно-дорожного института (государственного технического университета). – 2007. – №4 (11). – С. 90-97.

Кузнецова Любовь Петровна

Юго-Западный государственный университет
Адрес: 305040, Россия, г. Курск, 50 лет Октября, 94
К.х.н., доцент, доцент кафедры технологии материалов и транспорта
E-mail: lubakk8@list.ru

Семенихин Борис Анатольевич

Юго-Западный государственный университет
Адрес: 305040, Россия, г. Курск, 50 лет Октября, 94
К.т.н., доцент, доцент кафедры технологии материалов и транспорта
E-mail: boriss@bk.ru

Емельянов Иван Павлович

Юго-Западный государственный университет
Адрес: 305040, Россия, г. Курск, 50 лет Октября, 94
К.т.н., доцент кафедры технологии материалов и транспорта
E-mail: yuzgu@yandex.ru

Кузнецов Константин Юрьевич

Юго-Западный государственный университет
Адрес: 305040, Россия, г. Курск, 50 лет Октября, 94
Студент
E-mail: pingvin428@yandex.ru

L.P. KUZNETSOVA, B.A. SEMENIKHIN, I.P. EMELYANOV, K.YU. KUZNETSOV

**ROAD SAFETY ANALYSIS «KURSK – LGOV – RYLSK –
BORDER WITH UKRAINE» FOR 2018-2020**

Abstract. The results of the survey and analysis of road safety on the regional road «Kursk – Lgov – Rylsk – border with Ukraine» for 2018-2020 are presented, the main technical characteristics of the studied road are presented. Topographic analysis was performed, the result of which was a linear accident schedule. Comparative analysis of accidents by nature of origin is given. Places of accident concentration on the road under study were identified for further development of specific measures aimed at improving the organization and improving road safety on the road.

Keywords: road, road safety, road accident, accident concentration point, vehicle

BIBLIOGRAPHY

1. Novikov, A.N. Perevozki kak nauka / A.N. Novikov, P. Przhibyl, A.A. Katunin // Мир транспорта и технологических машин. – 2014. – №3(46). – С. 96-109.
2. Novikov, A.N. Issledovanie passazhiropotokov i transportnoy podvizhnosti naseleniya v gorode Orle / A.N. Novikov, S.Yu. Radchenko, A.L. Sevost'yanov, A.S. Bodrov, A.A. Katunin i dr. // Мир транспорта и технологических машин. – 2011. – №4(35). – С. 69-77.
3. Kuznetsova, L.P. Passazhirskie perevozki [Tekst]: uchebnoe posobie / L.P. Kuznetsova, B.A. Semenixhin. – Kursk: Yugo-Zap. gos. un-t., ZAO «Universitetskaya kniga», 2015. – 153 s.
4. Vel'mozhin, A.V. Effektivnost' gorodskogo passazhirskogo obshchestvennogo transporta / A.V. Vel'mozhin, V.A. Gudkov, A.V. Kulikov, A.A. Serikov. – Volgograd: Staraya bashnya, 2002. – 246 s.
5. Gudkov, V.A. Passazhirskie avtomobil'nye perevozki: uchebnik dlya vuzov / V.A. Gudkov i dr.; pod red. Gudkova V.A. – M.: Goryachaya liniya – Telekom, 2004. – 448 s.
6. Semenixhin, B.A. Obsledovanie passazhiropotokov na marshrutakh tramvaya g. Kurska / B.A. Semenixhin, L.P. Kuznetsova, K.Yu. Kuznetsov // Мир транспорта и технологических машин. – 2019. – №3(66). – С. 75-83.
7. Spirin, I.V. Organizatsiya i upravlenie passazhirskimi avtomobil'nymi perevozkami [Tekst]: uchebnik dlya stud. uchrezhdeniy sred. prof. obrazovaniya / I.V. Spirin. – M.: Izdatel'skiy tsentr «Akademiya», 2003. – 400 s.
8. Spirin, I.V. Perevozki passazhirov gorodskim transportom [Tekst]: spravochnoe posobie / I.V. Spirin. – M.: IKTS «Akademkniga», 2004. – 413 s.
9. Mirotin, L.B. Logistika: Obshchestvennyy passazhirskiy transport [Tekst]: uchebnik dlya vuzov / L.B. Mirotin. – M.: Ekzamen, 2003. – 224 s.
10. Fedorov, V.A. Nauchnyy podkhod k probleme razvitiya sistem gorodskogo passazhirskogo transporta /

V.A. Fedorov // *Molodoy uchenyy*. – 2014. – №8. – S. 624-628.

11. Semenikhin, B.A. Analiz passazhiropotokov na marshrutakh avtobusa g. Kurska / B.A. Semenikhin, L.P. Kuznetsova, Yu.A. Mal'neva, A.Yu. Altukhov // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. – 2020. – №4(71). – S. 37-46.

12. Kuznetsova, L.P. Sovershenstvovanie perevozk passazhirov na marshrute №42 AO «PATP goroda Kurska» - Onkologicheskii tsentr» g. Kurska / L.P. Kuznetsova, B.A. Semenikhin, A.Yu. Altukhov // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. – 2017. – №2(57). – S. 98-102.

13. Ageev, E.V. Sovershenstvovanie sistemy podgotovki voditeley kategorii «V», vliyayushchiy na bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya / E.V. Ageev, E.S. Vinogradov // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. – 2019. – №4(67). – S. 104-111.

14. Nagornyy, E.V. Opredelenie optimal'nykh modeley avtobusov pri gorodskikh passazhirskikh perevozkakh / E.V. Nagornyy, V.S. Naumov, K.A. Tokarev // *Avtomobil'nyy transport (Har'kov)*. – 2006. – №19. – S. 92-95.

15. Novikov, A.N. Metodika organizatsii marshrutnoy seti gorodskogo passazhirskogo transporta obshchego pol'zovaniya / A.N. Novikov, A.V. Kulev, M.V. Kulev, N.S. Kuleva // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. – 2015. – №1(48). – S. 85-92.

16. Kuznetsova, L.P. Sovershenstvovanie organizatsii passazhirskikh perevozk na marshrutakh g. Kurska / L.P. Kuznetsova, B.A. Semenikhin, A.Yu. Altukhov // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. – 2016. – №2(53). – S. 98-104.

17. Kuznetsova, L.P. Marshrutizatsiya passazhirskikh perevozk v usloviyakh goroda Kurska / L.P. Kuznetsova, B.A. Semenikhin, K.Yu. Kuznetsov, V.V. Zolotarev // *Budushchee nauki – 2018: sbornik nauchnykh statey 6-y Mezhdunarodnoy molodezhnoy nauchnoy konferentsii*. – V 4-kh tomakh. – T. 4. – Kursk: ZAO «Universitetskaya kniga». – 2018. – S. 180-183.

18. Semenikhin, B.A. Analiz dorozhno-transportnykh proisshestviy na avtomobil'noy doroge Kursk – L'gov – Ryl'sk – granitsa s Ukrainoy za 2018 g. / B.A. Semenikhin, L.P. Kuznetsova, K.Yu. Kuznetsov // *Sovremennye avtomobil'nye materialy i tekhnologii (SAMIT-2020): sbornik statey XII-y Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii*. – Kursk: ZAO «Universitetskaya kniga», 2020. – S. 315-318.

19. Kuznetsova, L.P. Harakteristika avtomobil'noy dorogi Kursk – L'gov – Ryl'sk – granitsa s Ukrainoy / L.P. Kuznetsova, K.Yu. Kuznetsov, B.A. Semenikhin // *Sovremennye avtomobil'nye materialy i tekhnologii (SAMIT-2020): sbornik statey XII-y Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii*. – Kursk: ZAO «Universitetskaya kniga». – 2020. – S. 219-222.

20. Semenikhin, B.A. Analiz bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v Kurchatovskom rayone Kurskoy oblasti v 2019 g. / B.A. Semenikhin, L.P. Kuznetsova, K.Yu. Kuznetsov, K.S. Yakunin // *Sovremennye avtomobil'nye materialy i tekhnologii (SAMIT-2020): sbornik statey XII-y Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii*. – Kursk: ZAO «Universitetskaya kniga». – 2020. – S. 419-423.

21. Kuznetsova, L.P. Analiz DTP na avtomobil'noy doroge «Kursk – L'gov – Ryl'sk – granitsa s Ukrainoy» v Oktyabr'skom rayone Kurskoy oblasti / L.P. Kuznetsova, K.Yu. Kuznetsov, B.A. Semenikhin // *Budushchee nauki – 2021: sbornik nauchnykh statey 9-y Mezhdunarodnoy molodezhnoy nauchnoy konferentsii*. – V 6-kh tomakh. – T. 5. – Kursk: ZAO «Universitetskaya kniga». – 2021. – S. 260-262.

22. Kuznetsova, L.P. Mesta kontsentratsii DTP na avtomobil'noy doroge «Kursk – L'gov – Ryl'sk – granitsa s Ukrainoy» v Oktyabr'skom rayone Kurskoy oblasti / L.P. Kuznetsova, K.Yu. Kuznetsov, B.A. Semenikhin // *Avtomobili, transportnye sistemy i protsessy: nastoyashchee, proshloe i budushchee: sbornik statey 3-y Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii*. – Kursk: Yugo-Zap. gos. un-t. – 2021. – S. 212-215.

23. Novikov, A.N. Povyshenie bezopasnosti perevozki opasnykh gruzov na osnove ispol'zovaniya global'nykh navigatsionnykh sputnikovykh sistem / A.N. Novikov, A.P. Tryastin, S.V. Kondratov; pod obshchey redaktsiei A.N. Novikova // *Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. – 2015. – S. 52-57.

24. Golenkov, V.A. Kompleksnoe obsledovanie ulichno-dorozhnoy seti goroda orla (na primere naugorskogo shosse) / V.A. Golenkov, A.N. Novikov, YU.N. Baranov, A.A. Katunin, D.D. Matnazarov // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. – 2014. – №1(44). – S. 90-98.

25. Novikov, A.N. Optimizatsiya marshrutov passazhirskogo transporta v g. Orle / A.N. Novikov, A.V. Kulev, A.A. Katunin, M.V. Kulev, N.S. Kuleva // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. – 2015. – №3(50). – S. 115-122.

26. Novikov, A.N. Upravlenie kachestvom akusticheskoy sredy v zone vliyaniya avtomobil'nykh dorog na osnove avtomatizirovannoy sistemy ekologicheskogo monitoringa / A.N. Novikov, O.A. Ivashchuk, V.V. Vasil'eva // *Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo instituta (gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta)*. – 2007. – №4 (11). – S. 90-97.

Kuznetsova Lyubov Petrovna

South-West State University
Address: 305040, Russia, Kursk, 50 years of October str., 94
Candidate of chemical sciences
E-mail: lubakk8@list.ru

Semenikhin Boris Anatolievich

South-West State University
Address: 305040, Russia, Kursk, 50 years of October str., 94
Candidate of technical sciences
E-mail: boriss@bk.ru

Emelyanov Ivan Pavlovich

Southwestern State University
Address: 305040, Russia, Kursk, 50 years of October, 94
Candidate of technical sciences
E-mail: yuzgu@yandex.ru

Kuznetsov Konstantin Yurievich

Southwestern State University
Address: 305040, Russia, Kursk, 50 years of October, 94
Student
E-mail: pingvin428@yandex.ru

Научная статья
УДК 656.11
doi:10.33979/2073-7432-2022-76-1-48-53

О.Ю. БУЛАТОВА

КОНЦЕПЦИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ V2X ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Аннотация. Кооперативные интеллектуальные транспортные системы представляют собой усовершенствованные интеллектуальные транспортные системы, обеспечивающие более эффективное и безопасное дорожное движение. V2X (vehicle-to-everything) представляет собой кооперативную интеллектуальную транспортную систему, в которой транспортные средства обмениваются данными с различными объектами транспортной инфраструктуры. В данной статье представлены обзор ключевых приложений в области реализации технологии V2X, архитектура этих приложений и устройств, обеспечивающих функционирование приложений V2X.

Ключевые слова: кооперативные интеллектуальные транспортные системы, V2X, высокоавтоматизированные транспортные средства, интеллектуальные транспортные системы, автомобильный транспорт, цифровые дорожные услуги, организация дорожного движения, безопасность дорожного движения

Введение

Создание среды для кооперативных и автономных транспортных средств – приоритетное направления развития интеллектуальных транспортных систем. Производители автомобилей выпускают всё более автоматизированные транспортные средства [1, 2]. Для безопасного движения транспортного потока, содержащего в своём составе автомобили разных уровней автоматизации необходимо создавать умную среду, которая должна включать в себя:

- объединение технологического прогресса различных городских инфраструктур;
- объединение различных беспроводных технологий для бесперебойного обмена информацией в режиме реального времени;
- обеспечение согласованности работы существующих устройств путём создания эффективного взаимодействия между ними (технологии 5G – MOBIX, 5G – CROCO, 5G – CFRMEN).

Анализируя мобильность будущего можно выделить следующие направления:

- 1) кооперативные интеллектуальные транспортные системы;
- 2) автономные транспортные системы;
- 3) совместные поездки;
- 4) электрификация транспортных средств (отказ от бензина).

В данной статье рассматривается реализация кооперативных интеллектуальных транспортных систем, а именно, V2X [3-5].

Материал и методы

V2X (vehicle-to-everything) представляет собой кооперативную интеллектуальную транспортную систему, в которой транспортные средства обмениваются данными с различными объектами транспортной инфраструктуры при помощи радиопередачи. Данная технология включает в себя обмен данными между транспортными средствами V2V (vehicle-to-vehicle) и между транспортными средствами и дорожной инфраструктурой V2I (vehicle-to-infrastructure) [6-8, 24]. Технология V2X использует сотовую связь 5G, таким образом, транспортное средство находится on-line в общей информационной транспортной системе. Автомобиль получает, анализирует и прогнозирует дорожную обстановку на всём своём маршруте, независимо от его длины. В настоящее время производители автомобилей активно внедряют технологии V2X [9, 10, 25].

Расчет

Рассмотрим базовый набор приложений, обеспечивающий функционирование технологии V2X (табл. 1):

Таблица 1 – Базовый набор приложений

Класс приложения	Приложение	Условия использования
Активная безопасность	Помощник водителя – кооперативные уведомления	Предупреждение об опасной ситуации
		Сигнал о снижении скорости движения транспортного средства
		Предупреждение о столкновении на перекрестке
		Предупреждение о приближении мотоцикла
	Помощник водителя – предупреждение об опасности на дороге	Включение аварийной сигнализации
		Предупреждение о неправильном маршруте движения
		Остановка транспортного средства – Авария
		Остановка транспортного средства – поломка
		Уведомление об условиях дорожного движения
		Предупреждение о некорректной работе сигналов
		Предупреждение о дорожных работах
		Предупреждение о риске столкновения
		Децентрализованные данные плавающих автомобилей – Опасная местность
		Децентрализованные данные плавающих автомобилей – Осадки
		Децентрализованные данные плавающих автомобилей – Коэффициент сцепления шин с дорогой
Децентрализованные данные плавающих автомобилей – Видимость		
Децентрализованные данные плавающих автомобилей – Ветер		
Показатели эффективности кооперативного трафика	Контроль скорости	Уведомления об ограничении скорости
		Рекомендации оптимальной скорости движения с учетом режимов светофорного регулирования
	Кооперативная навигация	Информация об условиях дорожного режима и рекомендация маршрута
		Оптимизация маршрута и навигация
		Предупреждение об ограниченном доступе и уведомление об объезде
	Сигналы транспортных средств	
Местные кооперативные услуги	Базовые местные услуги	Уведомления о местных достопримечательностях

Интернет-услуги	Услуги для населения	Автоматический контроль доступа и управление парковкой
		Местная электронная оплата
		Загрузка мультимедиа
	Управление жизненным циклом станции ИТС	Страхование и финансовые услуги
		Управление автопарком
		Управление зоной загрузки
		Программное обеспечение для транспортных средств/ предоставление данных и обновления
		Калибровка данных транспортного средства

Выделяют следующую классификацию устройств, обеспечивающих реализацию перечисленных выше приложений:

- устройства функциональной поддержки, например, контроль реализации Совместных уведомлений и Децентрализованных уведомлений об условиях окружающей среды;
- устройства, обеспечивающие информационную поддержку, например, локальная динамическая карта (LDM);
- устройства, обеспечивающие коммуникационную поддержку, например, поддержку адресации и работы сессии [11-14].

Обмен данными реализуется при помощи обмена сообщениями V2X посредством использования нескольких стеков протоколов связи (рис. 1, 2).



Рисунок 1 – Реализация функционирования приложений V2X

Результаты и обсуждение

Беспроводная связь между транспортными средствами развивалась в течение многих десятилетий, привлекая все больше внимания со стороны производителей автомобилей и водителей; в последние годы исследовательская деятельность в этой области значительно ускорилась [15-17]. Кооперативные транспортные системы принципиально меняют способ совершения поездок, делая транспортную систему безопаснее, эффективнее и доступнее [18, 19].

Для реализации приложений V2X необходимо обеспечить транспортную сеть и транспортные средства бесперебойной качественной связью (3G, 5G, LTE). Допустимая задержка некоторых уведомлений не должна превышать 20 мс для обеспечения безопасности дорожного движения. Развитие сотовых сетей пятого поколения (5G) создает большие возможности для включения транспортных средств в экосистему сотовой связи [20-23].

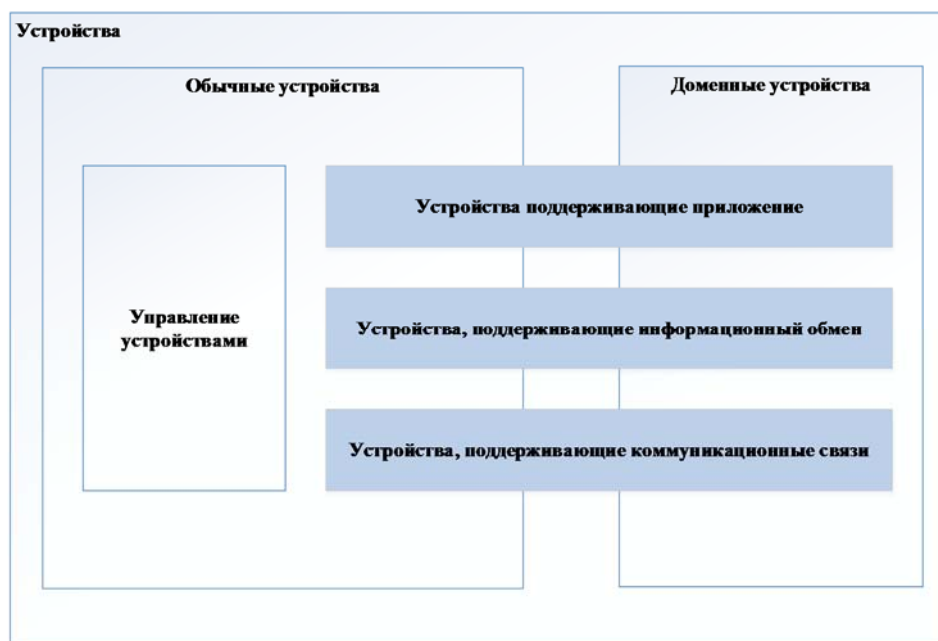


Рисунок 2 – Реализация устройств, обеспечивающих функционирование приложений V2X

Выводы

Стремительное развитие высокоавтоматизированных транспортных средств требует обновления существующей дорожной инфраструктуры для обеспечения безопасного и эффективного движения транспортных средств разного уровня автоматизации. Технология связи V2X повышает качество транспортного обслуживания, а также создаёт необходимую инфраструктуру для перемещения беспилотных автомобилей, снижает риск возникновения ДТП и количество загрязняющих выбросов от движения транспортных средств.

В статье рассмотрен базовый набор приложений V2X, который имеет определенные требования как к качеству беспроводной связи, так и к устройствам, обеспечивающим эффективную реализацию данных приложений.

В дальнейшем материалы данной статьи могут быть рассмотрены для проведения исследований в области требований к качеству беспроводной связи, оборудования, допустимых диапазонов мощности устройств, реализующих приложения V2X и соблюдению конфиденциальности личных данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Deakin, M. From intelligent to smart cities / Deakin, M., Al Waer, H. // Intelligent buildings international. - №3(3). – 2011. – P. 140-152.
2. Тиверовский, В.И. Развитие транспорта за рубежом на современном этапе / В.И. Тиверовский // Энергия: экономика, техника, экология. – 2021. – №1. – С. 51-57.
3. Булатова, О.Ю. Адаптация транспортной инфраструктуры к системе «Умный город» / О.Ю. Булатова // Мир транспорта и технологических машин. – 2021. – №2(73). – С. 92-98.
4. Наумова, Н.А. Автоматизированное управление транспортными потоками средствами мезоскопического моделирования / Н.А. Наумова, В.В. Зырянов, Р.А. Наумов. – Краснодар: Кубанский государственный технологический университет, 2018. – 266 с.
5. Zyryanov, V. Simulation for development of urban traffic: the Rostov-on-don approach of traffic management / V. Zyryanov, V. Kocherga // 13th World congress on intelligent transport systems and services: 13, ITS: Delivering transport excellence. – London, 2015.
6. Беспилотники на дорогах России: (уголовно-правовые проблемы) / А.И. Воробьев, С.В. Жанказиев, С.А. Иванов и др. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Перспектив», 2021. – 520 с.
7. Булатова, О.Ю. Планирование движения высокоавтоматизированных транспортных средств с учетом основных ограничений на маршруте / О.Ю. Булатова // Мир транспорта и технологических машин. – 2021. – №3(74). – С. 65-70.
8. Плетнев, М.Г. Обоснование оптимальных мест установки динамических информационных табло / М.Г. Плетнев, А.И. Воробьев // Автоматизация и управление в технических системах. – 2015. – №3(15). – С. 165-172.
9. Криволапова, О.Ю. Подход к оценке эффективности объектов совершенствования транспортной сети / О.Ю. Криволапова // Научное обозрение. – 2014. – №11-2. – С. 606-608.
10. Chen, C. The promises of big data and small data for travel behavior (aka human mobility) analysis / C. Chen, J. Ma, Y. Susilo, Y. Liu, M. Wang // Transportation research part C: Emerging technologies 68. – 2016. – P. 285-299.

11. Зырянов, В.В. Методика оценки и выбора варианта организации движения транспорта при проведении масштабных массовых мероприятий / В.В. Зырянов, Р.Р. Загидуллин // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2017. – №2. – С. 43-47.
12. Криволапова, О.Ю. Применение спутниковых систем мониторинга для повышения производительности работы водителей / О.Ю. Криволапова, А.О. Слынько // Вестник Тихоокеанского государственного университета. – 2017. – №4(47). – С. 43-50.
13. Novikov, A. Dynamic traffic re-routing as a method of reducing the congestion level of road network elements / A. Novikov, V. Zyryanov, A. Feofilova // Journal of applied engineering science. – 2018. – Vol. 16. – №1. – P. 70-74.
14. Жанказиев, С.В. Анализ состояния дорожного движения методом экспертных оценок / С.В. Жанказиев, С.Х. Нгуен // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2019. – №1(87). – С. 7-10.
15. Chen, X.Y. Efficient traffic speed forecasting based on massive heterogenous historical data / X.Y. Chen, H.K. Pao, Y.J. Lee // In big data (Big data). – 2014. – IEEE International conference on. – P. 10-17.
16. Зырянов, В.В. Анализ подходов к гибкому ограничению скорости на автомагистралях / В.В. Зырянов, В.В. Левандовский // Мир транспорта и технологических машин. – 2018. – №4(63). – С. 49-54.
17. Beskopylnyi, A.N. Quality control of frame structures of robotic systems by express nondestructive methods / A.N. Beskopylnyi, B.Ch. Meskhi, N. Beskopylny, M.N. Bezuglova // Robotics, machinery and engineering technology for precision agriculture: proceedings of XIV International scientific conference «INTERAGROMASH 2021». – Ростов-на-Дону. – 2022. – P. 13-22.
18. Булатова, О.Ю. Автономные транспортные средства: задачи анализа окружающей среды и принятия водительских решений / О.Ю. Булатова // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2021. – №6. – С. 48-51.
19. Dubrovin, A.G. Analysis of noise immunity of GLONASS and GPS positioning receivers / A.G. Dubrovin, Yu.N. Baranov, A.A. Katunin, N.I. Markin // IOP Conference series: materials science and engineering. – Krasnoyarsk: Institute of physics and iop publishing limited. – 2020. – P. 12111.
20. Furgeson, D. Anytime RRTs / D. Furgeson, A. Stentz. // Proceedings of the IEEE/RSJ International conference on intelligent robots and systems. – 2006.
21. Webb, D.J. Kinodynamic RRT: Optimal motion planning for systems with linear differential constraints / D.J. Webb, J. Van den Berg // arXiv. – 2012.
22. Голенков, В.А. Оптимизация организации движения на основе имитационного моделирования / В.А. Голенков, А.Н. Новиков, А.А. Катунин, Ю.Н. Баранов, Д.Д. Матназаров // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2015. – №3(73). – С. 5-7.
23. Новиков, А.Н. Анализ влияния технических неисправностей транспортных средств на уровень дорожной безопасности / А.Н. Новиков, М.В. Кулев, А.В. Кулев // Мир транспорта и технологических машин. – 2010. – №1(28). – С. 008-011.
24. Новиков, А.Н. Оптимизация маршрутов пассажирского транспорта в г. Орле / А.Н. Новиков, А.В. Кулев, А.А. Катунин, М.В. Кулев, Н.С. Кулева // Мир транспорта и технологических машин. – 2015. – №3(50). – С. 115-122.
25. Новиков, А.Н. Управление качеством акустической среды в зоне влияния автомобильных дорог на основе автоматизированной системы экологического мониторинга / А.Н. Новиков, О.А. Иващук, В.В. Васильева // Вестник Московского автомобильно-дорожного института (государственного технического университета). – 2007. – №4 (11). – С. 90-97.

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

O. YU. BULATOVA

V2X IMPLEMENTATION CONCEPT TO IMPROVE TRAFFIC EFFICIENCY

Abstract. Cooperative intelligent transport systems are advanced intelligent transport systems that provide more efficient and safe road traffic management. The communication technology V2X (vehicle-to-everything) is a cooperative intelligent transport system that allows vehicles to exchange data with various transport infrastructure facilities. This article presents an overview of the key applications in V2X technology.

Keywords: C-ITS, V2X, highly automated vehicles, intelligent transport systems, Smart roads, digital road services, traffic management, road safety

BIBLIOGRAPHY

1. Deakin, M. From intelligent to smart cities / Deakin, M., Al Waer, H. // Intelligent buildings international. – №3(3). – 2011. – R. 140-152.
2. Tiverovskiy, V.I. Razvitie transporta za rubezhom na sovremennom etape / V.I. Tiverovskiy // Energiya: ekonomika, tekhnika, ekologiya. – 2021. – №1. – S. 51-57.

3. Bulatova, O.Yu. Adaptatsiya transportnoy infrastruktury k sisteme «Umnyy gorod» / O.Yu. Bulatova // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. – 2021. – №2(73). – S. 92-98.
4. Naumova, N.A. Avtomatizirovannoe upravlenie transportnymi potokami sredstvami mezoskopicheskogo modelirovaniya / N.A. Naumova, V.V. Zyryanov, R.A. Naumov. – Krasnodar: Kubanskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskiy universitet, 2018. – 266 s.
5. Zyryanov, V. Simulation for development of urban traffic: the Rostov-on-don approach of traffic management / V. Zyryanov, V. Kocherga // 13th World congress on intelligent transport systems and services: 13, ITS: Delivering transport excellence. – London, 2015.
6. Bespilotniki na dorogakh Rossii: (ugolovno-pravovye problemy) / A.I. Vorob'ev, S.V. Zhankaziev, S.A. Ivanov i dr. – Moskva: Obshchestvo s ogranichennoy otvetstvennost'yu «Prospekt», 2021. – 520 s.
7. Bulatova, O.Yu. Planirovanie dvizheniya vysokoavtomatizirovannykh transportnykh sredstv s uchetom osnovnykh ogranicheniy na marshrute / O.Yu. Bulatova // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. – 2021. – №3(74). – S. 65-70.
8. Pletnev, M.G. Obosnovanie optimal'nykh mest ustanovki dinamicheskikh informatsionnykh tablo / M.G. Pletnev, A.I. Vorob'ev // Avtomatizatsiya i upravlenie v tekhnicheskikh sistemakh. – 2015. – №3(15). – S. 165-172.
9. Krivolapova, O.Yu. Podkhod k otsenke effektivnosti ob"ektov sovershenstvovaniya transportnoy seti / O.Yu. Krivolapova // Nauchnoe obozrenie. – 2014. – №11-2. – S. 606-608.
10. Chen, C. The promises of big data and small data for travel behavior (aka human mobility) analysis / Chen, C., Ma, J., Susilo, Y., Liu, Y., Wang, M. // Transportation research part C: Emerging technologies 68. – 2016. – R. 285-299.
11. Zyryanov V.V. Metodika otsenki i vybora varianta organizatsii dvizheniya transporta pri provedenii masshtabnykh massovykh meropriyatiy / V.V. Zyryanov, R.R. Zagidullin // Intellekt. Innovatsii. Investitsii. – 2017. – №2. – S. 43-47.
12. Krivolapova, O.Yu. Primenenie sputnikovykh sistem monitoringa dlya povysheniya proizvoditel'nosti raboty voditeley / O.Yu. Krivolapova, A.O. Slyn'ko // Vestnik Tikhookeanskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2017. – №4(47). – S. 43-50.
13. Novikov, A. Dynamic traffic re-routing as a method of reducing the congestion level of road network elements / A. Novikov, V. Zyryanov, A. Feofilova // Journal of applied engineering science. – 2018. – Vol. 16. – №1. – P. 70-74.
14. Zhankaziev, S.V. Analiz sostoyaniya dorozhnogo dvizheniya metodom ekspertnykh otsenok / S.V. Zhankaziev, S.H. Nguen // Nauka i tekhnika v dorozhnoy otrasli. – 2019. – №1(87). – S. 7-10.
15. Chen, X.Y. Efficient traffic speed forecasting based on massive heterogenous historical data / X.Y. Chen, H.K. Pao, Y.J. Lee // In big data (Big data). – 2014. – IEEE International conference on. – R. 10-17.
16. Zyryanov, V.V. Analiz podkhodov k gibkomu ogranicheniyu skorosti na avtomagistralyakh / V.V. Zyryanov, V.V. Levandovskiy // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. – 2018. – №4(63). – S. 49-54.
17. Beskopylniy, A.N. Quality control of frame structures of robotic systems by express nondestructive methods / A.N. Beskopylniy, B.Ch. Meskhi, N. Beskopylny, M.N. Bezuglova // Robotics, machinery and engineering technology for precision agriculture: proceedings of XIV International scientific conference «INTERAGROMASH 2021». – Rostov-na-Donu. – 2022. – P. 13-22.
18. Bulatova, O.Yu. Avtonomnye transportnye sredstva: zadachi analiza okruzhayushchey sredy i prinyatiya voditel'skikh resheniy / O.Yu. Bulatova // Transport: nauka, tekhnika, upravlenie. Nauchnyy informatsionnyy sbornik. – 2021. – №6. – S. 48-51.
19. Dubrovin, A.G. Analysis of noise immunity of GLONASS and GPS positioning receivers / A.G. Dubrovin, Yu.N. Baranov, A.A. Katunin, N.I. Markin // IOP Conference series: materials science and engineering. – Krasnoyarsk: Institute of physics and iop publishing limited. – 2020. – P. 12111.
20. Furgeson, D. Anytime RRTs / D. Furgeson, A. Stentz. // Proceedings of the IEEE/RSJ International conference on intelligent robots and systems. – 2006.
21. Webb, D.J. Kinodynamic RRT: Optimal motion planning for systems with linear differential constraints / D.J. Webb, J. Van den Berg // arXiv. – 2012.
22. Golenkov, V.A. Optimizatsiya organizatsii dvizheniya na osnove imitatsionnogo modelirovaniya / V.A. Golenkov, A.N. Novikov, A.A. Katunin, YU.N. Baranov, D.D. Matnazarov // Nauka i tekhnika v dorozhnoy otrasli. – 2015. – №3(73). – S. 5-7.
23. Novikov, A.N. Analiz vliyaniya tekhnicheskikh neispravnostey transportnykh sredstv na uroven' dorozhnoy bezopasnosti / A.N. Novikov, M.V. Kulev, A.V. Kulev // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. – 2010. – №1(28). – S. 008-011.
24. Novikov, A.N. Optimizatsiya marshrutov passazhirskogo transporta v g. Orle / A.N. Novikov, A.V. Kulev, A.A. Katunin, M.V. Kulev, N.S. Kuleva // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. – 2015. – №3(50). – S. 115-122.
25. Novikov, A.N. Upravlenie kachestvom akusticheskoy sredy v zone vliyaniya avtomobil'nykh dorog na osnove avtomatizirovannoy sistemy ekologicheskogo monitoringa / A.N. Novikov, O.A. Ivashchuk, V.V. Vasil'eva // Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo instituta (gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta). – 2007. – №4 (11). – S. 90-97.

Bulatova Olga Yurievna

Don State Technical University

Address: 344011, Russia, Rostov-on-Don, Sotsialisticheskaya str., 162

Candidate of technical sciences

E-mail: mip.rnd@yandex.ru

Научная статья

УДК 303.094.7

doi:10.33979/2073-7432-2022-76-1-54-61

Р.В. ГУСЕЙНОВ, М.Р. АХМЕДОВА, К.А. АЛИЕВА

МЕТОДИКА ВЫБОРА ТИПА ПЕШЕХОДНОГО ПЕРЕХОДА НА ВНУТРИГОРОДСКИХ УЛИЦАХ С УЧЕТОМ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПЕШЕХОДОВ

***Аннотация.** Рассмотрены проблемы безопасности пешеходных нерегулируемых переходов. С использованием двухфакторного эксперимента получено уравнение зависимости количества торможений АТС от интенсивности автомобилей и пешеходов. На основе полученной модели разработана и обоснована новая методика по выбору вида пешеходного перехода с учетом безопасности дорожного движения.*

***Ключевые слова:** пешеходные переходы, интенсивность движения, безопасность дорожного движения, нерегулируемый пешеходный переход*

Введение

С каждым годом увеличивается количество автотранспортных средств автомашин на дорогах страны. Самый большой прирост наблюдается в столичных городах. По данным аналитического агентства «Автостат» почти половина населения (51 %) имеет свой автомобиль и на 1.01.2020 года 52,9 млн. автомобилей составляет автопарк страны и продолжает расти. 84 % из них составляет легковые автомобили – это 44,5 млн. единиц. С одной стороны, это удобно, удовлетворяет потребности населения в поездках. С другой стороны, она имеет и существенные отрицательные последствия, среди которых можно выделить негативное влияние на окружающую среду, свойства социально-экономического характера. Среди последних на первый план выходит рост дорожно-транспортных последствий.

Пешеходы являются одной из наиболее уязвимых категорий участников дорожного движения [1, 2]. По данным ГИБДД в результате ДТП на российских дорогах только в 2019 году погибли почти шестнадцать тысяч девятьсот человек, из которых четыре тысяч девятьсот составляют пешеходы вследствие наездов на них [3]. Эти данные превышают статистические показатели стран ЕС в 3-4 раза.

Причин такой ужасающей ситуации много. Существенными из них является высокая интенсивность АТС и неправильная организация пешеходных переходов на городских улицах.

Материал и методы

В настоящее время на внутригородских дорогах размещены сотни пешеходных регулируемых и нерегулируемых переходов.

Проблемы безопасности дорожного движения, прежде всего, связаны с нерегулируемыми пешеходными переходами. Из нерегулируемых «зебра» является самым простым и недорогим. Хотя «зебра» по закону защищает пешеходов, на практике она пешехода не защищает.

Количество происшествий на таких переходах растет с каждым годом.

Самым эффективным способом уменьшения количества наездов на пешеходов является разделение транспортных и пешеходных потоков, например, за счет их организации на разных уровнях [4]. Подземные пешеходные переходы обеспечивают полную безопасность движения пешеходов [5, 6]. Еще одним из вариантов является надземный вариант, когда транспорт пропускается над переходом или применение пешеходных мостов. Такие пешеходные переходы не получили широкого распространения в нашей стране из-за отсутствия свободного пространства в городах, особенно в его центральной части. Здесь еще следует учитывать и потребность существенных средств для их организации. Разрешение данной проблемы требует комплексного подхода, который должен учитывать кроме традиционных и региональные особенности поведения участников дорожного движения.

Исследованиями, посвященными организации дорожного движения на нерегулируемых пешеходных переходах, занимались многие ученые. Большинство исследователей разрабатывают вопросы организации дорожного движения на переходах с целью уменьшения количества наездов на пешеходов.

Существующая методика выбора типа перехода явно не соответствует современным условиям, так как согласно ГОСТ Р 52766-2007 «Дороги автомобильные общего пользова-

ния. Элементы обустройства», выбор типа пешеходного перехода осуществляется только в зависимости от количества автомобилей и пешеходов без учета окружающих условий перехода, ширины проезжей части [7]. Власти многих городов в соответствии с положениями нового ГОСТа, которые предусматривают расстояние между пешеходными переходами 230-300 метров вместо ранее действовавшего норматива 120-150 метров, начали ликвидировать действующие пешеходные переходы, тем самым усугубляя проблему пешеходов.

Это идет в противовес с мировой практикой. По данным английского Design Manual for Urban Roads and Streets расстояние между пешеходными переходами не должна превышать 60-90 метров на улицах с большой пешеходной активностью, 120 м – на городских улицах. Причем там же определена и нижняя граница расстояния – не ближе 45 метров.

На рисунке 3 показаны условия применения в РФ пешеходных переходов различных видов.

При выборе вида пешеходного перехода учитываются два параметра, интенсивность движения автомобилей и пешеходов.

Эти показатели несколько отличаются от зарубежных. Так в Германии, где участники дорожного движения самодисциплинированы, пешеходные переходы делают нерегулируемыми при интенсивности движения автомобилей 600 авт./ч при меньшей интенсивности пешеходов 100-150 пеш./ч.

В работе [8] при выборе нерегулируемого перехода также учитывается ширина проезжей части. Так для двухполосной дороги рекомендуют применять нерегулируемый переход при интенсивности автомобилей 600 авт./ч и интенсивности пешеходов менее 150 пеш./ч; при менее 500 авт./ч и менее 160 пеш./ч; при менее 400 авт./ч и менее 170 пеш./ч, соответственно.

Автор [9] при расчетном коэффициенте опасности нерегулируемого пешеходного перехода более 1,2 предлагает переходить на регулируемый режим.

В работах [10, 11] указывается на эффективность математического моделирования вариантов организации движения на переходах, которая позволило сравнивать несколько проектных решений. Хорошие результаты дает имитационное моделирование с использованием программного обеспечения Vision Traffic Suite по принятию управленческих решений по повышению безопасности пешеходов на переходах [8, 12].

Необходимо заметить, что использование математического моделирования представляется удобным при проектировании новых дорог, позволяет разрабатывать различные мероприятия по устранению опасности движения и оценивать их эффективность.

Как известно, чтобы сделать пешеходный переход регулируемым, необходимо также учитывать, что они требуют очень больших капитальных вложений [5, 13]. Поэтому прежде чем, построить такие переходы необходимо также экономически обосновать целесообразность вложений с точки зрения безопасности пешеходов [14].

Есть множество работ по определению факторов опасности пешеходных переходов [9, 15]. В работе [9] приводится формула для оценки риска ДТП на нерегулируемом перекрестке

$$P = \frac{n_a}{N_p N_a}, \quad (1)$$

где n_a – число ДТП на данном переходе за год;

N_a – интенсивность движения автомобилей;

N_p – интенсивность движения пешеходов на переходе за год.

Эту формулу можно использовать для прогнозной оценки опасности ДТП с целью принятия соответствующих решений по изменению режимов движения транспорта и пешеходов с целью повышения безопасности движения на проектируемых участках дорог, однако

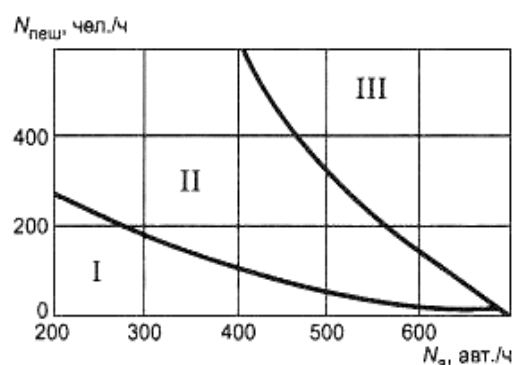


Рисунок 1 – Условия применения пешеходных переходов различных видов: I – нерегулируемые наземные переходы;

II – регулируемые наземные переходы;

III – внеуличные переходы (надземные и подземные)

она не определяет границы перехода от нерегулируемого режима работы пешеходного перехода к регулируемому.

Таким образом, вопросам, посвященным повышению безопасности пешеходов и повышения пропускной способности переходов посвящено множество работ, но явно недостаточно с учетом специфики регионов.

Необходима четкая рекомендация. Мы ее определяем следующим образом: если в течение года на данном пешеходном переходе произошло три и более ДТП необходимо переходить на регулируемый режим работы пешеходного перехода, что соответствует ГОСТ 32944-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Пешеходные переходы. Классификация. Общие требования».

Наиболее важным статистическим показателем является количество ДТП, произошедших на пешеходных переходах. Возникновение ДТП является результатом пересечения потоков автомобилей и пешеходов. Согласно [9, 24] вероятность возникновения ДТП при проезде автомобилем нерегулируемого пешеходного перехода напрямую зависит от интенсивности пешеходного потока, интенсивности автомобильного потока, скоростного режима автомобильного потока, а также превышения отдельными водителями установленного скоростного ограничения.

В наших исследованиях количество пересечений траекторий рассчитывалось для одного временного интервала и определялось натурными экспериментами.

Расчет возможного количества пересечений для всех пешеходных переходов потребует значительного количества времени. В целях сокращения числа элементов выборки целесообразно воспользоваться методом двухфакторного эксперимента типа 2².

Применение двухфакторной модели обусловлено нелинейностью изменения выходного параметра (количества торможений) под действием входных параметров (интенсивности движения автомобилей и пешеходов) и циклическим характером изменения параметров, входящих в математическую модель.

Интенсивность движения транспортного движения на городских улицах, вдоль которых находятся много мест с массовым пребыванием людей, на центральных улицах относительно высока. Высоки также связанная с этим интенсивность пересечений улиц, пешеходных переходов, следовательно, и число торможений транспортных средств для пропуска пешеходов. Увеличиваются задержки транспорта на переходах, особенно при переходе малоавтомобильных участников движения, которые переходят улицу с очень низкой скоростью. Кроме того, часты случаи, когда пешеходы переходят дорогу не рядами из-за малой ширины переходов, увеличивая время перехода. Скорость перехода зависит и от психофизиологического состояния человека, возраста, пола [16, 23].

Частые торможения, связанные с пропуском пешеходов на переходе, вызывают переутомление у водителей, что приводит к возникновению конфликтных ситуаций и как следствие к дорожно-транспортным происшествиям. В основе конфликтного поведения лежит стресс, который создается как внешними, так и внутренними обстоятельствами. Число торможений является одним из стрессообразующих факторов и его уменьшение должно способствовать снижению конфликтности на дорогах. Поэтому в качестве выходного параметра принято количество торможений АТС для пропуска пешеходов.

Теория / расчет

Методика экспериментального исследования включает в себя определение параметров транспортных и пешеходных потоков в числа торможений автомобилей с учетом реальных условий.

Учитывая, что близость перехода к перекрестку или остановочному пути почти на треть увеличивает транспортные задержки [17, 22], рассматривались только удаленные от указанных мест пешеходные переходы.

Был реализован двухфакторный полный факторный эксперимент типа 2².

В таблице 1 показаны факторы и уровни их варьирования.

Таблица 1 – Факторы и уровни их варьирования

Факторы	Уровни варьирования
Интенсивность движения автотранспортных средств, авт./ч	100, 1800
Интенсивность движения пешеходов, пеш./ч	50, 680

Обозначим x_1 – интенсивность движения транспорта, авт./ч; x_2 – интенсивность движения пешеходов, пеш./ч; Y – выходной параметр – количество торможений, ед./час.

Для обследования были выбраны только нерегулируемые пешеходные переходы. Замеры проводились в течение дня, в том временном интервале, когда на переходе были зафиксированы случаи наездов на пешеходов.

Матрица планирования экспериментов в натуральном масштабе представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Матрица планирования экспериментов

№	x_1 – Интенсивность движения транспорта, привед.ед./час	x_2 – Интенсивность движения пешеходов, чел./час	Y – Количество торможений, ед./час
1	100	50	5
2	100	680	41
3	1800	50	90
4	1800	680	310

Необходимо отметить, что при использовании регрессионного анализа требуется выполнение следующих исходных предпосылок [18, 19, 21]:

- 1) зависимая переменная (отклик) – случайная величина с нормальным законом распределения;
- 2) дисперсия в определении этой переменной не зависит от ее абсолютной величины;
- 3) факторы измеряются с пренебрежительно малой ошибкой по сравнению с ошибкой в определении отклика. В дальнейшем для решения задачи необходимо нормировать значения факторов.

Исходя из этого все эксперименты повторялись много раз.

План 2^2 предполагает проведение четырех опытов.

Расширенная матрица планирования экспериментов по плану 2^2 с нормированными значениями представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Расширенная матрица планирования экспериментов

№ опыта	x_0	x_1	x_2	x_{12}	Y
1	+	-	-	+	5
2	+	-	+	-	41
3	+	+	-	-	90
4	+	+	+	+	310

С использованием известного метода статистических гипотез [20] за счет пятикратного повторения испытаний получена заданная точность экспериментальных исследований.

После проведения опытов во всех точках факторного пространства необходимо найти коэффициенты уравнения регрессии. Для этого воспользуемся методом наименьших квадратов.

$$\Phi = \sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - Y_i)^2 \rightarrow \min;$$

$$\hat{Y}_i = \varphi(X_1, \dots, X_k, b_0, \dots, b_k), \text{ поскольку } \begin{cases} \frac{\partial \Phi}{\partial b_0} = 0 \\ \dots \\ \frac{\partial \Phi}{\partial b_k} = 0 \end{cases}, \quad (2)$$

$$\Phi = \sum_{i=1}^n (\varphi(X_1, \dots, X_k, b_0, \dots, b_k) - Y_i)^2$$

Решая уравнение (2), получим следующие формулы для вычисления коэффициентов

$$b_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i; \quad b_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_{1i} Y_i; \quad b_2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_{2i} Y_i. \quad (3)$$

Результаты

По результатам статистической обработки результатов эксперимента получено следующее уравнение регрессии

$$Y = 9,05 + 0,031x_1 + 0,01x_2 + 0,0002x_1x_2. \quad (4)$$

На рисунке 2 приведена зависимость количества торможений от интенсивности пешеходов при фиксированной интенсивности движения автомобилей 500 авт./ч.

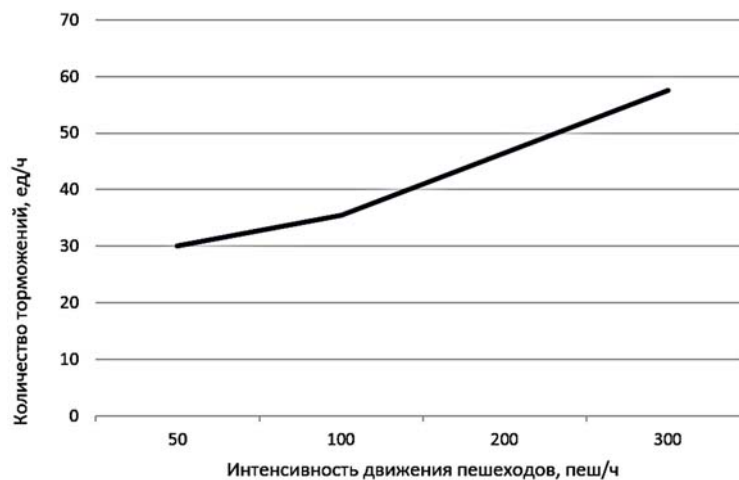


Рисунок 2 – Зависимость количества торможений от интенсивности пешеходов при фиксированной интенсивности движения автомобилей 500 авт./ч

Как видно из рисунка 2, начиная с интенсивности более 100 пеш./ч резко увеличивается количество торможений.

На рисунке 3 приведена зависимость количества торможений от интенсивности движения автомобилей при фиксированной интенсивности движения пешеходов.

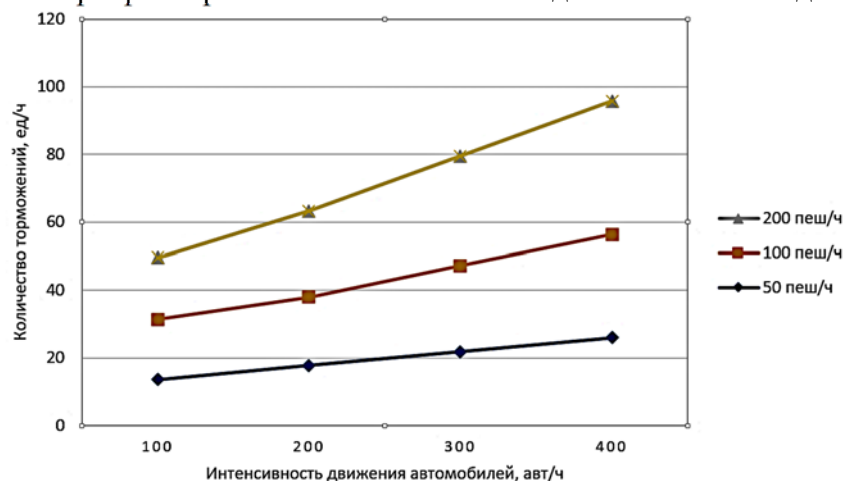


Рисунок 3 – Зависимость количества торможений от интенсивности движения автомобилей при фиксированной интенсивности движения пешеходов

Из рисунка 3 видно, что при интенсивности движения пешеходов более 50 пеш./ч увеличение интенсивности движения автомобилей приводит к пропорциональному увеличению количества торможений для пропуска пешеходов.

Обсуждение

Разработка мероприятий по обеспечению безопасности дорожного движения возможна после определения значения риска возникновения ДТП на пешеходных переходах.

В пользу выбора количества ДТП на переходе как определяющего параметра выступает то обстоятельство, что на нерегулируемых переходах пешеходы ждут возникновения достаточного интервала в транспортном потоке, который позволяет им пересечь проезжую часть. Так как количество пешеходов на пешеходном переходе неопределенно по времени, это приводит к тому, что водители теряют терпение и могут тормозить при небезопасном расстоянии от пешехода, что может привести к столкновению с ним.

Поэтому предлагаем следующую методику:

- 1) фиксируем количество аварий m на пешеходе в течение года;
- 2) если $m \geq 3$, отмечаем данный переход как опасный;
- 3) фиксируем время всех трех ДТП на переходе;

4) проводим натурный эксперимент по определению интенсивности транспортных потоков x_1 и интенсивности пешеходов x_2 в том временном интервале, когда происходили ДТП;

5) по полученным значениям x_1, x_2 определяем значение $Y = Y_{\max}$ по формуле (3);

6) фиксируем значение Y_{\max} , которое является тем численным наглядным ориентиром, превышение которого свидетельствует о высокой вероятности возникновения новой ДТП;

7) если на данном i -переходе $Y_i \geq Y_{i,\max}$ переход делают регулируемым.

Выводы

Анализ полученного уравнения регрессии позволяет сделать следующие выводы:

1) интенсивность движения АТС и пешеходов оказывает разное влияние на количество торможений, следовательно, на пропускную способность дороги, причем степень влияния первого превышает второй почти в три раза. Это согласуется с данными официальной статистики и других источников, где указывается, что ДТП, характеризуемые наездом АТС на пешехода, почти в 70 % случаев происходят по вине водителя АТС;

2) существует корреляционная зависимость между интенсивностями движения АТС и пешеходов, указывающая на резкое возрастание количества торможений при их максимальных значениях;

3) по значениям транспортной и пешеходной интенсивностей по критерию минимизации количества торможений АТС представляется возможным указать на способ организации типа пешеходного перехода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кликовштейн, Г.И. Организация дорожного движения: учебник для вузов / Г.И. Кликовштейн, М.Б. Афанасьев. – 5-е изд., перераб. и доп. – М: Транспорт, 2001 – 247 с.
2. Слободчикова, Н.А. Основные методики расчета задержек пешеходов при жестком режиме регулирования / Н.А. Слободчикова // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2012. – №2(3). – С. 115-119.
3. ГИБДД МВД РФ. Статистика ДТП по России: официальный сайт [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://гибдд.рф/>
4. Razi Aziz Hasan. The effect of structure and street characteristics on the footbridge usage / Razi Aziz Hasan, Madzlan B Nariah // J. Appl. Sci. & Agric. – 2014. – №9(21). – P. 52-59.
5. Половникова, А.Э. Выбор рационального типа пешеходных переходов с учетом безопасности движения пешеходов / А.Э. Половникова, В.И. Клевко // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. – 2012. – Т. 2. – С. 356-361.
6. Телегин, В.Г. Проблемы транспортной системы города Перми и пути их решения / В.Г. Телегин, В.И. Клевко // Сборник научных трудов SWord. – 2014. – Т. 1. – №1. – С. 11-17.
7. Чикалин, Е.Н. Повышение эффективности организации дорожного движения в зонах нерегулируемых пешеходных переходов: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук / Чикалин, Е.Н. – Иркутск, 2013. – 20 с.
8. Симуль, М.Г. Моделирование конфликтных ситуаций на наземных пешеходных переходах городских дорог и улиц для повышения безопасности движения / М.Г. Симуль, А.С. Александров // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2012. – №1(23). – С. 47-50.
9. Кастырин, Д.И. Повышение безопасности дорожного движения на основе прогнозирования опасности транспортных пересечений дорожной сети города: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук / Кастырин Д.И. – Воронеж, 2019. – 21 с.
10. Шец, С.П. Выбор типа пешеходного перехода на перекрестке с применением имитационного моделирования / С.П. Шец, Е.В. Справцева, В.Г. Ковалева // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2019. – №7(80). – С. 52-58.
11. Кисляков, В.М. Математическое моделирование и оценка условий движения автомобилей и пешеходов / В.М. Кисляков, В.В. Филиппов, И.А. Школяренко. – М.: Транспорт, 1979. – 200 с.
12. Аникеев, Е.А. Управление пешеходными потоками при пиковой интенсивности движения / Е.А. Аникеев // Программные продукты и системы. – 2015. – №1. – С. 161-166.
13. Моисеева, О.В. Выбор рационального типа пешеходных переходов с учетом стоимости строительства и безопасности движения пешеходов / О.В. Моисеева // Экология и научно-технический прогресс. Урбанистика. – 2015. – Т. 1. – С. 447-452.
14. Ким, П.А. Повышение безопасности пешеходов на нерегулируемых пешеходных переходах: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук / Ким П.А. – Чита, 2014. – 20 с.
15. Коноплянко, В.И. Организация и безопасность дорожного движения / В.И. Коноплянко. – М.: Высшая школа, 2007. – 383 с.
16. Jamison, D.T. Disease control priorities in developing countries, 2nd edition / D.T. Jamison, J.G. Breman, A.R. Measham et al. – The world bank. – New York: Oxford University Press. – 2006. – 1452 p.

17. Пузаков, А.В. О снижении задержек транспорта в зоне пешеходных переходов (на примере г.Оренбурга) / А.В. Пузаков // Вестник ОГУ. – 2011. – №10(129). – С. 64-69.
18. Вентцель, Е.С. Теория случайных процессов и её инженерные приложения: учебное пособие для вузов / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – М.: Высш. шк., 2000. – 383 с.
19. Гусейнов, Р.В. Использование методов оптимизации для анализа и обработки информации / М.Р. Ахмедова, Р.В. Гусейнов // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. – 2016. – №2(41). – С. 17-21.
20. Федотов, А.И. Диагностика автомобиля: учебник для вузов / А.И. Федотов. – Иркутск: ИргТУ, 2012. – 467 с.
21. Новиков, А.Н. Анализ степени загрузки маршрутной транспортной сети города Орла / А.Н. Новиков, А.Л. Севостьянов, А.А. Катунин, А.В. Кулев // Мир транспорта и технологических машин. – 2012. – №4(39). – С. 69-74.
22. Новиков, А.Н. Модернизация улично-дорожной сети города Орла (на примере Наугорского шоссе) / А.Н. Новиков, Ю.Н. Баранов, А.А. Катунин, Д.Д. Матназаров // Мир транспорта и технологических машин. – 2014. – №2(45). – С. 86-96.
23. Новиков, А.Н. Анализ влияния технических неисправностей транспортных средств на уровень дорожной безопасности / А.Н. Новиков, М.В. Кулев, А.В. Кулев // Мир транспорта и технологических машин. – 2010. – №1(28). – С. 008-011.
24. Новиков, А.Н. Оптимизация маршрутов пассажирского транспорта в г. Орле / А.Н. Новиков, А.В. Кулев, А.А. Катунин, М.В. Кулев, Н.С. Кулева // Мир транспорта и технологических машин. – 2015. – №3(50). – С. 115-122.

Гусейнов Расул Вагидович

Дагестанский государственный технический университет
Адрес: 368315, Россия, г. Махачкала, пр. Имама Шамиля, 70
Д.т.н., профессор кафедры «Организация и безопасность движения»
E-mail: ragus05@mail.ru

Ахмедова Милена Расуловна

Кубанский государственный университет
Адрес: 350040, Россия, г.Краснодар, ул. Ставропольская, 149
К.э.н., доцент кафедры мировой экономики и менеджмента
E-mail: mili-g1@mail.ru

Алиева Карина Абдурахмановна

Дагестанский государственный технический университет
Адрес: 368315, Россия, г. Махачкала, пр. Имама Шамиля, 70
Аспирант
E-mail: ragus05@mail.ru

R. V. GUSEYNOV, M. R. AKHMEDOVA, K. A. ALIYEVA

**METHODOLOGY FOR CHOSING THE TYPE OF PEDESTRIAN
CROSSING ON INTRACITY STREETS**

Abstract. The paper deals with the safety problems of unregulated pedestrian crossings. Using a two-factor experiment, an equation was obtained for the dependence of the number of motor vehicle braking on the intensity of cars and pedestrians. on the basis of the obtained model, a new method for choosing the type of pedestrian crossing taking into account road safety is developed and justified

Keywords: *pedestrian crossings, traffic intensity, road safety, unregulated pedestrian crossing*

BIBLIOGRAPHY

1. Klinkovshteyn, G.I. Organizatsiya dorozhnogo dvizheniya: ucheb. dlya vuzov / G.I. Klinkovshteyn, M.B. Afanas'ev. – 5-e izd., pererab. i dop. – M: Transport, 2001. – 247 s.
2. Slobodchikova, N.A. Osnovnye metodiki rascheta zaderzhek peshekhodov pri zhestkom rezhime regulirovaniya // Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost'. – 2012. – №2(3). – S. 115-119.
3. GIBDD MVD RF. Statistika DTP po Rossii: ofitsial'nyy sayt [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://gibdd.rf/>
4. Razi Aziz Hasan. The effect of structure and street characteristics on the footbridge usage / Razi Aziz Hasan, Madzlan B Napiah // J. Appl. Sci. & Agric. – 2014. – №9(21). – R. 52-59.
5. Polovnikova, A.E. Vybór ratsional'nogo tipa peshekhodnykh perekhodov s uchetom bezopasnosti dvizheniya peshekhodov / A.E. Polovnikova, V.I. Kleveko // Modernizatsiya i nauchnye issledovaniya v transportnom komplekse. – 2012. – T.2. – S. 356-361.

6. Telegin, V.G. Problemy transportnoy sistemy goroda Permi i puti ikh resheniya / V.G. Telegin, V.I. Kleveko // Sbornik nauchnykh trudov SWord. – 2014. – T. 1. – №1. – S. 11-17.
7. Chikalina, E.N. Povyshenie effektivnosti organizatsii dorozhnogo dvizheniya v zonakh nereguliruemyykh peshekhodnykh perekhodov: avtoref. dis. na soisk. uchen. step. kand. tekhn. nauk. – Irkutsk, 2013. – 20 s.
8. Simul', M.G. Modelirovanie konfliktnykh situatsiy na nazemnykh peshekhodnykh perekhodakh gorodskikh dorog i ulits dlya povysheniya bezopasnosti dvizheniya / M.G. Simul', A.S. Aleksandrov // Vestnik Sibirskoy gosudarstvennoy avtomobil'no-dorozhnoy akademii. – 2012. – №1(23). – S. 47-50.
9. Kastyrin, D.I. Povyshenie bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya na osnove prognozirovaniya opasnosti transportnykh peresecheniy dorozhnoy seti goroda: avtoref. dis. na soisk. uchen. step. kand. tekhn. nauk. – Voronezh, 2019. – 21 s.
10. Shets, S.P. Vybora tipa peshekhodnogo perekhoda na perekrestke s primeneniem imitatsionnogo modelirovaniya / S.P. Shets, E.V. Spravtseva, V.G. Kovaleva // Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2019. – №7(80). – S. 52-58.
11. Kislyakov, V.M. Matematicheskoe modelirovanie i otsenka usloviy dvizheniya avtomobiley i peshekhodov / V.M. Kislyakov, V.V. Filippov, I.A. SHkolyarenko. – M.: Transport, 1979. – 200 s.
12. Anikeev, E.A. Upravlenie peshekhodnymi potokami pri pikovoy intensivnosti dvizheniya / E.A. Anikeev // Programmnye produkty i sistemy. – 2015. – №1. – S. 161-166.
13. Moiseeva, O.V. Vybora ratsional'nogo tipa peshekhodnykh perekhodov s uchetom stoimosti stroitel'stva i bezopasnosti dvizheniya peshekhodov / O.V. Moiseeva // Ekologiya i nauchno-tekhnicheskii progress. Urbanistika. – 2015. – T. 1. – S. 447-452.
14. Kim, P.A. Povyshenie bezopasnosti peshekhodov na nereguliruemyykh peshekhodnykh perekhodakh: avtoref. dis. na soisk. uchen. step. kand. tekhn. nauk. – Chita, 2014. – 20 s.
15. Konoplyanko, V.I. Organizatsiya i bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya / V.I. Konoplyanko. – M.: Vysshaya shkola, 2007. – 383 s.
16. Jamison, D.T. Disease control priorities in developing countries, 2nd edition / D.T. Jamison, J.G. Breman, A.R. Measham et al. – The world bank. – New York: Oxford University Press. – 2006. – 1452 p.
17. Puzakov, A.V. O snizhenii zaderzhek transporta v zone peshekhodnykh perekhodov (na primere g. Orenburga) / A.V. Puzakov // Vestnik OGU. – 2011. – №10(129). – S. 64-69.
18. Venttsel', E.S. Teoriya sluchaynykh protsessov i eio inzhenernye prilozheniya: uchebnoe posobie dlya vtuzov / E.S. Venttsel', L.A. Ovcharov. – M.: Vyssh. shk., 2000. – 383 s.
19. Guseynov, R.V. Ispol'zovanie metodov optimizatsii dlya analiza i obrabotki informatsii / M.R. Akhmedova, R.V. Guseynov // Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Tekhnicheskije nauki. – 2016. – №2(41). – S. 17-21.
20. Fedotov, A.I. Diagnostika avtomobilya [Tekst]: uchebnik dlya vuzov / A.I. Fedotov. – Irkutsk: IrGTU, 2012. – 467 s.
21. Novikov, A.N. Analiz stepeni zagruzki marshrutnoy transportnoy seti goroda Orla / A.N. Novikov, A.L. Sevost'yanov, A.A. Katunin, A.V. Kulev // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. – 2012. – №4(39). – S. 69-74.
22. Novikov, A.N. Modernizatsiya ulichno-dorozhnoy seti goroda orla (na primere Naugorskogo shosse) / A.N. Novikov, Yu.N. Baranov, A.A. Katunin, D.D. Matnazarov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. – 2014. – №2(45). – S. 86-96.
23. Novikov, A.N. Analiz vliyaniya tekhnicheskikh neispravnostey transportnykh sredstv na uroven' dorozhnoy bezopasnosti / A.N. Novikov, M.V. Kulev, A.V. Kulev // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. – 2010. – №1(28). – S. 008-011.
24. Novikov, A.N. Optimizatsiya marshrutov passazhirskogo transporta v g. Orle / A.N. Novikov, A.V. Kulev, A.A. Katunin, M.V. Kulev, N.S. Kuleva // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. – 2015. – №3(50). – S. 115-122.

Guseynov Rasul Vagidovich
Dagestan State Technical University
Address: 368315, Russia, Makhachkala,
Imam Shamil Avenue, 70
Doctor of technical sciences
E-mail: ragus05@mail.ru

Aliyeva Karina Abdurahmanovna
Dagestan State Technical University
Address: 368315, Russia, Makhachkala,
Imam Shamil Avenue, 70
Postgraduate student
E-mail: ragus05@mail.ru

Akhmedova Milena Rasulovna
Kuban State University
Address: 350040, Russia, Krasnodar,
Stavropol'skaya str., 149
Candidate of economic sciences
E-mail: mili-g1@mail.ru

Научная статья

УДК 629.051

doi:10.33979/2073-7432-2022-76-1-62-68

С.В. ЕРЕМИН

ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ПАРКА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА В ОБЩЕЙ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ПОСТАНОВКЕ

***Аннотация.** Рассматриваются вопросы организации транспортного обслуживания населения городским пассажирским транспортом общего пользования. В основе предложенной методики лежит нахождения оптимальной структуры парка подвижного состава из соображений минимизации времени ожидания и расходов автотранспортного предприятия. Поиск решения базируется на множестве Парето и методе идеальной точки. Таким образом, предложено решение выбора состава парка в общей многокритериальной постановке. Результаты исследования представлены в виде сопоставительного анализа эффективности функционирования маршрутной транспортной системы города Красноярска до и после оптимизации парка подвижного состава.*

***Ключевые слова:** транспортная сеть, парк подвижного состава, пассажирский транспорт*

Введение

Начиная с 1990-х гг. намечается тенденция интенсивного роста автомобилизации населения и транспортные системы городов оказались неготовыми к такому вызову. Почти повсеместно сталкивались с проблемой транспортных заторов, следствием которых становилось снижение скорости движения. В этот период основной удар принял на себя пассажирский транспорт общего пользования, отмена административной системы управления и появление частных перевозчиков привело к катастрофическому снижению качества транспортного обслуживания населения. Такое стечение обстоятельств привело к тому, что ни индивидуальный, ни общественный транспорт не готов был должным образом удовлетворить потребность в передвижении [1-5].

Проблема усугублялась еще и слабо развитой системой транспортного и градостроительного планирования. Застройка новых микрорайонов не сопровождалась расчетами транспортного спроса, в итоге они оказывались почти изолированными от транспортной системы общественного транспорта общего пользования, что еще больше подстегивало рост автомобилизации, а как следствие и рост транспортных заторов.

Значение общественного пассажирского транспорта трудно переоценить, прежде всего на нем лежат социальные функции. Качественный общественный транспорт способен снизить нагрузку на улично-дорожную сеть и решить проблему транспортных заторов, однако для достижения этого требуется, чтобы он стал по-настоящему привлекательным для населения и мог составить конкуренцию личному автомобилю [6-9].

Все выше сказанное подчеркивает актуальность проблем совершенствования пассажирских перевозок в городах, так как они оказывают влияние не только на экономическое развитие, но состояние городской среды в целом [14-15]. Поэтому для многих администраций населенных пунктов данные вопросы занимают одно из первостепенных значений, требующие незамедлительного решения.

Материал и методы

В статье «Оптимизация состава автобусного парка для обслуживания городского маршрута» [11, 18] были затронуты вопросы формирования оптимального состава парка подвижного состава общественного пассажирского транспорта. Предполагалось, что наиболее рациональный состав находится при достижении минимальных затрат времени ожидания всех пассажиров и минимальных затрат автотранспортного предприятия, обслуживающего маршрут [11]:

$$T_{ож}^{общ} \rightarrow \min, \tag{1}$$

$$R_{АТП}^{общ} \rightarrow \min. \tag{2}$$

Для решения этого вопроса был предложен аддитивный критерий [11, 17]:

$$Kopt = \alpha_T T_{ож}^{общ} + \alpha_R R_{АТП}^{общ}. \tag{3}$$

А для формирования обобщенного параметра оптимизации в работе предлагалось совместно использовать две модели, а именно, имитационную и аналитическую. В таком случае критерий приобретал вид [11]:

$$\Phi = \sum_{i=1}^l \left[60t_i C \left(\sum_{j=1}^m T_{ожji} S_{ji} \right) \right] + R_{АТП} \rightarrow \min, \tag{4}$$

где S_{ji} определяет объем пассажиропотока на соответствующем интервале;

$T_{ожji}$ – усредненное время ожидания;

m – общее число остановок, независимо от направления.

Однако эта модель предполагает одновременное использование автобусов лишь одной вместимости. В общем случае необходима оптимизация парка ТС с учетом возможности использования автобусов различной вместимости (из некоторого наперед заданного из других соображений ряда пассажироместимости).

Теория / расчет

Однако, решая задачу оптимизации можно сделать вывод, что каждое решение дает точку множества Парето. Именно из этой области нужно выбирать решение.

Нужное решение зависит от варьирования коэффициентов $Kopt = \alpha_T T_{ож}^{общ} + \alpha_R R_{АТП}^{общ}$ (рис. 1).

Решение данной задачи может быть найдено методом идеальной точки. Допустим, что $\Omega \subset \mathbf{R}^m$, $y, y' \in \Omega$, $y^*_i = \max y_i$. Тогда $y^* = (y^*_1, y^*_2, \dots, y^*_m)$ будет решением задачи одномерной оптимизации. В предположении замкнутости Ω , такая точка существует. Стоит отметить, что $y^*(\Omega) = (y^*_1, y^*_2, \dots, y^*_m)$ часто не относится к множеству Ω . В этом случае $\forall y \in \Omega y^* \rho y$. Функция выбора тогда имеет вид $S_x(Y) = \arg \min \rho(y, y^*)$, где ρ - некоторая метрика [12].

В качестве меры близости может быть использована евклидова метрика

$$\rho(a, b) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (a_i - b_i)^2}, \text{ равномерная } - \rho(a, b) = \sum_{i=1}^n |a_i - b_i| \text{ (C}^1\text{X)} \text{ или обобщенная } -$$

$\rho(a, b) = \max_i |a_i - b_i| \text{ (C}^\infty\text{X)}$. На рисунке 2 представлена иллюстрация решения по методу идеальной точки.

В качестве идеальной точки выбираются оптимальные решения по одному критерию и идеальная точка представляет комбинацию этих максимальных значений. Она не будет принадлежать области допустимых решений, поэтому в качестве фактического решения будет выбран проект развития максимальной близкий к идеальной точке.

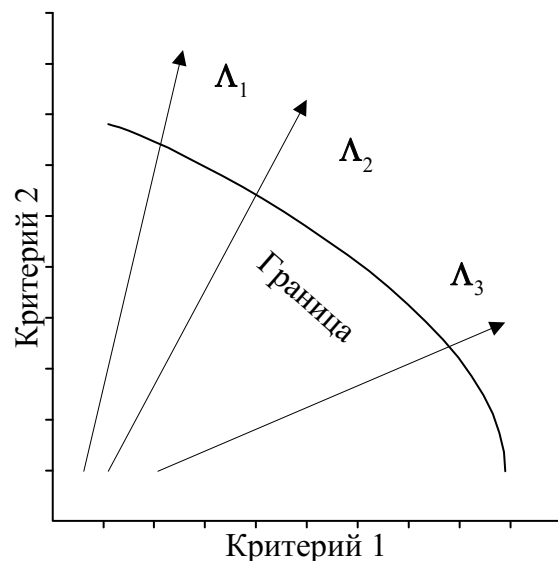


Рисунок 1 – График вариации весами критериев

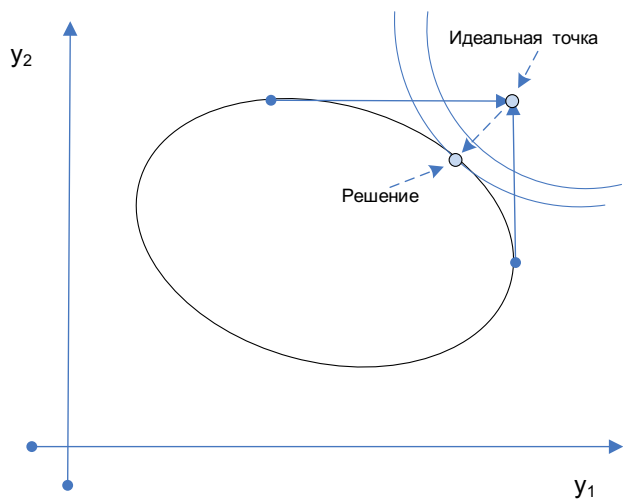


Рисунок 2 - Решение по методу идеальной точки

Поскольку в приведенной постановке решается задача на минимум: $T_{ож}^{общ} \rightarrow \min$,

$R_{АТП}^{общ} \rightarrow \min$, то общий подход выбору решения будет содержать этапы:

1. Решение задачи по одному критерию $T_{ож}^{общ} \rightarrow \min$. В результате получаем точку 1 (рис. 3).

2. Решение задачи по одному критерию $R_{АТП}^{общ} \rightarrow \min$. В результате получаем точку 2.

3. Варьируя коэффициентами αT и αR , получаем множество промежуточных точек.

4. В качестве решения выбирается точка P , как наиболее близкая к идеальной.

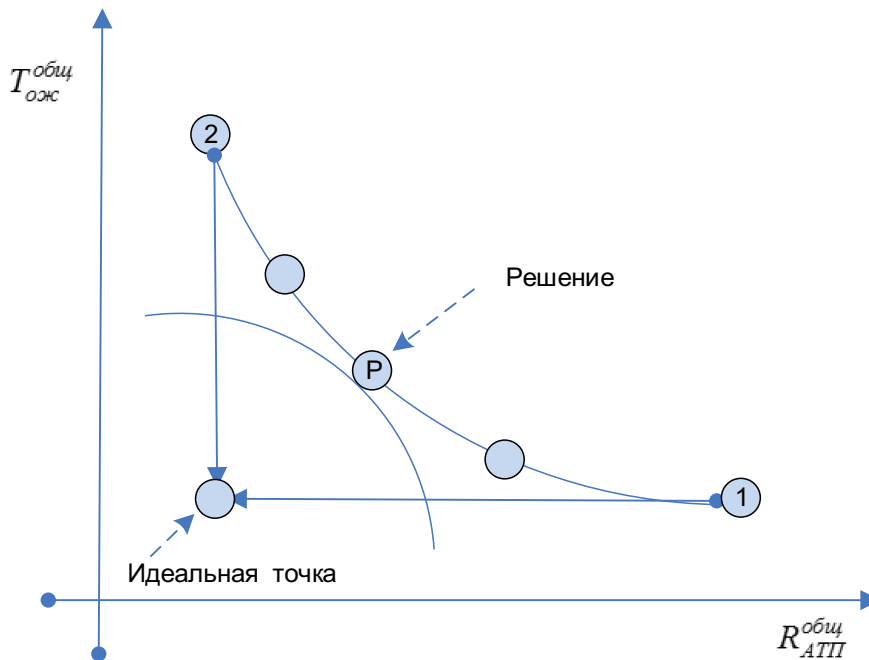


Рисунок 3 - Последовательный поиск решения

Таким образом, предложено решение выбора состава парка в общей многокритериальной постановке.

Результаты и обсуждение

Предложенные результаты нашли свое отражение в мероприятиях по совершенствованию организации транспортного обслуживания населения в городе Красноярске. Так, на основе выполненных оптимизационных расчетов, в период с 2018 по 2021 годы поэтапно была сформирована структура парка подвижного состава наиболее рационально подходящая под потребности перспективного развития города. В структуру парка вошли автобусы, троллейбусы и трамваи, представленные транспортными средствами малого, среднего, большого классов вместимости (табл. 1).

Таблица 1 – Изменение количества парка подвижного состава пассажирского транспорта города Красноярска

Год	Количество подвижного состава, ед.			Итого
	автобусы	троллейбусы	трамваи	
2018	1143	102	58	1303
2019	1157	102	58	1317
2020	1127	97	58	1282
2021	1064	129	66	1259

Реализация мероприятий настоящего исследования позволило сократить потребность в маршрутных транспортных средствах с 1303 до 1259 единиц без потери в качестве транспортного обслуживания населения. Во многом это стало достижимо за счет увеличения вместимости парка подвижного состава и сокращения автобусов малой категории вместимости на маршрутах Красноярска (табл. 2). Такой подход позволил достигнуть наиболее рациональной организации транспортного обслуживания населения общественным транспортом, так как более вместительный подвижной состав позволяет увеличить интервалы движения на маршрутах до максимально допустимых значений и снизить потребность в подвижном составе, что положительно сказывается на проблемах с транспортными заторами. Более того, вместительный подвижной состав лучше выдерживает нормы наполнения салона транспортных средств, что повышает комфортность поездок и привлекательность общественного транспорта для населения.

Таблица 2 – Изменение структуры парка подвижного состава пассажирского транспорта города Красноярска

Год	Класс вместимости транспортных средств			Итого
	малый	средний	большой	
2018	55	416	832	1303
2019	50	483	784	1317
2020	49	486	747	1282
2021	27	463	769	1259

Таким образом, за счет оптимизации парка подвижного состава с 2018 по 2021 годы удалось уменьшить общее количество транспортных средств на 3,4 % за реорганизации парка подвижного состава. Еще одной отличительной чертой изменения структуры парка подвижного состава является то, что старые единицы заменяются на новые транспортные средства. Так в 2021 году благодаря участию в национальном проекте «Экология» город закупил 50 троллейбусов и 25 трамваев [13, 16]. Новые современные трамваи имеют низкопольную тележку, обладают плавным ходом и способны вместить до 150 человек (рис. 4).



Рисунок 4 – Замена подвижного состава на маршрутах общественного транспорта города Красноярска

Всего за последние 4 года муниципальные и коммерческие перевозчики обновили подвижной состав своих парков на 797 единицу что составляет больше половины от общего количества городского транспорта (табл. 3).

Таблица 3 – Обновление парка подвижного состава пассажирского транспорта города Красноярск

Год	Обновление подвижного состава, ед.			Итого, ед.
	автобус	трамвай	троллейбус	
2018	166	0	0	166
2019	192	0	1	193
2020	131	0	1	132
2021	207	25	74	306

Из них 103 единицы – это абсолютно новые машины с завода-изготовителя (рис. 5) [3].



Рисунок 5 – Замена автобусов на маршрутах общественного транспорта города Красноярск

Оптимизация маршрутов общественного транспорта позволила сократить их общее количество на 17 единиц без потерь транспортной доступности (табл. 4).

Таблица 4 – Изменение количества маршрутов общественного транспорта города Красноярск

Год	Количество маршрутов регулярных перевозок, ед.			Итого
	автобусных	троллейбусных	трамвайных	
2018	72	4	5	81
2019	57	5	4	66
2020	55	5	4	64
2021	54	6	4	64

Суммарная протяженность всех маршрутов при этом уменьшилась на 24 % (с 156,9 км до 119,8 км). Это стало возможно во многом за счет снижения количества дублирующих друг друга и избыточных маршрутов, корректирования пути следования невыгодных протяженных маршрутов и т.д. Таким образом, за период с 2018 по 2021 годы было отменено 17 маршрутов, изменено 48 маршрутов, внедрено 3 экологических маршрута, и внедрено более 55,8 км выделенных полос движения для общественного транспорта.

Выводы

Реорганизация парка подвижного состава общественного транспорта города Красноярск положительно сказалась на финансовых затратах в его обслуживании и содержании. За 4 года удалось сократить удельные расходы на использование дизельного топлива на 7,5 % с 22,6 руб./км до 20,9 руб./км. Так же имеется снижение удельных расходов на ремонт и техническое обслуживание подвижного состава на 27,5 % с 6,62 руб./км до 4,8 руб./км.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гринченко, А.В. Повышение эффективности управления процессами перевозок на городских автобусных маршрутах: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (05.22.08.) / Гринченко А.В. – М.: МАДИ (ГТУ), 2006. – 22 с.

2. Новиков, А.Н. Концепция имитационного моделирования, оптимизации и проектирования транспортной инфраструктуры в условиях стохастической и лингвистической неопределенности / А.Н. Новиков, С.В. Еремин // Мир транспорта и технологических машин. – 2019. – №2(65). – С. 42-50.
3. Новиков, А.Н. Методика оценивания пассажиропотоков городской сети общественного транспорта и конкретных параметров маршрутной сети с почасовым объемом перевозок / А.Н. Новиков, С.В. Еремин // Мир транспорта и технологических машин. – 2019. – №4(67). – С. 50-56.
4. Вучик, В. Транспорт в городах, удобных для жизни: монография / В. Вучик. – Москва: ИД Территория будущего, 2011. – 576 с.
5. Головнин, О.К. Методы и средства управления транспортными процессами на основе атрибутно-ориентированных моделей: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.01 / Головнин Олег Константинович. – Самара, 2016. – 235 с.
6. Гудков, В.А. Пассажиры автомобильные перевозки: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности 240100.01 «Организация перевозок и управление на транспорте (Автомобильный транспорт)» направления подготовки дипломированных специалистов 653400 «Организация перевозок и управление на транспорте» / В.А. Гудков, Л.Б. Миротин, А.В. Вельможин, С.А. Ширяев. – Москва: Научно-техническое издательство «Горячая линия-Телеком», 2004. – 446 с.
7. Еремин, С.В. Альтернативный способ коммуникации в автомобильных сетях / Г.Г. Ягудаев, И.Э. Саакян, Э. Хамриуи и др. // Информационные технологии в управлении и моделировании мехатронных систем: материалы 1-й научно-практической международной конференции. – Тамбов: Тамбовский государственный технический университет. – 2017. – С. 243-250.
8. Липов, Р.А. Использование комплексных оценок качества услуг по перевозке пассажиров автомобильным транспортом в деятельности пассажирских автотранспортных предприятий / Р.А. Липов, В.В. Мирошников // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2011. – №3(31). – С. 56-60.
9. Володькин, П.П. Методология формирования и управления муниципальной автотранспортной системой: монография / П.П. Володькин. – Владивосток: Дальнаука, 2011. – 443 с.
10. Миротин, Л. Логистический взгляд на пассажирские перевозки / Л. Миротин, А. Игнатенко, В. Марунич // Логистика. – 2011. – №4. – С.31-33.
11. Новиков, А.Н. Оптимизация состава автобусного парка для обслуживания городского маршрута [Текст] / А.Н. Новиков, С.В. Еремин // Мир транспорта и технологических машин. – 2019. – №3(66). – С. 84-90.
12. Сатышев, С.Н. Автоматизация оперативного управления материальными потоками в подсистеме материально-технического снабжения производственного объединения: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06 / Сатышев Сергей Николаевич. – Москва, 2009. – 154 с.
13. Официальный сайт администрации города Красноярска [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.admkrsk.ru>
14. Ембулаев, В.Н. Информационное обеспечение транспортных задач в управлении перевозками пассажиров крупного города / В.Н. Ембулаев, Е.С. Недбайлова // Вологодские чтения. – 2001. – №18. – С. 12-13.
15. Воробьева, И.Б. Логистический подход к организации перевозки пассажиров в мегаполисе / И.Б. Воробьева // Транспорт Российской Федерации. – 2006. – №7(7). – С. 38-40.
16. Голенков, В.А. Комплексное обследование улично-дорожной сети города орла (на примере наугорского шоссе) / В.А. Голенков, А.Н. Новиков, Ю.Н. Баранов, А.А. Катунин, Д.Д. Матназаров // Мир транспорта и технологических машин. – 2014. – №1(44). – С. 90-98.
17. Новиков, А.Н. Управление качеством акустической среды в зоне влияния автомобильных дорог на основе автоматизированной системы экологического мониторинга / А.Н. Новиков, О.А. Иващук, В.В. Васильева // Вестник Московского автомобильно-дорожного института (государственного технического университета). – 2007. – №4 (11). – С. 90-97.
18. Новиков, А.Н. Построение модели функционирования маршрута троллейбуса / А.Н. Новиков, А.Л. Севостьянов, А.А. Катунин, А.В. Кулев // Мир транспорта и технологических машин. – 2012. – №4(39). – С. 80-87.

Еремин Сергей Васильевич

Администрация г. Красноярска

Адрес: 660049, Россия, г. Красноярск, ул. Карла Маркса, 93

К.т.н., глава г. Красноярска

E-mail: str.madi@mail.ru

S.V. EREMIN

OPTIMIZATION OF THE STRUCTURE OF THE ROLLING STOCK OF URBAN PASSENGER TRANSPORT IN A GENERAL MULTI-CRITERIA FORMULATION

Abstract. Deals with the organization of public transport services by public urban passenger transport. The proposed methodology is based on finding the optimal structure of the rolling stock fleet for reasons of minimizing the waiting time and costs of a motor transport company. The search for a

solution is based on the Pareto set and the ideal point method. Thus, the solution of choosing the composition of the park in a general multi-criteria formulation is proposed. The results of the study are presented in the form of a comparative analysis of the efficiency of the functioning of the route transport system of the city of Krasnoyarsk before and after the optimization of the rolling stock fleet.

Keywords: transport network, rolling stock fleet, passenger transport

BIBLIOGRAPHY

1. Grinchenko, A.B. Povyshenie effektivnosti upravleniya protsessami perevozk na gorodskikh avtobusnykh marshrutakh: avtoref. dis. na soisk. uchen. step. kand. tekhn. nauk (05.22.08.) / Grinchenko A.V. – M.: MADI (GTU), 2006. – 22 s.
2. Novikov, A.N. Kontseptsiya imitatsionnogo modelirovaniya, optimizatsii i proektirovaniya transportnoy infrastruktury v usloviyakh stokhasticheskoy i lingvisticheskoy neopredelennosti / A.N. Novikov, S.V. Eremin // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. – 2019. – №2(65). – S. 42-50.
3. Novikov, A.N. Metodika otsenivaniya passazhiropotokov gorodskoy seti obshchestvennogo transporta i konkretnykh parametrov marshrutnoy seti s pochasovym ob'emom perevozk / A.N. Novikov, S.V. Eremin // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. – 2019. – №4(67). – S. 50-56.
4. Vuchik, V. Transport v gorodakh, udobnykh dlya zhizni: monografiya / V. Vuchik. – Moskva: ID Territoriya budushchego, 2011. – 576 s.
5. Golovnin, O.K. Metody i sredstva upravleniya transportnymi protsessami na osnove atributno-orientirovannykh modeley: dis. ...kand. tekhn. nauk: 05.13.01 / Golovnin Oleg Konstantinovich. – Samara, 2016. – 235 s.
6. Gudkov, V.A. Passazhirskie avtomobil'nye perevozki: uchebnik dlya studentov vuzov, obuchayushchikhsya po spetsial'nosti 240100.01 «Organizatsiya perevozk i upravlenie na transporte (Avtomobil'nyy transport)» napravleniya podgotovki diplomirovannykh spetsialistov 653400 «Organizatsiya perevozk i upravlenie na transporte» / V.A. Gudkov, L.B. Mirotin, A.V. Vel'mozhin, S.A. Shiryaev. – Moskva: Nauchno-tekhnicheskoe izdatel'stvo «Goryachaya liniya – Telekom», 2004. – 446 s.
7. Eremin, S.V. Al'ternativnyy sposob kommunikatsii v avtomobil'nykh setyakh / G.G. Yagudaev, I.E. Saakyan, E. Hamrii i dr. // Informatsionnye tekhnologii v upravlenii i modelirovanii mekhatronnykh sistem: materialy 1-y nauchno-prakticheskoy mezhdunarodnoy konferentsii. – Tambov: Tambovskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet. – 2017. – S. 243-250.
8. Lipov, R.A. Ispol'zovanie kompleksnykh otsenok kachestva uslug po perevozke passazhirov avtomobil'nym transportom v deyatel'nosti passazhirskikh avtotransportnykh predpriyatii / R.A. Lipov, V.V. Miroshnikov // Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2011. – №3(31). – S. 56-60.
9. Volod'kin, P.P. Metodologiya formirovaniya i upravleniya munitsipal'noy avtotransportnoy sistemoy: monografiya / P.P. Volod'kin. – Vladivostok: Dal'nauka, 2011. – 443 s.
10. Mirotin, L. Logisticheskii vzglyad na passazhirskie perevozki / L. Mirotin, A. Ignatenko, V. Marunich // Logistika. – 2011. – №4. – S.31-33.
11. Novikov, A.N. Optimizatsiya sostava avtobusnogo parka dlya obsluzhivaniya gorodskogo marshruta [Tekst] / A.N. Novikov, S.V. Eremin // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. – 2019. – №3(66). – S. 84-90.
12. Satyshev, S.N. Avtomatizatsiya operativnogo upravleniya material'nymi potokami v podsysteme material'no-tekhnicheskogo snabzheniya proizvodstvennogo ob'edineniya: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.13.06 / Satyshev Sergey Nikolaevich. – Moskva, 2009. – 154 s.
13. Ofitsial'nyy sayt administratsii goroda Krasnoyarska [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.admkrsk.ru>
14. Embulaev, V.N. Informatsionnoe obespechenie transportnykh zadach v upravlenii perevozkami passazhirov krupnogo goroda / V.N. Embulaev, E.S. Nedbaylova // Vologdinskii chteniya. – 2001. – №18. – S. 12-13.
15. Vorob'eva, I.B. Logisticheskii podkhod k organizatsii perevozki passazhirov v megapolise / I.B. Vorob'eva // Transport Rossiyskoy Federatsii. – 2006. – №7(7). – S. 38-40.
16. Golenkov, V.A. Kompleksnoe obsledovanie ulichno-dorozhnoy seti goroda orla (na primere naugorskogo shosse) / V.A. Golenkov, A.N. Novikov, YU.N. Baranov, A.A. Katunin, D.D. Matnazarov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. – 2014. – №1(44). – S. 90-98.
17. Novikov, A.N. Upravlenie kachestvom akusticheskoy sredy v zone vliyaniya avtomobil'nykh dorog na osnove avtomatizirovannoy sistemy ekologicheskogo monitoringa / A.N. Novikov, O.A. Ivashchuk, V.V. Vasil'eva // Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo instituta (gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta). – 2007. – №4 (11). – S. 90-97.
18. Novikov, A.N. Postroenie modeli funktsionirovaniya marshruta trolleybusa / A.N. Novikov, A.L. Sevost'yanov, A.A. Katunin, A.V. Kulev // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. – 2012. – №4(39). – S. 80-87.

Eremin Sergey Vasilyevich

Krasnoyarsk Administration

Address: 660049, Russia, Krasnoyarsk, Karl Marx str., 93

Candidate of technical sciences

E-mail: str.madi@mail.ru

Научная статья

УДК 656.13

doi:10.33979/2073-7432-2022-76-1-69-77

Д.С. МИХАЛЁВА, И.С. БРЫЛЕВ

ОСНОВНЫЕ ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Аннотация. Рассмотрен рост автомобилизации, выявлены существенные причины дорожно-транспортных происшествий (ДТП), изучены статистические данные по возникновению дорожных аварий в Российской Федерации (РФ), проведен анализ причин высокого уровня совершения аварий на автомобильном транспорте, представлена методика по улучшению решения главных проблем безопасности дорожного движения (БДД).

Ключевые слова: автомобилизация, дорожно-транспортное происшествие, транспортное средство, безопасность дорожного движения

Введение

Одной из ключевых отраслей общественного производства, влияющих на развитие современного общества и на все сегменты деятельности человека, является автомобильный транспорт. С каждым годом происходит рост автомобилизации.

Автомобильный транспорт является важнейшим фактором, который определяет эффективное развитие производительных сил, с его помощью решаются вопросы потребностей населения в социально-экономическом развитии, обеспечивает территориальные связи общества. Добыча и переработка природных ресурсов, организация торговли, работа предприятий сельскохозяйственного и промышленного назначения, медицинского и бытового обслуживания населения все это невозможно без применения автомобильного транспорта.

Материал и методы

На основании статистических данных Автостата к 2021 году уровень автомобилизации в России увеличился на треть. Если на начало 2010 года парк транспортных средств исчислялся количеством 43,9 млн. единиц, то на 1 января 2021 года вырос до 58,7 млн. единиц [21]. Более детальная информация представлена ниже на рисунке 1.

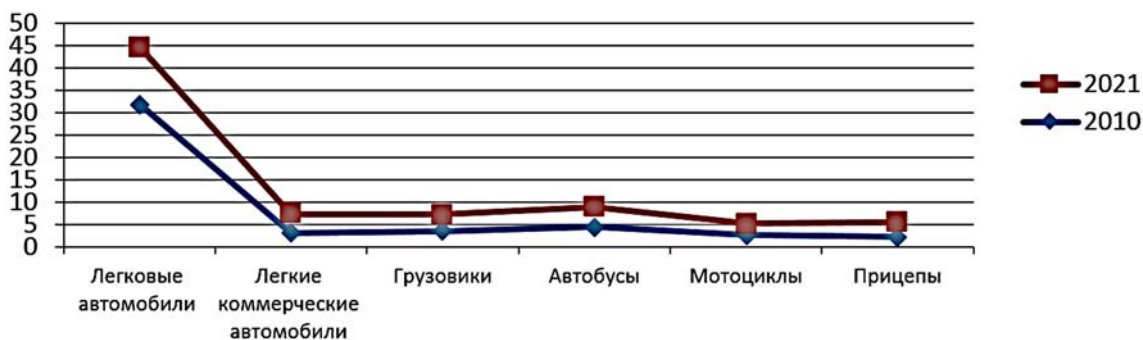


Рисунок 1 – Динамика роста парка транспортных средств в России за период 2010-2021 гг.

Увеличение автомобилизации непосредственно ведет к повышению интенсивности дорожного движения, в связи с чем, возрастает с каждым годом дорожно-транспортные происшествия (ДТП).

Под определением дорожно-транспортное происшествие (ДТП), которое описано в ПДД 1 части, пункт 1.2 – событие, возникшее в процессе движения по дороге транспортного средства и с его участием, при котором погибли или ранены люди, повреждены транспортные средства, сооружения, грузы либо причинен иной материальный ущерб [4].

Изучая статистические данные Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ) ежегодно в дорожно-транспортных происшествиях (ДТП) гибнут около 1,22 млн человек, а травмы получают до 50 млн человек по всей планете. По Российской Федерации статистика ДТП за 2016-2021 (за 1 квартал) гг. приведена ниже в таблице 1, в которой представлено общее количество дорожных аварий, число погибших и раненых [20].

Таблица 1 – Статистика ДТП по Российской Федерации за период 2016-2021 (1 квартал) гг.

Наименование	2016	2017	2018	2019	2020	январь 2021
Общее кол-во ДТП	173694	169432	168099	164358	145073	9083
Погибло, чел.	20308	20308	18214	16981	16152	1044
Ранено, чел.	221140	215374	214853	210877	183040	12038

Теория

В России основными жертвами ДТП становятся люди молодого и трудоспособного возраста от 16 до 40 лет, что напрямую влияет на состояние демографии [20]. Помимо, демографической проблемы, дорожные аварии представляют собой одну из остро социально-экономических проблем в современном мире, наносящее значительный ущерб стране, и которое составляет 2,5 % ВВП или 370 млрд. рублей.

Основными причинами возникновения дорожно-транспортного происшествия являются:

- усталость и физическое недомогание водителя;
- неопытность водителя;
- факторы, отвлекающие водителя от дороги;
- алкогольное или наркотическое опьянение;
- превышение скорости движения;
- нарушение ПДД водителями (маневрирование, обгон, несоблюдение безопасной дистанции, невыполнение требований дорожных знаков, светофоров);
- нарушение ПДД пешеходами;
- не соответствующее нормам техническое состояние транспортного средства;
- неблагоприятные погодные условия;
- некачественное дорожное покрытие;
- доступность и видимость дорожных знаков и разметки.

Дорожно-транспортная инфраструктура пока еще полностью не соответствует потребностям общества и страны в безопасном дорожном движении, а также аварийные происшествия случаются вследствие неправомερных действий водителя. Водитель, нарушая ПДД, допускает возникновения ДТП различной сложности [14].

Неисправность автомобиля, плохая дорога и конечно нарушение водителем правил дорожного движения способствует возникновению ДТП. Вина водителей в ДТП составляет более 75 % [13]. В работе по профилактике для снижения уровня аварийности на автотранспорте необходимо повышать профессиональную надежность водителей.

Профессиональное мастерство водителя это определенный набор качеств, который обеспечивает комфортное, безопасное и экономичное управление автомобилем (технические навыки, профессиональный интеллект и социально-психологические характеристики личности). Обладая этими качествами, водитель может предупредить возникновение серьезной ситуации в дорожном движении, предотвратить или минимизировать последствия ДТП.

Дается характеристика водителя как личности, для определения его склонности к повышенному риску и нарушению ПДД сознательно, что провоцирует аварии на дороге.

Водитель в активной безопасной системе является основным звеном. Он оператор транспортного средства со стандартным набором функций, к которым относятся прием информации и ее обработка, принятие решений, действия по управлению. Сфера такой профессиональной деятельности обладает очень сложной спецификой.

Каждый водитель должен обладать определенными навыками, для обеспечения безопасности на дорогах. К ним относятся:

- готовность (предельное внимание, умение давать прогноз обстановке на дороге, контролировать при этом светофоры, дорожные знаки, разметку, следить за изменениями дороги в плане и профиле и т.д.).
- надежность водителя обозначает его пригодность, которая определяется психофизиологическими и личностными качествами (прохождение медицинского освидетельствования); режима труда и отдыха влияет на работоспособность, условия труда, которые созданы на рабочем месте, здоровье, режим питания, образ жизни, который ведет водитель (употребление лекарственных средств, алкоголя или наркотиков); обученность подразумевает объем его знаний и конечно опыт, навыки, приобре-

тенные, как профессиональное обучение, так и в процессе работы; мотивация влияет на заинтересованность водителя в работе и ее результатах (оплата и условия труда) [16].

Сформирована национальная система тахографии, для того чтобы, функционировала система контроля по соблюдению водителя режима труда, а также отдыха.

На сегодняшний момент в России необходимо, чтобы в автомобильный транспорт были установлены технические средства контроля, то есть, тахографы, обеспечивающую бесперебойную, некорректируемую регистрацию информации о скорости, маршруте движения транспортного средства и соответственно соблюдения режиме труда и отдыха водителя.

Правительством Российской Федерации было утверждено Распоряжение от 22 ноября 2008 г. №1734-р «Транспортную стратегию Российской Федерации на период до 2030 года» [2]. Основной задачей является повышение уровня безопасности транспортной системы, снижения тяжести последствий ДТП, числа пострадавших и погибших.

Федеральный закон «О безопасности дорожного движения» от 10.12.1995 №196-ФЗ устанавливает общие правовые основы обеспечения безопасности дорожного движения на территории Российской Федерации [1].

В статьях Закона «О БДД» закреплены следующие требования, регламентирующие дорожное движение: основные требования при производстве, реализации и эксплуатации автомобильной техники, лицензия на деятельность, связанная с обеспечением БДД, требования к индивидуальным предпринимателям, к юридическим лицам, которые занимаются грузоперевозками и перевозкой пассажиров, к строительству дорог и их содержанию [16].

Результаты

Основной целью в системе управления по обеспечению дорожного движения в РФ является предупреждение, предотвращение и устранение явлений и опасных ситуаций и их последствий, которые угрожают жизни здоровью и имуществу граждан их имуществу, а также имуществу, которое принадлежит организациям предприятиям и учреждениям.

Также в приоритете дорожного движения в РФ стоят интересы БДД различные виды транспортных перевозок, охрана здоровья и жизни имущества граждан. Соблюдение законной защиты их прав. В области БДД устанавливаются разрешительные режимы, предупреждающие транспортные происшествия, что снижает тяжесть их последствий.

Если рассматривать БДД с правой части Конституции РФ, то это одна из гарантий конституционного права на жизнь. Для нашего государства обеспечение безопасности движения на автодорогах представляет собой комплексную общегосударственную задачу.

На Правительство РФ, федеральные, региональные органы исполнительной власти, а также на органы местного самоуправления, государством возложены ответственность и полномочия в рамках БДД.

Государство координирует как их деятельность, так и деятельность общественных объединений. А также юридических и физических лиц для предупреждения ДТП, со снижением тяжести их последствий.

Органы власти различного уровня должны взаимодействовать в структуре БДД, чтобы их деятельность была эффективной, это является приоритетной целью на федеральном уровне, а также Министерства транспорта России.

Основной задачей политики Минтранса России является улучшение безопасности процесса перевозок, которая создаст комфортные условия для всех участников дорожного движения, а то есть, водитель, пассажир и пешеход.

Устойчивость транспортной системы, в которую входит повышение безопасности в комплексе, что напрямую связано с условиями, создаваемыми для экономики, являющаяся конкурентоспособной и улучшающей качество жизни населения. Данная концепция имеет долгий путь социально-экономического развития на период до 2030 года в РФ.

В системе обеспечения активной безопасности водитель стоит на первом месте, следующим за ним – автомобиль.

Безопасная конструкция автомобиля, в первую очередь, влияет на избежание дорожных аварий, а также уменьшение тяжести последствий, без причинения вреда людям и окружающей среде. Конструктивная безопасность автомобиля подразделяется на 4 вида:

- активная безопасность означает, что автомобиль имеет в свойство по снижению вероятности возникновения ДТП или совсем его предотвратить, изменив направление движения автомобиля. От устойчивости и управляемости, от динамичности и от компоновочных параметров автомобиля (вес и габариты) также зависит активная безопасность [10, 16];

- пассивная безопасность – наличие у автомобиля свойства по уменьшению тяжести последствий ДТП, если, к сожалению, оно случилось, когда водитель не смог управлять автомобилем и изменить его движение (столкновение, наезд, опрокидывание);

- послеаварийная безопасность определяется свойством автомобиля после остановки уменьшить тяжесть последствий ДТП и предотвращение новых аварий (противопожарные мероприятия и эвакуация пассажиров и водителя);

- экологическая безопасность определяется свойством автомобиля, которое позволяет уменьшить вред окружающей среде, который ей наносят все участники дорожного движения; проводятся мероприятия по снижению токсичности уже отработанных газов и уровню шума.

Активная безопасность автомобиля имеет основные функции, назначение которых, это предотвращать внезапные отказы конструктивных систем автомобиля, которые связаны с маневрированием и возможностью для водителя уверенно производить управление механической подсистемой «Автомобиль – Дорога».

Признаки эффективной работы систем активной безопасности:

- безопасность движения: жесткость и сбалансированность подвески, и стабильность в повороте, а также мощность тормозной системы, стабильность торможения и точность рулевого управления.

- безопасность состояния водителя учитывает нагрузку на водителя, которая вызвана колебанием кузова и сиденья, шумом двигателя и ходовой части, климатической обстановкой (эти факторы необходимо минимизировать);

- безопасность восприятия – обзорность (через стекла и отсутствие мертвых зон), наружное освещение автомобиля;

- безопасность управления-элементы управления расположены логически правильно, с удобным доступом с водительского места (панель управления светом, рычажок стеклоочистителя и т.д.).

К основным системам активной безопасности относятся [18]: антиблокировочная система; антипробуксовочная система; система распределения тормозных усилий; электронная блокировка дифференциала; система курсовой устойчивости; система экстренного торможения ВА; система помощи при спуске; система помощи при подъеме; парковочная система; система информационно-навигационная.

Указанные выше системы активной безопасности автомобиля являются высокотехнологичными и быстроразвивающимися изделиями, с помощью которых водитель может избежать аварии. Но важно соблюдать все правила и требования по управлению ТС.

Система пассивной безопасности активируется, когда водитель не смог избежать аварии.

Данная система обеспечивает: уменьшение инерционных нагрузок, которые действуют на пассажира в момент столкновения, ограничение перемещения, как водителя, так и пассажиров в кабине, защиту водителя и пассажиров от травм и увечий при ударе о внутренние поверхности кабины водителя, устранение возможности выбрасывания пассажиров и водителя из кабины в момент столкновения и обеспечения беспрепятственной эвакуации их из аварийного автомобиля.

К обеспечению безопасности водителя и пассажиров в автомобиле также можно отнести различные конструкции ремней безопасности, системы пневматических подушек безопасности, специальные конструкции сиденья автомобиля, влияние рулевой колонки и повышенные требования к ветровым стеклам.

Развитие и усовершенствование конструкций автомобилей, а также приспособление организма человека к движению с большей скоростью позволяют достигнуть огромных скоростей. На протяжении двух десятилетий разрешаемая максимальная скорость с учетом требований безопасности увеличилась втрое.

Рост скорости заставил внести изменения в разработку конструкции автомобиля, так как необходимо, чтобы современные автомобили обладали эффективным торможением, стабилизацией колес и современными методами управления автомобилем.

За последние десятилетия произошли колоссальные изменения в конструкциях автомобиля, были проведены работы по усовершенствованию шин (качество сцепления с дорожным покрытием, а также влияние на окружающую среду), рулевое управление, тормоза, сигнально-осветительные приборы, а также автоматизация управления автомобилем, улучшенный обзор дороги [18, 19].

Разработчики автомобилей достаточно быстро усовершенствуют современные автомобили, делая их более устойчивыми, маневренными, с большим запасом мощности для обгона.

На процесс движения транспортных средств огромное влияние оказывают дорожные условия.

Выбор скорости зависит от состояния дорожного покрытия, наличием качественной инфраструктуры УДС и уровнем совершенства управления дорожным движением.

Одним из показателей уровня развития страны является качество и состояние дорог, их разветвленность. Большие экономические потери могут быть связаны с неудовлетворительным состоянием дороги малоразвитой сетью дорог.

К факторам, влияющим на дорожные условия и, которые снижают безопасность движения, относятся [7-8]:

- геометрические элементы дороги не соответствуют необходимым размерам (ширине проезжей части, путепроводам, габаритам мостов, уклон и т.п.) фактической скорости движения автомобиля;
- неудовлетворительное состояние проезжей части и обочин дорог;
- сочетание элементов плана и профиля на соседних участках продуманно неудачно, что приводит к возрастанию, а затем резкому снижению скорости движения транспортного средства;
- массивные препятствия расположены неправильно (дорожные знаки, освещения и т.д.);
- небольшое количество информации о полосах движения, границах проезжей части, об опасных участках их форме и протяженности, об отсутствии заграждений, которые удерживают автомобиль от переезда на разделительную полосу и съезда с дороги; ограничении движения автомобиля;
- ночью плохая видимость: атмосферные осадки, туман и гололед.

Следующим фактором, влияющие на БДД являются погодные условия. От видимости зависит 95 % информации, которая необходима для управления транспортным средством.

Серьезным препятствием для обеспечения видимости дорог является туман. Попутные столкновения транспортных средств является самым частым видом аварии происходящих в условиях недостаточной видимости. Из-за этого на автомобильных дорогах уменьшается в разы скорость движения, и искажается видимость расстояния по отношению к другим участникам движения. В тумане скорость меньше, чем она есть на самом деле, а до встречного автомобиля дистанция, кажется больше. Очень сильно снижается острота зрения, так как начинают уставать и болеть глаза во время долгого движения в условиях тумана.

От наличия количества и характера осадков зависит безопасность на дороге, так как ухудшается видимость, изменяется ощущение расстояния и нарушается качество сцепления шин с дорожным покрытием.

Необходимо производить вовремя замену сезонных шин, которые соответствуют ТР ТС 018/2011, утвержденный Решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. №877 [3].

Во время дождя также снижается видимость и изменяется сцепление шин с дорожным покрытием. Опасность в такую погоду представляют ямы, которые заливаются водой, дорога кажется ровной, но это обманчиво. Попадая колесом в яму можно не только деформировать колесный диск, но и вырвать подвеску или что хуже произойдет опрокидывание автомобиля. Нельзя превышать скорость, так как может произойти частичное потеря сцепления (аквапланирование), автомобиль потеряет управление, что приведет к ДТП.

Необходимо включать габаритные огни и ближний свет, нельзя резко тормозить, совершать обгон и менять полосу движения.

В зимний период опасностью становится снег и гололед, ухудшается видимость, сужается проезжая часть, водители не сразу привыкают к погоднo-климатическим условиям, что приводит к резкому снижению БДД [17].

Для того чтобы повысить БДД в погоднo-климатические условия, необходимо чтобы дорожно-эксплуатационные службы получали вовремя прогноз погоды для проведения организационно-профилактических организаций по обеспечению БДД. Эти службы должны передавать информацию в организации теле- и радиовещания о состоянии дорог и загрузки на них.

Современные ПДД установлены Постановлением Правительства РФ от 23.10.1993 №1090 (ред. от 31.12.2020) «О Правилах дорожного движения» (вместе с «Основными положениями по допуску транспортных средств к эксплуатации и обязанности должностных лиц по обеспечению безопасности дорожного движения») (с изменениями и дополнениями, вступившие в силу с 01.03.2021) [4].

С каждым годом происходят изменения и нововведения в ПДД, связанные с улучшением безопасности дорожного движения.

С 1 марта 2021 года произошло ряд изменений в ПДД:

- вводится новый дорожный знак 6.22 «Фотовидеофиксация», на замену знака дополнительной информации (табличке) 8.23, который будет производить фиксацию нарушений ПДД;
- изменение правил технического осмотра (ТО), обязательные требования прохождения его на специализированных пунктах ТО, а также фотофиксация процесса техосмотра, с дальнейшим занесением в ЕАИСТО и хранением в базе в течение 5 лет. Это позволит исключить оформления поддельных диагностических карт.

К участкам концентрации ДТП относятся те участки, где уровень фактической аварийности превышает установленные критические значения, которые возникли благодаря неблагоприятным дорожным условиям.

Основные группы дорожных факторов, которые способствуют возникновению участков концентрации ДТП:

- наличие различных дефектов покрытия проезжей части и обочин, инженерного оборудования и технических средств организации дорог, которые снижают безопасность дорожного движения;

Равномерный режим движения ТО не обеспечивают сочетание сложных геометрических элементов трассы:

- не соблюдены нормы на кривых в плане и в продольном профиле расстояния видимости проезжей части и встречных автомобилей;
- нарушение ясности дальнейшего направления дороги и зрительной плавности трассы;
- не соответствуют установленным требованиям планировки и схемы организации движения разделения, пересечение и слияние транспортных потоков на пересечении и примыкании дорог;
- параметры геометрических элементов трассы дороги не соответствуют состоянию покрытия и придорожной обстановке;
- неожиданное появление пешеходов на проезжей части происходит из-за отсутствия в нужных местах оборудованных пешеходных переходов;
- нормативные требования к расстоянию видимости приближающихся поездов и отсутствие, а также дефекты инженерного оборудования на железнодорожных переездах, находящихся в эксплуатации.

Перечень других факторов приведен в «Правилах учета и анализа ДТП на автомобильных дорогах РФ» [14].

Все факторы, которые указаны, могут приводить к возникновению концентрации ДТП, так как происходят отклонения показателей технического уровня, дорожных сооружений, уровня содержания дорог, степени эксплуатации и нормативных значений, которые допускаются в соответствии с условиями безопасности движения.

Разработаны и применяются статистические методы, которые основаны на анализе распределения фактических данных о ДТП на рассматриваемой дорожной сети для того, чтобы выявить участки концентрации ДТП на дорогах находящихся в общем пользовании.

Проводятся мероприятия для повышения на участках концентрации ДТП по повышению безопасности дорожного движения. К ним относятся:

- выявление и диагностика участков концентрации ДТП;
- в местах концентрации ДТП обеспечивать реконструкцию и строительство дорог, их содержание, которое уменьшит аварийность на участках концентрации ДТП.

Также, на проблемы безопасности дорожного движения влияет экспертиза ДТП. Автотехническая экспертиза на научно-обоснованных данных разъясняет характеристику процесса ДТП в разных аспектах, выявляет объективные причины ДТП и разных его участниках. Таким образом, эксперт-автотехник выясняет, что стало причиной ДТП, был ли несчастный случай или были нарушены требования безопасности движения участниками данного ДТП [9, 11, 12].

К основным методам анализа ДТП относятся: инженерные расчеты, оценка действия участников ДТП, полное исследование места ДТП и моделирование ситуации.

Благодаря постоянному развитию компьютерных технологий и использование обновленных программ (Coreldraw, Carat-3, Virtual CRASH 3.0 и др.) позволяет смоделировать ДТП, получить данные с помощью фотограмметрических съемок, лазерного сканирования и съемок GPS.

Задачи, которые возникают в процессе экспертизы:

- необходимость объединения данных в систему и проведение критического анализа обстоятельств, приведших к ДТП;
- исследование и проведение анализа данных причин;
- проведение технического исследования;
- проверить на наличие нарушений Правил дорожного движения (ПДД) участников ДТП и нормативно-правовых актов.

Данные, которые предоставляют эксперты после совершения ДТП помогут в усовершенствовании организации дорожного движения, для того чтобы, впоследствии, снизить аварийность на «проблемных» участках дороги.

Таким образом, активно развивающиеся и совершенствующиеся компьютерные программы имеют большое значение в экспертных исследованиях, упрощая проведение экспертизы, делая ее более точной.

Обсуждение

От точных действий авто-эксперта при проведении экспертизы будет зависеть судьба и денежная компенсация пострадавшего в ДТП. Поэтому необходимо внедрять современные технологии для разработки методов проведения автотехнических экспертиз с точными данными ДТП, в связи с увеличением дорожных происшествий в РФ.

Во исполнение Указа Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 года №204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» объединяет 4 федеральных проекта [5, 22]:

- «Безопасность дорожного движения»;

- «Общесистемные меры по развитию дорожного хозяйства»;
- «Дорожная сеть»;
- «Автомобильные дороги Минобороны России».

Национальный проект имеет такие задачи, как сокращение дорожно-транспортных происшествий, сокращение погибших и пострадавших лиц при дорожных авариях к нулевому уровню смертности.

Минтранс разработал паспорт национального проекта, который имеет название «Безопасные и качественные автомобильные дороги». Данный нацпроект должен быть реализован с декабря 2018 года по 2024 год (включительно).

К концу 2020 года был проведен мониторинг первых объектов, где был завершен ремонт в рамках БКАД. В 16 регионах реализовано 90 % всех мероприятий. В 8 субъектах уровень работ не превысил 35 %. Количество региональных трасс за 6 лет должна увеличиться до 50 %. К 2024 году смертность ДТП должна снизиться в 3,5 раза, количество аварийно-опасных участков дорог вдвое.

Частью БКАД является федеральный проект «Дорожная сеть». Из федерального бюджета выделено 111,2 млрд. рублей. Региональное софинансирование согласно паспорту нацпроекта составляет 478,3 млрд. рублей [6, 23]. Не все субъекты РФ успевают освоить деньги в срок. Федеральный центр дал рекомендацию в кратчайшие сроки ликвидировать отставание региональным проектным офисам. Проблемы возникли в НАО, что связано с определенным географическим положением округа, который не имеет постоянного наземного сообщения с «большой землей».

Выводы

Для того чтобы, достигнуть высоких результатов реализации нацпроекта в регионах, необходимо иметь квалифицированные управленческие кадры, а также, чтобы ресурсы, которые предоставлены для реализации нацпроекта, были использованы аккуратно, качественно и в установленный срок.

По статистическим данным динамика целевых показателей нацпроекта показывает, что часть автомобильных дорог регионального значения к 2021 году составляет – 45,8 %, к 2024 году должна составить – 50,9 %; часть дорожных сетей городских агломерация к 2021 – 60 %, к 2024 году – 85 %; часть автомобильных дорог федерального и регионального значения к 2021 – 9,7 %, к 2024 году – 9,1 %; количество мест концентрации ДТП (аварийно-опасные участки) к 2021 – 75,1 %, к 2024 году – 50 %; снижение смертности в результате ДТП к 2021 – 9,8 %, к 2024 году – 0 %. Количество законтрактованных объектов в 2021 году составляет 4885 объектов [20, 24].

Утвержден Указом Президента от 21.07.2020 №474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» в 2021 году паспорт с внесенными изменениями нацпроекта «Безопасные и качественные дороги» [6, 25]. В 2021 году дан старт для реализации федеральных проектов «Развитие федеральной магистральной сети» и «Модернизация пассажирского транспорта в городских агломерациях».

Минпросвещение России внедрило практические инструменты развития системы профилактики детского дорожно-транспортного травматизма, а также разработка учебно-методического комплекса для образовательных организаций.

С 2021 году нацпроект реализовывается на территории 84 субъектах РФ. С этого года в паспорте нацпроекта появились показатели оценки граждан в удовлетворенности доступности и качеством дорог, качеством обслуживания транспорта, а также безопасности дорожного движения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О безопасности дорожного движения: Федеральный закон от 10 дек.1995 г. №196-ФЗ.
2. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года: распоряжение Правительства Российской Федерации от 22 нояб. 2008 г. №1734-р.
3. О принятии технического регламента Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств»: решение Комиссии Таможенного союза от 09 дек. 2011 г. №877. – 2021.
4. О Правилах дорожного движения: Постановление Правительства РФ от 23 окт. 1993 г. №1090. – 2020.
5. О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года: Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. №204.
6. О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года: Указ Президента от 21 июля 2020 г. №474.
7. ГОСТ Р 50597-93 Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности движения. - М. Стандартинформ, 2005.
8. ГОСТ Р 52289-2004 Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств. – М. Стандартинформ, 2005.
9. Евтюков, С.А. Экспертиза ДТП: методы и технологии / С.А. Евтюков, Я.В. Васильев. – СПбГАСУ. – СПб., 2012. – 310 с.

10. Боровский, Б.Е. Безопасность движения автомобильного транспорта / Б.Е. Боровский. – Л.: Лениздат, 1984. – 304 с.
11. Суворов, Ю.Б. Судебная дорожно-транспортная экспертиза: учебное пособие / Ю.Б. Суворов. – М.: Экзамен, Право и закон, 2003. – 185 с.
12. Пучкин, В.А. Основы экспертного анализа ДТП: База данных. Экспертная техника. Методы решения / В.А. Пучкин. – Ростов-на-Дону: ИПО ПИ ЮФУ, 2012. – 400 с.
13. Технические правила ремонта и содержания автомобильных дорог: ВСН 24-88 / Минавтодор РСФСР. – М.: Транспорт, 1989. – 198 с.
14. Правила учета и анализа дорожно-транспортных происшествий на автомобильных дорогах Российской Федерации (Взамен ВСН 15-87) / ФДС России. – М., 1998. – 81 с.
15. Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог: ВСН 6-90 / М., 1990. – 172 с.
16. Указания по обеспечению безопасности дорожного движения на автомобильных дорогах. ВСН 25-86 / Минавтодор РСФСР. – М.: Транспорт, 1988. – 183 с.
17. Руководство по оценке пропускной способности автомобильных дорог. Минавтодор РСФСР / М.: Транспорт, 1982. – 88 с.
18. Временное руководство по оценке уровня содержания автомобильных дорог: ФДС России / М. – 1997. – 62 с.
19. Рекомендации по оценке эффективности дорожно-ремонтных работ / М.:Транспорт, 1991. – 24 с.
20. Официальные данные о ДТП в России за 2016-2021 г.г. [Электронный ресурс]: официальный сайт Росстат. – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/>
21. Официальные данные динамики роста парка транспортных средств в России за период 2010-2021г.г. [Электронный ресурс]: официальный сайт Автостат. – Режим доступа: <https://www.autostat.ru/research/>
22. Голенков, В.А. Оптимизация организации движения на основе имитационного моделирования / В.А. Голенков, А.Н. Новиков, А.А. Катунин, Ю.Н. Баранов, Д.Д. Матназаров // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2015. – №3(73). – С. 5-7.
23. Новиков, А.Н. Повышение безопасности перевозки опасных грузов на основе использования глобальных навигационных спутниковых систем / А.Н. Новиков, А.П. Трясцин, С.В. Кондратов; под общей редакцией А.Н. Новикова // Информационные технологии и инновации на транспорте: материалы международной научно-практической конференции. – 2015. – С. 52-57.
24. Новиков, А.Н. Управление качеством акустической среды в зоне влияния автомобильных дорог на основе автоматизированной системы экологического мониторинга / А.Н. Новиков, О.А. Иващук, В.В. Васильева // Вестник Московского автомобильно-дорожного института (государственного технического университета). – 2007. – №4 (11). – С. 90-97.
25. Кондратов, С.В. Повышение безопасности перевозок опасных грузов при помощи выбора оптимального маршрута / С.В. Кондратов, А.Н. Новиков // Современные материалы, техника и технологии. – 2015. – №3(3). – С. 128-132.

Михалёва Дарья Сергеевна

Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева

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

Аспирант

E-mail: dasha-170196@mail.ru

Брылёв Илья Сергеевич

Санкт-Петербургский архитектурно-строительный университет

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

К.т.н., доцент кафедры наземных транспортно-технологических машин

E-mail: tm@spbgasu.ru

D.S. MIKHALEVA, I.S. BRYLEV

THE MAIN WAYS TO SOLVE THE PROBLEM OF THE ROAD SAFETY

Abstract. This article examines the growth of motorization, identifies the main causes of road accidents, presents statistics of road accidents in the Russian Federation, analyzes the causes of a high level of accidents in road transport, presents a methodology for improving the solution of the main problems of road safety.

Keywords: motorization, traffic accident, vehicle, road safety

BIBLIOGRAPHY

1. O bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya: Federal'nyy zakon ot 10 dek.1995 g. №196-FZ.

2. Transportnaya strategiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 god: rasporyazhenie Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 22 noyab. 2008 g. №1734-r.
3. O prinyatii tekhnicheskogo reglamenta Tamozhennogo soyuza «O bezopasnosti kolesnykh transportnykh sredstv» [Tekst]: reshenie Komissii Tamozhennogo soyuza ot 09 dek. 2011 g. №877. – 2021.
4. O Pravidakh dorozhnogo dvizheniya: Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 23 okt. 1993 g. №1090. – 2020.
5. O natsional'nykh tselyakh i strategicheskikh zadachakh razvitiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2024 goda: Ukaz Prezidenta Rossiyskoy Federatsii ot 7 maya 2018 g. №204.
6. O natsional'nykh tselyakh razvitiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda: Ukaz Prezidenta ot 21 iyulya 2020 g. №474.
7. GOST R 50597-93 Avtomobil'nye dorogi i ulitsy. Trebovaniya k ekspluatatsionnomu sostoyaniyu, dostupimomu po usloviyam obespecheniya bezopasnosti dvizheniya. – M. Standartinform, 2005.
8. GOST R 52289-2004 Tekhnicheskie sredstva organizatsii dorozhnogo dvizheniya. Pravila primeneniya dorozhnykh znakov, razmetki, svetoforov, dorozhnykh ograzhdeniy i napravlyayushchikh ustroystv [Tekst]. – M. Standartinform, 2005.
9. Evtyukov, S.A. Ekspertiza DTP: metody i tekhnologii / S.A. Evtyukov, Ya.V. Vasil'ev. – SPbGASU. – SPb., 2012. – 310 s.
10. Borovskiy, B.E. Bezopasnost' dvizheniya avtomobil'nogo transporta / B.E. Borovskiy. – L.: Lenizdat, 1984. – 304 s.
11. Suvorov, Yu.B. Sudebnaya dorozhno-transportnaya ekspertiza: uchebnoe posobie / Yu.B. Suvo-rov. – M.: Ekzamen, Pravo i zakon, 2003. – 185 s.
12. Puchkin, V.A. Osnovy ekspertnogo analiza DTP: Baza dannykh. Ekspertnaya tekhnika. Metody resheniya / V.A. Puchkin. – Rostov-na-Donu: IPO PI YUFU, 2012. – 400 s.
13. Tekhnicheskie pravila remonta i sodержaniya avtomobil'nykh dorog: VSN 24-88 / Minavtodor RSFSR. – M.: Transport, 1989. – 198 s.
14. Pravila ucheta i analiza dorozhno-transportnykh proisshestviy na avtomobil'nykh dorogakh Rossiyskoy Federatsii (Vzamen VSN 15-87) / FDS Rossii. – M., 1998. – 81 s.
15. Pravila diagnostiki i otsenki sostoyaniya avtomobil'nykh dorog: VSN 6-90 / M., 1990. – 172 s.
16. Ukazaniya po obespecheniyu bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya na avtomobil'nykh dorogakh. VSN 25-86 / Minavtodor RSFSR. – M.: Transport, 1988. – 183 s.
17. Rukovodstvo po otsenke propusknoy sposobnosti avtomobil'nykh dorog. Minavtodor RSFSR / M.: Transport, 1982. – 88 s.
18. Vremennoe rukovodstvo po otsenke urovnya sodержaniya avtomobil'nykh dorog: FDS Rossii / M. – 1997. – 62 s.
19. Rekomendatsii po otsenke effektivnosti dorozhno-remontnykh rabot / M.:Transport, 1991. – 24 s.
20. Ofitsial'nye dannye o DTP v Rossii za 2016-2021 g.g. [Elektronnyy resurs]: ofitsial'nyy sayt Rostat. – Rezhim dostupa: <https://rosstat.gov.ru/>
21. Ofitsial'nye dannye dinamiki rosta parka transportnykh sredstv v Rossii za period 2010-2021g.g. [Elektronnyy resurs]: ofitsial'nyy sayt Avtostat. – Rezhim dostupa: <https://www.autostat.ru/research/>
22. Golenkov, V.A. Optimizatsiya organizatsii dvizheniya na osnove imitatsionnogo modelirovaniya / V.A. Golenkov, A.N. Novikov, A.A. Katunin, Yu.N. Baranov, D.D. Matnazarov // Nauka i tekhnika v dorozhnoy ot-rasli. – 2015. – №3(73). – S. 5-7.
23. Novikov, A.N. Povyshenie bezopasnosti perevozki opasnykh gruzov na osnove ispol'zovaniya global'nykh navigatsionnykh sputnikovykh sistem / A.N. Novikov, A.P. Tryastin, S.V. Kondratov; pod obshechey redaktsiey A.N. Novikova // Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. – 2015. – S. 52-57.
24. Novikov, A.N. Upravlenie kachestvom akusticheskoy sredy v zone vliyaniya avtomobil'nykh dorog na osnove avtomatizirovannoy sistemy ekologicheskogo monitoringa / A.N. Novikov, O.A. Ivashchuk, V.V. Vasil'eva // Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo instituta (gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta). – 2007. – №4 (11). – S. 90-97.
25. Kondratov, S.V. Povyshenie bezopasnosti perevozok opasnykh gruzov pri pomoshchi vybora optimal'nogo marshruta / S.V. Kondratov, A.N. Novikov // Sovremennye materialy, tekhnika i tekhnologii. – 2015. – №3(3). – S. 128-132.

Mikhaleva Dar'ya Sergeevna

Orel State University

Address: 302030, Russia, Orel, Moskovskaya str., 77

Postgraduate

E-mail: dasha-170196@mail.ru

Brylev Ilya Sergeevich

Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering

Address: 190005, Russia, St. Petersburg,

2nd Krasnoarmeyskaya str., 4

Candidate of technical sciences

Email: tm@spbgasu.ru

Научная статья

УДК 656.13

doi:10.33979/2073-7432-2022-76-1-78-85

В.Н. БАСКОВ, А.В. ИГНАТОВ

ОЦЕНКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ ВОДИТЕЛЯ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА

***Аннотация.** Рассмотрены вопросы оценки работоспособности водителя, а также показателей его физического состояния. Описаны основные компоненты надежности водителя, причины снижения его работоспособности. Рассмотрено влияние длительности управления автомобилем, режима работы, опьянения на состояние аварийности. Дана характеристика утомления водителя с точки зрения психологического процесса. Описан механизм возникновения зрительного утомления и его влияния на процесс управления транспортным средством. Представлен расчет физической работы водителя и его составляющих (динамическая и статическая). Приведены методы регистрации и оценки уровня утомляемости водителя. Дана оценка возможности использования бортовой системы по распознаванию психофизиологического состояния водителей.*

***Ключевые слова:** водитель, работоспособность, утомляемость, безопасность, надежность, транспортный процесс, энергозатраты*

Введение

За последние годы произошли качественные изменения технико-эксплуатационных показателей работы автомобилей и условий труда водителей. Однако, возможности современных транспортных средств используются далеко не полностью. Возможности эффективного функционирования системы «Водитель – Автомобиль – Дорога – Среда» не реализованы в полной мере, особенно в звене «Водитель – Автомобиль». Это происходит из-за плохой адаптации возможностей водителя к возможностям автомобиля. Вопросам психофизиологии водителя посвящены следующие работы [1-10].

В значительной степени это объясняется отсутствием современных средств контроля за режимом работы водителя и оценки его энергетических затрат при управлении автомобилем, что приводит к неэффективной, а зачастую и не безопасной эксплуатации автомобиля. Это же ограничивает возможность планирования оптимального режима труда и отдыха водителей и как следствие низкой производительности труда.

Эффективность работы автомобильного транспорта в свою очередь обусловлена четкой организацией перевозочного процесса, учетом и контролем работы автомобиля на линии, высокой работоспособностью водителя и контролем его режима труда и отдыха. На сегодняшний день для контроля за перевозочным процессом используются различные методы и устройства. Наиболее распространенным является внедрение спутниковой системы мониторинга ГЛОНАСС/GPS. Другим не менее эффективным методом учета работы автомобиля и водителя является установка тахографа. Он регистрирует скорость движения транспорта, его пробег, направление, время труда и отдыха, продолжительность остановок и т.п. Однако, указанные методы регистрируют показатели работы автомобиля и водителя, но не учитывают его физическое состояние и работоспособность.

В процессе вождения автомобиля водитель совершает физиологическую работу уровень напряженности которой определяют дорожно-транспортные, климатические условия, режимы движения автомобиля и психофизиологическое состояние водителя.

Материал и методы

Известно, что надежность водителя – это его способность гарантированно выполнять возложенные на него функции в определенный период времени без сбоев и нарушений, то есть без дорожно-транспортных происшествий.

Надежность водителя включает в себя следующие группы компонентов:

- медицинские – отсутствие заболеваний при которых противопоказана работа водителем;
- психофизиологические – личностные характеристики водителя (память, время реакции, зрение, кровяное давление и т.д.), способные привести к ошибкам при управлении автомобилем и принятию решений в критических ситуациях;
- профессиональные – наличие опыта и навыков вождения, позволяющих обеспечивать безопасность вождения автомобиля в любых дорожных условиях;
- социально-психологические – личностные характеристики водителя (уровень общей культуры, ответственность, дисциплина и т.д.), характеризующие его поведение при управлении транспортным средством.

Надежность водителя традиционно характеризуют следующие показатели – время реакции (простое и сложное), время адаптации и величина кожно-гальванической реакции (КГР) [11]. Показатели, характеризующие состояние водителя приведены на рисунке 1.



Рисунок 1 – Показатели оценки состояния водителя

Ключевое место среди показателей надежности водителя занимает работоспособность, отражающая высокую производительность труда.

В действующем российском законодательстве есть усредненные требования к режиму труда и отдыха водителей, однако, так как работа водителя характеризуется высокой напряженностью и психологическими перегрузками, то необходимо устанавливать особый режим труда и отдыха, поддерживающий высокую работоспособность.

Снижение работоспособности водителя связано с:

- неспособностью водителя безопасно управлять транспортным средством (как правило, это вызвано низкими психофизиологическими характеристиками и т.д.);
- осознанным нарушением Правил дорожного движения из-за низкой культуры и правосознания;
- незнанием правил безопасного вождения (пробелы в знаниях Правил дорожного движения, автомобильного оборудования, основ безопасности движения);
- причиной невозможности безопасного вождения является отсутствие профессиональных навыков водителя.

Теория / расчет

Кривая работоспособности водителя имеет три фазы (рис. 2 и 3):

- 1) вработывание;
- 2) устойчивая работоспособность;
- 3) падение работоспособности в результате утомления.

В первой фазе водители могут неправильно оценивать уровень своей работоспособности, результатом чего является осуществление рискованных маневров, к выполнению которых водители объективно не готовы.

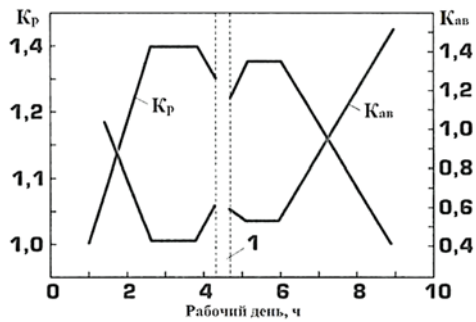


Рисунок 2 – Кривая работоспособности в течении рабочего дня

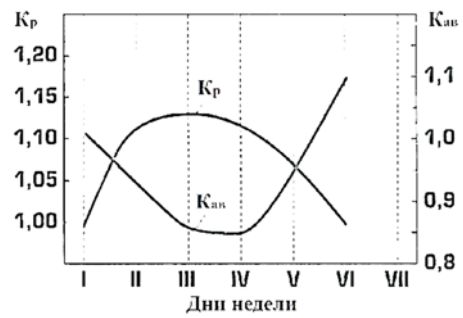


Рисунок 3 – Кривая работоспособности в течении недели

Изменение коэффициента аварийности $K_{ав}$ в зависимости от времени управления представлено на рисунке 4.

Опасность употребления алкоголя (рис. 5) связана с тем, что после употребления алкоголя даже в малых дозах снижается интенсивность внимания, сужается поле зрения, нарушаются мыслительные процессы и процесс памяти, а также увеличивается время реакции. В результате снижается точность и скорость приема и обработка информации, нарушается координация движений, ухудшается точность реализации плана действий. Таким образом, риск возникновения ДТП с более тяжкими последствиями у водителя, находящегося в состоянии опьянения (в т.ч. наркотического и токсического) резко возрастает [12].

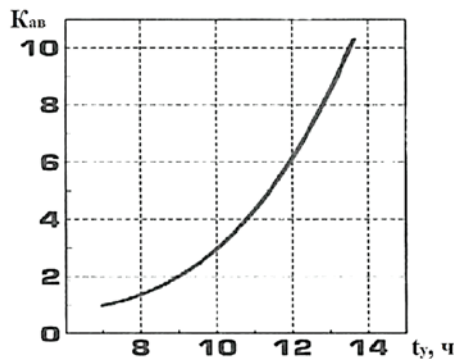


Рисунок 4 – Кривая аварийности от времени управления

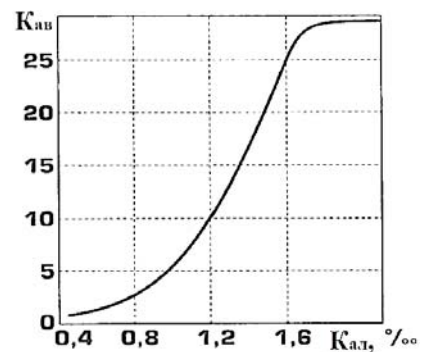


Рисунок 5 – Изменение коэффициента аварийности $K_{ав}$ в зависимости от степени опьянения

Анализ рисунков 1-5 показывает снижение работоспособности и рост аварийности в зависимости от времени управления автомобилем и количества алкоголя в крови.

Как было показано выше, на снижение работоспособности водителей также влияет утомление.

Утомление – это закономерный процесс временного снижения работоспособности, наступающий в результате любой деятельности.

Психическая деятельность водителя связана с непрерывной обработкой поступающей разнообразной информации о параметрах дорожной обстановки. Переизбыток информации, равно как и ее недостаток становится причиной утомления. Не последнее значение имеет и характер поступающей информации. То есть в монотонных условиях движения (например, движение по равнинной дороге с однообразным окружением) водитель быстрее ощутит усталость, нежели в быстромеменяющихся дорожных условиях [13].

Утомление становится причиной снижения остроты зрения, сужения поля зрения, нарушения точности и координации управляющих действий, увеличения времени реакции, ухудшение прогнозирования дорожно-транспортной ситуации.

В соответствии с результатами исследований [14] через 8 часов непрерывной работы у водителя дальность различимости предметов снижается на 20 %. При длительности управления автомобилем от 7 до 12 часов водители совершают ДТП в 2 раза чаще, а при длительно-

сти более 12 часов – в 9 раз чаще (причем у таких водителей количество ДТП со смертельным исходом в 1,5 раза больше), чем при продолжительности работы менее 7 часов.

В состоянии утомления у водителя происходит нарушение сложных видов психологической деятельности, что является причиной снижения готовности водителя к предотвращению экстренной ситуации. Именно по этой причине многие производители автомобилей разрабатывают системы контроля усталости водителя, основанные на постоянном мониторинге траектории движения автомобиля и оценке физиологического состояния водителя с помощью видеокамер и датчиков, фиксирующих состояние водителя по параметрам тела водителя в целом и работы отдельных его частей (частота опускания век, положение головы, наклон тела и т.д.).

Таким образом, напряженность труда водителя характеризуется уровнем выполняемой физической работы и его психофизиологического состояния при этом. Контроль уровня физической работы и психофизиологического состояния может быть прямым и косвенным. Прямое измерение уровня физической работы связано с определенными трудностями в выборе параметров уровня усталости и физической работы. Для измерения этих параметров требуется разработка специальных приборов и устройств. Поэтому используют косвенные методы и показатели напряженности труда водителя. Для этого в настоящее время разрабатываются и создаются бортовые информационные системы, использующие методы автоматической параметрической идентификации и оценивания с использованием теории оценивания.

Исследования, выполненные в СГТУ имени Гагарина Ю.А., показывают, что состояние и уровень работоспособности водителя зависит от его энергетических затрат при управлении автомобилем, зависящих от эргономики транспортного средства и условий его эксплуатации [15].

Физическая работа водителя подразделяется на динамическую (зависит от величины усилий водителя на органы управления) и статическую (удержание элементов управления транспортного средства в неподвижном состоянии) [16].

Суммарная величина физической работы водителя, рассчитывается следующим образом:

$$A_{\text{физ}_n} = A_{\text{д}} \cdot K, \quad (1)$$

где $A_{\text{д}}$ – величина динамической работы;

K – коэффициент, учитывающий удерживание элементов управления автомобилем, перенос рук, ног, головы и т.д.

$$A_{\text{д}_n} = \sum_{i=1}^R P_i \cdot l_i \cdot n_i, \quad (2)$$

где P_i – нормативная величина на i -ый орган управления автомобилем, кг;

l_i – средняя величина перемещения i -ого органа управления, м;

n_i – количество перемещений i -ого органа управления.

Работа водителя в процессе торможения рассчитывается, как:

$$A_{F_n} = A_1 + A_2, \quad (3)$$

где $A_1 = \int_{X_n} F_n dX_n$ – работа, затраченная на приведение в действие тормозной системы при перемещении педали X_n ;

$A_2 = F_n X_{nz}$ – работа, затраченная на удержание педали при торможении автомобиля с коэффициентом торможения z .

Работа A_2 представляет собой энергию, затраченную водителем при неподвижной педали тормоза с усилием F_n , так как при удержании ноги в неподвижном состоянии мышцы постоянно сокращаются, следовательно, работа ноги фактически является динамической.

Определенное количество затрачиваемой водителем энергии приходится на эмоциональное напряжение в условиях быстро меняющейся дорожной обстановки, при осуществлении маневров и т.д. [17]. Следовательно, необходимо учитывать ряд факторов, способствующих возникновению эмоционального напряжения. К таким факторам относится число обгонов или разездов транспортного средства на 1 км пути следования, которое рассчитывается как:

$$n_0 = \frac{N_{np}^2 t_0}{V \cdot 3600} \cdot \ell \frac{N_{нов} \cdot \Theta_0}{3600}, \quad (4)$$

где N_{np}, N_h – соответственно интенсивности прямого и встречного направления;

V – скорость движения, км/ч;

V_0 – скорость свободного движения;

t_0 – минимальный интервал между автомобилями в рассматриваемом потоке, $t_0 = 2,5 - 3,0$ сек.;

Θ_0 – интервал во встречном потоке, достаточный для обгона (20-30 сек.).

Число разъездов, которое совершит один автомобиль за время проезда отрезка дороги, длиною 1 км (в случае $N=N_{np}=N_{нов}$) равно:

$$n_p = \frac{2N}{V}. \quad (5)$$

Энергозатраты водителя, возникающие при управлении транспортным средством в условиях движения по криволинейному участку дороги определяются кривизной трассы q , радиусом кривой и скоростью движения:

$$q = \frac{K}{L}, \quad (6)$$

где K и L – соответственно, длина криволинейного и прямого участка трассы (из расчета на 1 км).

Результаты и обсуждение

Энергозатраты водителя, направленные на осуществление торможения и переключения передач транспортного средства имеют следующие значения: двойной выжим сцепления требует усилия в $\rho = 0,45$ кг, переключение передачи – $\rho = 0,4$ кг.

С целью увеличения точности оценки работоспособности и нормирования времени работы водителя при управлении транспортным средством в режиме реального времени необходима разработка методики и аппаратуры, регистрирующей энергозатраты водителя в различных дорожных условиях.

С другой стороны, от физиологического состояния водителя зависит безопасность дорожного движения. Поэтому своевременный контроль и оценка психофизиологического состояния водителя играет огромную роль в предотвращении ДТП и повышении эффективности работы автомобиля.

Исследования в этой области [18-21] показывают, что оценку психофизиологического состояния водителя можно произвести по следующим группам показателей:

- функционирование физиологических систем организма: сердечной, дыхательной, эндокринной, двигательной и др.;
- субъективные переживания: появление усталости, сонливости, раздражительности и т.д.;
- психофизиологические процессы: восприятия памяти, мышления и процессов эмоционально-волевой сферы.

Как уже отмечалось выше, измерения психофизиологического состояния водителя непосредственно очень сложно, поэтому измерения проводят косвенным образом с использованием электрофизиологических методов измерения таких показателей как [22-26]:

- электрокардиография;
- электроэнцефалограмма;
- электромиограмма;
- кожно-гальваническая реакция;
- электроокулограмма;
- пневмограмма;
- речевой ответ.

Однако эти методы не могут быть применены в салоне автомобиля из-за создания помех процессу управления автомобилем и снижения комфортности вождения. Поэтому сегодня разрабатываются бортовые системы распознавания психофизиологического состояния водителя, которые имеют возможность выполнять:

- контроль психофизиологических характеристик водителя в режиме реального времени;
- сравнение измеряемых показателей с заданными значениями, характеризующими нормальное состояние водителя;
- сравнение измеряемых показателей в текущий момент времени с показателями на момент начала движения;
- учет динамики различных параметров;
- предотвращение ДТП после фиксирования значений хотя бы одного параметра, выходящих за пределы установленных «критических» значений, с помощью:
 - сигнала опасности для водителя;
 - сигнала опасности для других участников дорожного движения;
 - автоматического выведения транспортного средства на обочину дороги с последующей остановкой.

Выводы

Таким образом, оценка и измерения физической работы водителя и его психофизиологического состояния при управлении автомобилем, позволят формировать оптимальный режим труда и отдыха водителя, что в конечном итоге повысит эффективность и безопасность перевозочного процесса в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов, Ю.А. Восприятие времени водителем как фактор безопасности дорожного движения / Ю.А. Кузнецов // Психология. Психофизиология. – 2020. – Т. 13. – №3. – С. 102-110.
2. Алексеев, Л.А. Физиология водителя и ее влияние на безопасность дорожного движения / Л.А. Алексеев, Ю.А. Кузнецов // Автотранспортное предприятие. – 2014б. – №1. – С. 16-18.
3. Кудрин, Р.А. Методика определения и развития психофизиологических качеств, необходимых для эффективного управления автотранспортными средствами / Р.А. Кудрин, Ю.Я. Комаров, Е.В. Лифанова, М.Н. Дятлов // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. – 2017. – №1(61). – С. 124-126.
4. Прохорова, А.М. Использование психофизиологических и психологических показателей в профессиональном отборе водителей, осуществляющих пассажирские и грузовые перевозки / А.М. Прохорова // Современная наука. – 2020. – № 2. – С. 53-58.
5. Петренко, Н.В. Психофизиология труда и профессиональный отбор водителей / Н.В. Петренко // Вестник аграрной науки Дона. – 2017. – №2(38). – С. 91-98.
6. Шабалина, О.А. Психофизиологические качества успешного водителя пассажирского автотранспорта и их экспресс-диагностика / О.А. Шабалина, Р.А. Кудрин, В.В. Болучевская и др. // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. – 2019. – №3(71). – С. 74-77.
7. Дятлов, М.Н. Аппаратно-программный комплекс для тестирования профессиональных качеств водителей пассажирского автотранспорта на этапе профессионального отбора / М.Н. Дятлов, А.Р. Агазаян, О.А. Шабалина // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2016. – №12(150). – С. 48-55.
8. Комаров, Ю.Я. Определение профессионально важных качеств водителей, необходимых для эффективного управления пассажирским автотранспортом / Ю.Я. Комаров, Р.А. Кудрин, Е.В. Лифанова, М.Н. Дятлов // Наука и техника транспорта. – 2016. – №2. – С. 14-18.
9. Комаров, Ю.Я. Психофизиологические особенности трудовой деятельности водителей пассажирского автотранспорта / Ю.Я. Комаров, Р.А. Кудрин, Е.В. Лифанова, М.Н. Дятлов // Автотранспортное предприятие. – 2015. – №11. – С. 7-10.
10. Телекоммуникационные технологии для мониторинга функционального состояния у водителей в процессе работы / И.В. Федотова, М.М. Некрасова, Е.В. Рунова и др. // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. – 2013. – №3-1(91). – С. 122-125.
11. Жук, Н.Н. Показатель активности регуляторных систем как оценка функционального состояния водителя / Н.Н. Жук, В.В. Ковалишин, М.А. Афонин // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2014. – №67. – С. 131-133.
12. Кекелидзе, З.И. Алкоголь как фактор повышенной аварийности у водителей автобусов / З.И. Кекелидзе, Д.А. Полянский, С.В. Шпорт, А.Г. Соловьев // Экология человека. – 2020. – №11. – С. 60-64.
13. Денисов, Э.И. Оценка информационной визуальной нагрузки на водителя автомобиля / Э.И. Денисов, И.В. Степанян, М.С. Мельник // Медицина труда и промышленная экология. – 2020. – Т. 60. – №2. – С. 136-140.
14. Мишурун, В.М. Надежность водителя и безопасность движения / В.М. Мишурун, А.Н. Романов. – М.: Транспорт, 1990. – 167 с.
15. Подригало, М.А. Оценка эффективности тормозных механизмов по работе, затраченной на их включение / М.А. Подригало, В.А. Щербань // Автомобильный транспорт. – К.: Техника, 1992. – Вып. 29. – С. 88-93.
16. Туренко, А.Н. Оценка энергозатрат водителя на тормозное управление автомобилем / А.Н. Туренко, С.Н. Шуклинов // Автомобильный транспорт (Харьков). – 2010. – №26. – С. 7-11.

17. Скрышников, А.В. Проектирование и планирование обустройства лесовозных автомобильных дорог / А.В. Скрышников, Р.Н. Котляров, П.И. Морозов // Лесотехнический журнал. – Воронеж. – 2011. – №2 – С. 36-43.
18. Данилова, Н.Н. Психофизиологическая диагностика функциональных состояний: учебное пособие / И.Н. Данилова. – М.: МГУ, 1992. – 192 с.
19. Психофизиологические методы [Электронный ресурс] / Психология онлайн. – Режим доступа: <http://www.psychological.ru/default.aspx?s=0&p=39&0a1=440&0o1=1&0s1=1>
20. Психофизиологические компоненты работоспособности [Электронный ресурс] / Креативная педагогика. Пространство психолого-педагогических знаний для формирования энциклопедического словаря-справочника. – Режим доступа: <http://thisisme.ru/content/psikhofiziologicheskie-komponenty-rabotosposobnosti>
21. Методы психофизиологических исследований [Электронный ресурс] / Psyera.ru: гуманитарный портал. - Режим доступа: <http://psyera.ru/metody-psihofiziologicheskikh-issledovaniy-999.htm>
22. Корчагин, В.А. Сложные саморазвивающиеся транспортные системы / В.А. Корчагин, А.Н. Новиков, С.А. Ляпин, Ю.Н. Ризаева // Мир транспорта и технологических машин. – 2016. – №2(53). – С. 110-116.
23. Корчагин, В.А. Построение синхронизированной и эффективной логистической цепи поставок / В.А. Корчагин, А.Н. Новиков, Ю.Н. Ризаева // Мир транспорта и технологических машин. – 2014. – №4(47). – С. 139-142.
24. Новиков, А.Н. Повышение безопасности перевозки опасных грузов на основе использования глобальных навигационных спутниковых систем / А.Н. Новиков, А.П. Трясцин, С.В. Кондратов; под общей редакцией А.Н. Новикова // Информационные технологии и инновации на транспорте: материалы международной научно-практической конференции. – 2015. – С. 52-57.
25. Новиков, А.Н. Профессиональное мышление технического профиля как элемент образовательного нормирования / А.Н. Новиков, Г.В. Букалова // Мир транспорта и технологических машин. – 2012. – №3(38). – С. 100-102.
26. Кондратов, С.В. Повышение безопасности перевозок опасных грузов при помощи выбора оптимального маршрута / С.В. Кондратов, А.Н. Новиков // Современные материалы, техника и технологии. – 2015. – №3(3). – С. 128-132.

Басков Владимир Николаевич

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

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

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

E-mail: baskov@sstu.ru

Игнатов Антон Валерьевич

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

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

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

E-mail: samohod1990@yandex.ru

V.N. BASKOV, A.V. IGNATOV

PERFORMANCE ASSESSMENT OF THE DRIVER AND ITS IMPACT ON THE EFFICIENCY AND SAFETY OF THE TRANSPORT PROCESS

Abstract. The issues of evaluation of the driver's performance, as well as indicators of his physical condition are considered. The main components of the driver's reliability and the reasons for his reduced operability are described. The influence of driving duration, operating mode, intoxication on accident condition is considered. A characteristic of driver fatigue is given from the point of view of the psychological process. The mechanism of visual fatigue occurrence and its influence on the vehicle control process is described. The calculation of the physical work of the driver and its components (dynamic and static) is presented. Methods of registration and assessment of driver fatigue level are given. An assessment of the possibility of using an on-board system to recognize the psychophysiological state of drivers is given.

Keywords: driver, performance, fatigue, safety, reliability, transport process, power consumption

BIBLIOGRAPHY

1. Kuznetsov, Yu.A. Vospriyatie vremeni voditelem kak faktor bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya / Yu.A. Kuznetsov // Psikhologiya. Psikhofiziologiya. – 2020. – Т. 13. – №3. – С. 102-110.
2. Alekseev, L.A. Fiziologiya voditelya i ee vliyanie na bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya / L.A. Alekseev, Yu.A. Kuznetsov // Avtotransportnoe predpriyatie. – 2014b. – №1. – С. 16-18.
3. Kudrin, R.A. Metodika opredeleniya i razvitiya psikhofiziologicheskikh kachestv, neobkhodimyykh dlya effektivnogo upravleniya avtotransportnymi sredstvami / R.A. Kudrin, Yu.Ya. Komarov, E.V. Lifanova, M.N. Dyatlov // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta. – 2017. – №1(61). – С. 124-126.

4. Prokhorova, A.M. Ispol'zovanie psikhofiziologicheskikh i psikhologicheskikh pokazateley v professional'nom otbore voditeley, osushchestvlyayushchikh passazhirskie i gruzovye perevozki / A.M. Prokhorova // *Sovremennaya nauka*. – 2020. – №2. – S. 53-58.
5. Petrenko, N.V. Psikhofiziologiya truda i professional'nyy otbor voditeley / N.V. Petrenko // *Vestnik agrarnoy nauki Dona*. – 2017. – №2(38). – S. 91-98.
6. Shabalina, O.A. Psikhofiziologicheskie kachestva uspehnogo voditelya passazhirskogo avtotransporta i ikh ekspress-diagnostika / O.A. Shabalina, R.A. Kudrin, V.V. Boluchevskaya i dr. // *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta*. – 2019. – №3(71). – S. 74-77.
7. Dyatlov, M.N. Apparatno-programmnyy kompleks dlya testirovaniya professional'nykh kachestv voditeley passazhirskogo avtotransporta na etape professional'nogo otbora / M.N. Dyatlov, A.R. Agazadyan, O.A. Shabalina // *Vestnik komp'yuternykh i informatsionnykh tekhnologiy*. – 2016. – №12(150). – C. 48-55.
8. Komarov, Yu.Ya. Opredelenie professional'no vazhnykh kachestv voditeley, neobkhodimykh dlya effektivnogo upravleniya passazhirskim avtotransportom / Yu.Ya. Komarov, R.A. Kudrin, E.V. Lifanova, M.N. Dyatlov // *Nauka i tekhnika transporta*. – 2016. – №2. – C. 14-18.
9. Komarov, Yu.Ya. Psikhofiziologicheskie osobennosti trudovoy deyatelnosti voditeley passazhirskogo avtotransporta / Yu.Ya. Komarov, R.A. Kudrin, E.V. Lifanova, M.N. Dyatlov // *Avtotransportnoe predpriyatie*. – 2015. – №11. – C. 7-10.
10. Telekommunikatsionnye tekhnologii dlya monitoringa funktsional'nogo sostoyaniya u voditeley v protsesse raboty / I.V. Fedotova, M.M. Nekrasova, E.V. Runova i dr. // *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk*. – 2013. – №3-1(91). – S. 122-125.
11. Zhuk, N.N. Pokazatel' aktivnosti regulyatornykh sistem kak otsenka funktsional'nogo sostoyaniya voditelya / N.N. Zhuk, V.V. Kovalishin, M.A. Afonin // *Vestnik Har'kovskogo natsional'nogo avtomobil'no-dorozhnogo universiteta*. – 2014. – №67. – S. 131-133.
12. Kekelidze, Z.I. Alkogol' kak faktor povyshennoy avariynosti u voditeley avtobusov / Z.I. Kekelidze, D.A. Polyanskiy, S.V. Shport, A.G. Solov'ev // *Ekologiya cheloveka*. – 2020. – №11. – S. 60-64.
13. Denisov, E.I. Otsenka informatsionnoy vizual'noy nagruzki na voditelya avtomobilya / E.I. Denisov, I.V. Stepanyan, M.S. Mel'nik // *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. – 2020. – T. 60. – №2. – S. 136-140.
14. Mishurin, V.M. Nadezhnost' voditelya i bezopasnost' dvizheniya / V.M. Mishurin, A.N. Romanov. – M.: Transport, 1990. – 167 s.
15. Podrigalo, M.A. Otsenka effektivnosti tormoznykh mekhanizmov po rabote, zatrachennoy na ikh vkluyucheniye / M.A. Podrigalo, V.A. Shcherban' // *Avtomobil'nyy transport*. – K.: Tekhnika, 1992. – Vyp. 29. – S. 88-93.
16. Turenko, A.N. Otsenka energozatrat voditelya na tormoznoye upravleniye avtomobilem / A.N. Turenko, S.N. Shuklinov // *Avtomobil'nyy transport (Har'kov)*. – 2010. – №26. – S. 7-11.
17. Skrypnikov, A.V. Proektirovaniye i planirovaniye obustroystva lesovoznykh avtomobil'nykh dorog / A.V. Skrypnikov, R.N. Kotlyarov, P.I. Morozov // *Lesotekhnicheskyy zhurnal*. – Voronezh. – 2011. – №2. – S. 36-43.
18. Danilova, N.N. Psikhofiziologicheskaya diagnostika funktsional'nykh sostoyaniy [Tekst]: uchebnoye posobie / I.N. Danilova. – M.: MGU, 1992. – 192 s.
19. Psikhofiziologicheskie metody [Elektronnyy resurs] / Psikhologiya onlayn. – Rezhim dostupa: <http://www.psychological.ru/default.aspx?s=0&p=39&0a1=440&0o1=1&0s1=1>
20. Psikhofiziologicheskie komponenty rabotosposobnosti [Elektronnyy resurs] / Kreativnaya pedagogika. Prostranstvo psikhologo-pedagogicheskikh znaniy dlya formirovaniya eentsiklopedicheskogo slovaryapravochnika. – Rezhim dostupa: <http://thisisme.ru/content/psikhofiziologicheskie-komponenty-rabotosposobnosti>
21. Metody psikhofiziologicheskikh issledovaniy [Elektronnyy resurs] / Psyera.ru: gumanitarnyy portal. – Rezhim dostupa: <http://psyera.ru/metody-psihofiziologicheskikh-issledovaniy-999.htm>
22. Korchagin, V.A. Slozhnye samorazvivayushchiesya transportnye sistemy / V.A. Korchagin, A.N. Novikov, S.A. Lyapin, Yu.N. Rizaeva // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. – 2016. – №2(53). – S. 110-116.
23. Korchagin, V.A. Postroyeniye sinkhronizirovannoy i effektivnoy logisticheskoy tsepi postavok / V.A. Korchagin, A.N. Novikov, Yu.N. Rizaeva // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. – 2014. – №4(47). – S. 139-142.
24. Novikov, A.N. Povysheniye bezopasnosti perevozki opasnykh gruzov na osnove ispol'zovaniya global'nykh navigatsionnykh sputnikovykh sistem / A.N. Novikov, A.P. Tryastin, S.V. Kondratov; pod obshechey redaktsiey A.N. Novikova // *Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. – 2015. – S. 52-57.
25. Novikov, A.N. Professional'noye myshlenie tekhnicheskogo profilya kak element obrazovatel'nogo normirovaniya / A.N. Novikov, G.V. Bukalova // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. – 2012. – №3(38). – S. 100-102.
26. Kondratov, S.V. Povysheniye bezopasnosti perevozok opasnykh gruzov pri pomoshchi vybora optimal'nogo marshruta / S.V. Kondratov, A.N. Novikov // *Sovremennyye materialy, tekhnika i tekhnologii*. – 2015. – №3(3). – S. 128-132.

Baskov Vladimir Nikolaevich
State Technical University
Adress: 410054, Russia, Saratov,
Politechnicheskaya str., 77
Doctor of technical sciences
E-mail: baskov@sstu.ru

Ignatov Anton Valeryevich
State Technical University
Adress: 410054, Russia, Saratov,
Politechnicheskaya str., 77
Candidate of technical sciences
E-mail: camoxod1990@yandex.ru

Научная статья

УДК 656.09

doi:10.33979/2073-7432-2022-76-1-86-94

А.Н. НОВИКОВ, Н.А. ЗАГОРОДНИЙ, Е.В. ДУГАНОВА, И.А. НОВИКОВ

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОСЕРВИСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

***Аннотация.** На основе анализа статистики ДТП, произошедших из-за использования технически неисправных транспортных средств, за последние 5 лет выявлено значительное увеличение показателей аварийности. Рассмотрены существующие методы совершенствования системы автосервисного обслуживания. Выполнен анализ критериев, отражающих производственную деятельность автосервисного предприятия, для алгоритма поиска решений по улучшению качества выполняемых услуг и условий обслуживания транспортных средств.*

Дано обоснование проведения исследования по разработке практических рекомендаций по оптимизации работы сервисных служб в условиях цифровой трансформации.

***Ключевые слова:** аварийность, неисправное состояние, автосервис, управление предприятием, оптимизация, сервисные службы, цифровизация*

Введение

Каждое государство стремится снизить количество дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Для анализа причин, условий возникновения ДТП, разработки мер по их устранению ведут статистику по количеству ДТП во всех странах мира. Национальный проект «Безопасные и качественные автомобильные дороги» содержит цель – снизить к 2030 году смертность в ДТП до показателя, не превышающего четырёх человек на 100 тысяч населения, сейчас это соотношение составляет 11-12 смертей на 100 тысяч [1].

Общий уровень автомобилизации страны продолжает уверенно расти с каждым годом. На начало 2021 года количество автотранспортных средств всех типов в Российской Федерации оценивалось экспертами в размере 60 млн. единиц. По данным на 2021 г. парк легковых автомобилей в России насчитывает 45,15 млн. ед. В среднем в России на 1 тыс. жителей приходится 313 легковых автомобилей. В 35 регионах РФ уровень автомобилизации выше среднего по стране [4].

Средний возраст легковых автомобилей в России, составляет 13,4 года. Грузовой, коммерческий и автобусный транспорт имеет средний возраст – 15 лет. И по прогнозам показатель среднего возраста транспортных средств на дорогах общего пользования будет увеличиваться, что приведет к росту аварийности с участием транспорта в неудовлетворительном техническом состоянии [22].

Согласно транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2035 года среди основных проблем особо выделяются низкий технический уровень российского транспорта и неудовлетворительное состояние его производственной базы. Недостаточные объемы реконструкции и строительства инфраструктурных объектов, а также темпы пополнения и обновления парков подвижных транспортных средств и другой транспортной техники привели в последние годы к существенному ухудшению их технического состояния (возрастная структура, увеличение износа) и работоспособности [17].

Материал и методы

Структурная схема «Водитель – автомобиль – дорога – среда» (ВАДС) для системы эксплуатации автомобильной техники позволяет анализировать как систему в целом, так и отдельно подсистемы. В последние годы меры по сокращению ДТП в основном направлены на такие элементы ВАДС – как «водитель» и «дорога». Ведутся существенные работы в области просвещения водителей, поднятия водительской культуры, ужесточения наказаний за несоблюдение ПДД. Исследование элемента «автомобиль» в системе ВАДС, как средство повышения безопасности дорожного движения, является актуальной задачей.

Рассмотрим статистику ДТП, произошедших из-за использования технически неисправных транспортных средств. Как упоминалось ранее, меры, направленные на снижение количества ДТП, дают свои результаты. И во многих регионах количество ДТП, произошедших из-за плохого качества дорог, невысокой водительской культуры, снижаются. Количество ДТП, произошедших по вине технически неисправных транспортных средств, с каждым годом увеличивается. Например, по данным stat.gibdd.ru, в 2015 году было зафиксировано в РФ 2430 ДТП из-за использования технически неисправного транспортного средства, и 19 в Белгородской области, за 2020 год в РФ зафиксировано уже 7658 ДТП, а в Белгородской области – 99 [12, 21].

С точки зрения сервисного сопровождения поддержание исправного технического состояние транспортного средства зависит от следующих условий: проведение техосмотров, с составлением реальной диагностической карты; организация эффективной сервисной деятельности АТП и автообслуживающих предприятий.

В 2020 году были внесены существенные коррективы для существующей системы техосмотра. Были приняты несколько постановлений правительства, федеральные законы и другие нормативные акты, практически полностью преобразующие систему контроля за техническим состоянием автотранспортных средств. Это привело к уменьшению количества пунктов технического осмотра, так как операторы имели ограниченный временной интервал для организации соответствующей технической базы и помещений, к тому же, необходимо было вновь пройти сертификацию и аккредитацию.

Так же в январе 2021 года вступили в силу новые правовые акты Министерства транспорта и Правительства РФ, которые значительно изменяют существующую систему автомобильного законодательства. Предъявляются новые квалификационные и профессиональные требования к водителям и транспортным специалистам. В августе 2020 года министерство транспорта РФ выпустило приказ о признании утратившим силу «Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта», утвержденного Минавтотрансом РСФСР еще 20 сентября 1984 г. Данное положение содержало нормативные и справочные данные для расчета производственной программы и анализа хозяйственной деятельности автотранспортных предприятий.

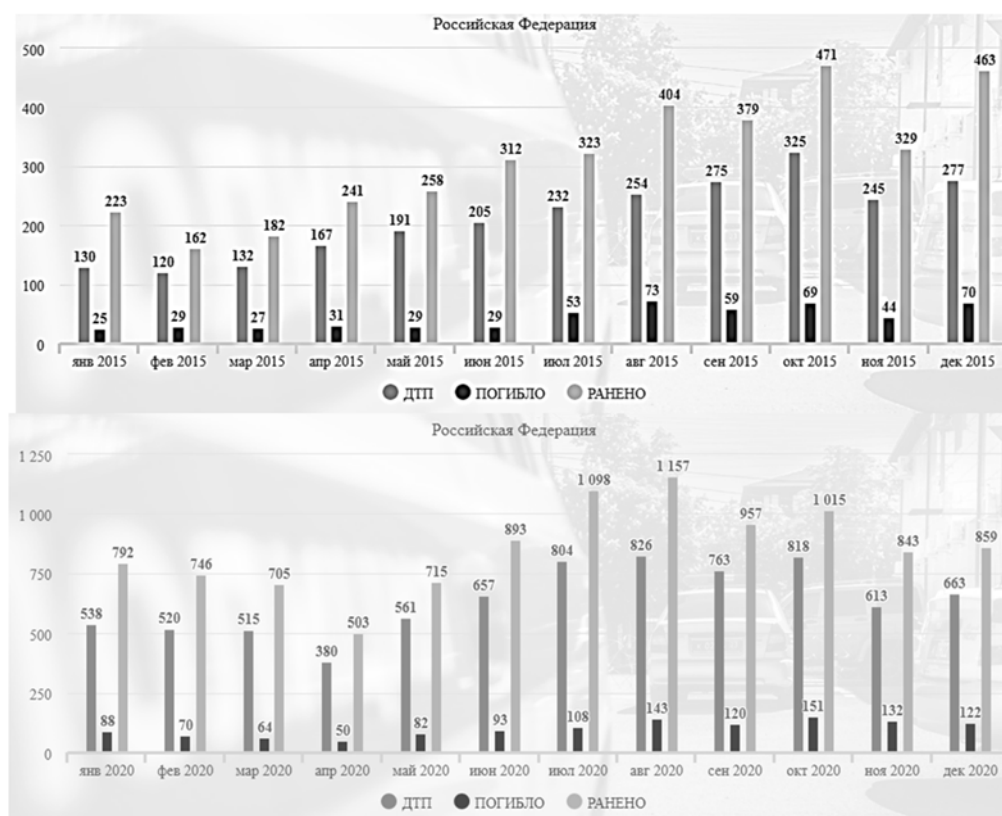


Рисунок 1 – Показатели аварийности по вине технически неисправных транспортных средств в РФ в 2015 и 2020 году

оборудования, а также квалифицированного персонала, который должен проходить систематически курсы повышения квалификации [8].

Эффективная работа предприятий, оказывающих техническое обслуживание и ремонт автомобилей, зависит от следующих факторов: законов распределения времени поступления автомобилей на предприятие, законы распределения трудоемкостей выполняемых работ, количество требований на предоставляемые услуги, технологии выполнения работ и организационной структуры сервисных компаний. Механизм приспособления к постоянно меняющемуся спросу на услуги является наиболее значимым для стабильной и эффективной работы автосервисов [5].

В условиях глобальной цифровизации сфере обслуживания и ремонта транспортных средств предстоит пережить крупные преобразования. Так как цифровая трансформация предусматривает перестройку всех бизнес-процессов, это приведет к совершенствованию, а в некоторых случаях полной замене существующих систем организации транспортных и сервисных предприятий.

При решении проблемы повышения эффективности оказываемых автосервисных услуг необходимо определить основные направления прогнозирования деятельности и пути развития предприятий автосервиса на региональном уровне. Составление плана мероприятий по увеличению производственных мощностей автосервисов – это одно из направлений развития предприятий. Такое планирование позволит автообслуживающему предприятию поддерживать свою экономическую эффективность и стабильность в условиях цифровой трансформации в транспортном секторе.

Для определения алгоритма поиска решений по улучшению качества услуг и условий обслуживания транспортных средств необходимо определить критерии, отражающие производственную деятельность предприятий автосервиса. Результативность работы автосервисного предприятия определяется, как сумма результативности работы постов производственных зон и участков.

Для автосервисного предприятия коэффициент $K_{ПМ}$ представляется в следующем виде [7]:

$$K_{ПМ} = \sum_i^n (P_i \cdot K_{ПМ_i}), \quad (1)$$

где i – индекс производственной зоны или участка предприятия;

P_i – удельный вес зоны или участка в производственной структуре автосервиса;

$K_{ПМ_i}$ – коэффициент использования производственной зоны или участка;

n – количество анализируемых производственных зон.

P_i – отношение количества постов i – го производственного участка к общему количеству участков автосервисного предприятия.

Целевая функция управления потенциалом производственной мощности автосервисного предприятия выражается через коэффициентом $K_{ПМ}$:

$$\Delta K_{ПМ}(i) = P_i \cdot K_{ПМ_i} \cdot \left(\frac{K_{доп\ i} \cdot K_{клиент\ i} \cdot \left(1 + D_{пост\ i}^{\Pi} \cdot (K_{заказ\ i} \cdot K_{частота\ i} - 1)\right)}{\left(1 + D_{пост\ i}^{\Phi} \cdot (K_{заказ\ i} \cdot K_{частота\ i} - 1)\right)} - 1 \right), \quad (2)$$

где $\Delta K_{ПМ}(i)$ – резерв повышения коэффициента использования производственной мощности автосервиса от улучшения работы производственной зоны автосервисного предприятия;

$K_{доп\ i}$ – показатель увеличения трудоемкости работ от введения дополнительных услуг;

$K_{клиент\ i}$ – показатель увеличения количества клиентов;

$D_{пост\ i}^{\Pi}$ – планируемый удельный вес постоянных клиентов;

$D_{пост\ i}^{\Phi}$ – фактический удельный вес постоянных клиентов;

$K_{заказі}$ – показатель увеличения трудоемкости заказа постоянных клиентов по сравнению с новыми;

$K_{частоті}$ – показатель увеличения регулярности обращений за услугами постоянных клиентов по сравнению с новыми.

Расчет значений коэффициента $\Delta K_{пм}$ позволяет выявить производственную зону, работающую с наименьшей результативностью и выбрать направление по улучшению работы этой зоны: организация новых или повышение качества оказываемых услуг [6].

Результаты

Из-за вступления в силу новых нормативно-правовых актов в области транспорта, многие автообслуживающие предприятия находятся в затруднительном положении в связи с переходом на новые стандарты и документацию, что влечет внесение изменений во внутреннюю структуру управления и организацию обслуживания и ремонта автомобилей [14]. Структура перехода на работу по новым стандартам в зависимости от типа предприятия, его размеров и специфики работы не прописана. Это привело к тому, что многие предприятия столкнулись с проблемой реорганизации системы обслуживания автомобилей.

Под цифровизацией предприятий понимают пересборку бизнеса на основе цифровых технологий, которые позволяют принимать грамотные и эффективные управленческие решения на основе данных. Цифровизировать один какой-то участок нельзя, другими словами, цифровизация пронизывает всю компанию, тем самым, достигая взаимодействия каждого из участков на единой цифровой платформе.

Для того, чтобы цифровизация глобально вошла в нашу жизнь, необходимы определенные условия: открытое управление, эффективное управление, новаторское управление.

Один из самых значимых показателей успешной глобальной цифровизации – это открытая информация. В реализации цифровой трансформации заинтересованы все страны мира. Последние годы технологии цифровизации успешно внедряются и в Российской Федерации. Но в России процесс внедрения цифровых технологий встречает определенные препятствия [26]. Однако процесс внедрения цифровизации встречает ряд проблем. Для того чтобы запустить процесс с нужной скоростью, нужны квалифицированные кадры. Пока таких специалистов не хватает. По мнению многих экспертов, которые уже активно работают и используют цифровые продукты, – для цифровизации нужно больше качественных, правильно размеченных данных, а их подготовка – дорогой и трудоёмкий процесс.

Так же сфера эксплуатации и обслуживания автотранспорта в ближайшем будущем столкнется с рядом проблем, связанных с поддержанием технически исправного состояния общего парка транспортных средств, который будет состоять одновременно из существующих классических автотранспортных средств и автотранспортных средств нового поколения. Требуются разные подходы к организации сервисного обслуживания существующих транспортных средств и беспилотных транспортных средств.

Все вышесказанное обуславливает необходимость в проведении исследования для разработки практических рекомендаций по оптимизации работы сервисных служб в условиях цифровой трансформации и перехода на новые стандарты.

Обсуждение

Анализ хозяйственной деятельности транспортных предприятий позволит влиять на структуру управления сервисной базы. Как показал опыт 2020 года, автосервисные предприятия были не готовы работать в условиях пандемии. Работа сервисных предприятий при карантинных мерах требует новых стандартов и условий работы персонала, общения с клиентами. Многие из них были вынуждены прекратить или приостановить свою деятельность [18, 25].

Практическое применение исследования, направленного на совершенствование системы сервисного обслуживания, для автотранспортных предприятий заключается в разработке основных положений комплексного подхода к организации хозяйственной деятельности, разработке методик по переходу от устаревшей системы организации к работе по современным

требованиям и стандартам, разработке рекомендаций по повышению качества предоставляемых услуг путем совершенствования ПТБ с внедрением цифровых технологий [19].

Для автообслуживающих предприятий совершенствование системы сервисного обслуживания заключается в разработке методики оптимизации производственной деятельности СТО в регионе, анализе эффективности функционирования предприятия, с учетом быстро развивающегося рынка услуг автосервиса, повышении качества и эффективности технического сервиса автомобилей, разработке научных и практических методов улучшения качества технического сервиса и повышения эффективности функционирования СТО [16, 24].



Рисунок 4 – Схема осуществления контроля за автотранспортной деятельностью предприятия

Для пунктов технического осмотра – разработка рекомендаций по оснащению и переснащению пунктов техосмотра под новые стандарты.

Выводы

Анализ хозяйственной деятельности и расчет производственной программы обслуживания и ремонта позволит предприятию произвести реконструкцию ремонтной ПТБ, что снизит простои работы подвижного состава – время транспортировки до ремонтных центров. Подготовка рекомендаций по переходу предприятий на новую законодательную базу в сфере автотранспорта поможет автосервисным предприятиям адаптироваться в быстро меняющихся рыночных условиях.

Цифровые решения сегодня меняют бизнес, в том числе автомобильный и сервисный. Четкого плана по подключению автосервисного бизнеса к цифровым продуктам пока нет. Скорей всего различные компании пойдут разными путями. Но все равно придется определяться с такими вопросами, каким образом и в какой момент руководитель сервиса должен внедрить у себя в компании новый цифровой продукт, почему именно этот продукт, какие будут последующие шаги после внедрения.

Современные цифровые технологии позволяют разработать и внедрить автоматизированную систему управления для предприятий автосервиса, которая значительно увеличивает эффективность организации обслуживания и ремонта транспортных средств. Для разработки такой системы управления на основе искусственного интеллекта авторемонтным предприятиям необходимо организовать сбор и обработку достаточно большого объема исторических данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Загородний, Н.А. Развитие регионального автосервиса / Н.А. Загородний, А.С. Семькина, Д.Т. Омелянюк // Автомобильная промышленность. – 2020. – №1. – С. 26-29.
2. Рябчинский, А.И. Динамика автомобиля и безопасность дорожного движения: учебное пособие / А.И. Рябчинский, А.А. Токарев, В.З. Русаков. – М.: МАДИ (ГТУ), 2002. – 131 с.
3. Капитанов, В.Т. Прогноз числа погибших в ДТП на основе социально-экономических показателей / В.Т. Капитанов, О.Ю. Моница, В.В. Сильянов, А.Б. Чубуков // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2017. – №4(82). – С. 4-7.
4. Загородний, Н.А. Повышение безопасности дорожного движения за счет снижения тяжести последствий ДТП / Н.А. Загородний, А.С. Семькина // Мир транспорта и технологических машин. – 2018. – №3(62). – С. 88-95.
5. Лысанов, Д.М. Разработка методики оценки эффективности функционирования производственно-технической базы автосервисных предприятий: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук: 05.22.10 / Лысанов Денис Михайлович. – Санкт-Петербург, 2005. – 24 с.

6. Абаимов, Р.В. Повышение эффективности производственной деятельности станций технического обслуживания легковых автомобилей: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / Р.В. Абаимов. – Орел. – 2011. – 138 с.
7. Афанасьев, С.В. Разработка методики управления потенциалом производственной мощности предприятия автосервиса: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук: 05.22.10 / С.В. Афанасьев. – Москва. – 2003. – 24 с.
8. Лянденбургский, В.В. Формирование рациональной системы технического обслуживания и ремонта автомобилей / В.В. Лянденбургский // *Ponte academic journal*. – Vol. 73. – №5. – 2017.
9. Хасанов, Р.Х. Основы технической эксплуатации автомобилей: учебное пособие / Р.Х. Хасанов. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2003. – 193 с.
10. Кузьмин, Н.А. Техническая эксплуатация автомобилей: нормирование и управление: учебное пособие / Н.А. Кузьмин. – М.: ФОРУМ, 2014. – 224 с.
11. Новиков, И.А. Теоретическо-практические аспекты сервиса и эксплуатации транспортно-технологических машин: учебное пособие / И.А. Новиков, А.Н. Новиков, Е.В. Дуганова, С.Н. Глаголев. – Белгород: БГТУ, 2021. – 92 с.
12. Сведения о показателях состояния безопасности дорожного движения [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://stat.gibdd.ru/>
13. Об утверждении обязательных реквизитов и порядка заполнения путевых листов [Электронный ресурс]: Приказ Министерства Транспорта РФ от 11 сен. 2020 г. №368 / Режим доступа: <https://www.garant.ru/hotlaw/federal/1419522/>
14. Перечень отменяемых и вводимых взамен нормативно-правовых актов в рамках реализации механизма «регуляторной гильотины» [Электронный ресурс] / Министерство транспорта Российской Федерации РОСТРАНСНАДЗОР. – Режим доступа: <https://ugadn5813.tu.rostransnadzor.gov.ru/>
15. Кондратьев, В.Д. Комплексное оценивание в задачах управления безопасностью дорожного движения / В.Д. Кондратьев, А.В. Щепкин // *Экономика и менеджмент систем управления*. – 2015. – Т. 15. – №1. – С. 66-72.
16. Новиков, И.А. 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.
17. Duganova, E.V. Aspects of transport system management within mining complex using information and telecommunication systems / E.V. Duganova, A.S. Semykina, N.A. Zagorodniy, A.A. Konev // *Journal of physics: conference series* this link is disabled. – 2018. – С. 042064.
18. Дуганова, Е.В. Организация работы сервисных предприятий в условиях «COVID-19» / Е.В. Дуганова, П.А. Смирнов // XII Международный молодежный форум «Образование. Наука. Производство»: материалы форума. – Белгород. – 2020. – С. 1424-1426.
19. Дуганова, Е.В. Особенности организации автотранспортных предприятий / Е.В. Дуганова, О.А. Волков, А.Н. Веревкин // *Международная научно-техническая конференция молодых ученых*. – Белгород. – 2020. – С. 2690-2694.
20. Дуганова, Е.В. Организация работы автомобильных сервисов и предприятий в условиях изменения законодательства РФ / Е.В. Дуганова, О.В. Шевченко // *Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова: материалы конференции*. – Белгород. – 2021. – С. 2390-2394.
21. Кравченко, А.А. Использование геоинформационного портала транспортной инфраструктуры как способа повышения безопасности дорожного движения / А.А. Кравченко, И.А. Новиков, Л.Е. Кущенко; под общей редакцией А.Н. Новикова // *Информационные технологии и инновации на транспорте: материалы VI Международной научно-практической конференции*. – 2020. – С. 133-136.
22. Загородний, Н.А. Методы снижения тяжести последствий ДТП / Н.А. Загородний, Р.А. Болотов // *Автомобильная промышленность*. – 2017. – №11. – С. 31-32.
23. Зверкова, И. Техосмотр-2021: готовимся к новым правилам [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.drom.ru/info/misc/81364.html?page=6>
24. Производственно-техническая инфраструктура сервисного обслуживания автомобилей: учебное пособие / Н.И. Веревкин, А.Н. Новиков, Н.А. Давыдов и др. – Москва, 2013. – 2-е издание, стереотипное.
25. Ломакин, Д.О. Комплексная оценка уровня качества услуг предприятий автосервиса / Д.О. Ломакин, А.Н. Новиков. – Орел, 2011.
26. Производственно-техническая инфраструктура предприятий автосервиса: учебник для студентов / А.Н. Новиков, Н.И. Веревкин, А.Л. Севостьянов, Н.В. Бакаева. – Москва, 2015.

Новиков Александр Николаевич

Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева
Адрес: 302026, Россия, г. Орел, ул. Московская, д. 77
Д.т.н., профессор, зав. кафедрой сервиса и ремонта машин
E-mail: srmostu@mail.ru

Загородний Николай Александрович

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Адрес: 308012, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова 46

К.т.н., зав. кафедрой эксплуатации и организации движения автотранспорта
E-mail: n.zagorodnij@yandex.ru

Дуганова Елена Викторовна

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Адрес: 308012, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова 46
К.т.н., доцент кафедры эксплуатации и организации движения автотранспорта
E-mail: crumb1202@mail.ru

Новиков Иван Алексеевич

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

A.N. NOVIKOV, N.A. ZAGORODNY, E.V. DUGANOVA, I.A. NOVIKOV

IMPROVING THE CAR SERVICE SYSTEM TO IMPROVE ROAD SAFETY

***Abstract.** Based on the analysis of statistics of accidents that occurred due to the operation of technically defective vehicles, a significant increase in accident rates has been revealed over the past 5 years. The existing methods of improving the car service system are considered. The analysis of criteria reflecting the production activity of a car service company for an algorithm for finding solutions to improve the quality of services performed and vehicle service conditions is performed.*

The substantiation of the research on the development of practical recommendations for optimizing the work of service services in the conditions of digital transformation is given.

***Keywords:** accident rate, faulty condition, auto repair, enterprise management, optimization, service services, digitalization*

BIBLIOGRAPHY

1. Zagorodny, N.A. Razvitie regional'nogo avtoservisa / N.A. Zagorodny, A.S. Semykina, D.T. Omel'yanyuk // Avtomobil'naya promyshlennost'. – 2020. – №1. – S. 26-29.
2. Ryabchinskiy, A.I. Dinamika avtomobilya i bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya: uchebnoe posobie / A.I. Ryabchinskiy, A.A. Tokarev, V.Z. Rusakov. – M.: MADI (GTU), 2002. – 131 s.
3. Kapitanov, V.T. Prognoz chisla pogibshikh v DTP na osnove sotsial'no-ekonomicheskikh pokazateley / V.T. Kapitanov, O.Yu. Monina, V.V. Sil'yanov, A.B. Chubukov // Nauka i tekhnika v dorozhnoy otrasli. – 2017. – №4(82). – S. 4-7.
4. Zagorodny, N.A. Povyshenie bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya za schet snizheniya tyazhesti posledstviy DTP / N.A. Zagorodny, A.S. Semykina // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. – 2018. – №3(62). – S. 88-95.
5. Lysanov, D.M. Razrabotka metodiki otsenki effektivnosti funktsionirovaniya proizvodstvenno-tekhnicheskoy bazy avtoservisnykh predpriyatiy: avtoref. dis. na soisk. uchen. step. kand. tekhn. nauk: 05.22.10 / Lysanov Denis Mikhailovich. – Sankt-Peterburg, 2005. – 24 s.
6. Abaimov, R.V. Povyshenie effektivnosti proizvodstvennoy deyatel'nosti stantsiy tekhnicheskogo obsluzhivaniya legkovykh avtomobiley: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.22.10 / R.V. Abaimov. – Orel. – 2011. – 138 s.
7. Afanas'ev, S.V. Razrabotka metodiki upravleniya potentsialom proizvodstvennoy moshchnosti predpriyatiya avtoservisa: avtoref. dis. na soisk. uchen. step. kand. tekhn. nauk: 05.22.10 / S.V. Afanas'ev. – Moskva. – 2003. – 24 s.
8. Lyandenburskiy, V.V. Formirovanie ratsional'noy sistemy tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta avtomobiley / V.V. Lyandenburskiy // Ponte academic journal. – Vol. 73. – №5. – 2017.
9. Hasanov, R.H. Osnovy tekhnicheskoy ekspluatatsii avtomobiley [Tekst]: uchebnoe posobie / R.H. Hasanov. – Orenburg: GOU OGU, 2003. – 193 s.
10. Kuz'min, N.A. Tekhnicheskaya ekspluatatsiya avtomobiley: normirovanie i upravlenie: uchebnoe posobie / N.A. Kuz'min. – M.: FORUM, 2014. – 224 s.
11. Novikov, I.A. Teoreticheskoprakticheskie aspekty servisa i ekspluatatsii transportno-tekhnologicheskikh mashin: uchebnoe posobie / I.A. Novikov, A.N. Novikov, E.V. Duganova, S.N. Glagolev. – Belgorod: BGTU, 2021. – 92 s.

12. Svedeniya o pokazatelyakh sostoyaniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <http://stat.gibdd.ru/>
13. Ob utverzhdenii obyazatel'nykh rekvizitov i poryadka zapolneniya putevykh listov [Elektronnyy resurs]: Prikaz Ministerstva Transporta RF ot 11 sen. 2020 g. №368 / Rezhim dostupa: <https://www.garant.ru/hotlaw/federal/1419522/>
14. Perechen' otmenyaemykh i vvodimykh vzamen normativno-pravovykh aktov v ramkakh realizatsii mekhanizma «regulyatornoy gil'otiny» [Elektronnyy resurs] / Ministerstvo transporta Rossiyskoy Federatsii ROSTRANSNADZOR. – Rezhim dostupa: <https://ugadn5813.tu.rostransnadzor.gov.ru/>
15. Kondrat'ev, V.D. Kompleksnoe otsenivanie v zadachakh upravleniya bezopasnost'yu dorozhnogo dvizheniya / V.D. Kondrat'ev, A.V. Shchepkin // *Ekonomika i menedzhment sistem upravleniya*. – 2015. – T. 15. – №1. – S. 66-72.
16. Novikov, I.A. Proizvodstvenno-tekhnicheskaya infrastruktura predpriyatij avtomobil'nogo servisa: uchebnoe posobie / I.A. Novikov, A.N. Novikov, E.V. Duganova, S.N. Glagolev. – Belgorod: BGTU, 2018. – 123 s.
17. Duganova, E.V. Aspects of transport system management within mining complex using information and telecommunication systems / E.V. Duganova, A.S. Semykina, N.A. Zagorodniy, A.A. Konev // *Journal of physics: conference series* this link is disabled. – 2018. – S. 042064.
18. Duganova, E.V. Organizatsiya raboty servisnykh predpriyatij v usloviyakh «COVID-19» / E.V. Duganova, P.A. Smirnov // XII Mezhdunarodnyy molodezhnyy forum «Obrazovanie. Nauka. Proizvodstvo»: materialy foruma. – Belgorod. – 2020. – S. 1424-1426.
19. Duganova, E.V. Osobennosti organizatsii avtotransportnykh predpriyatij / E.V. Duganova, O.A. Volkov, A.N. Verevkin // *Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya molodykh uchenykh*. – Belgorod. – 2020. – S. 2690-2694.
20. Duganova, E.V. Organizatsiya raboty avtomobil'nykh servisov i predpriyatij v usloviyakh izmeneniya zakonodatel'stva RF / E.V. Duganova, O.V. Shevchenko // *Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya molodykh uchenykh BGTU im. V.G. Shukhova: materialy konferentsii*. – Belgorod. – 2021. – S. 2390-2394.
21. Kravchenko, A.A. Ispol'zovanie geoinformatsionnogo portala transportnoy infrastruktury kak sposoba povysheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya / A.A. Kravchenko, I.A. Novikov, L.E. Kushchenko; pod obshchey redaktsiei A.N. Novikova // *Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte: materialy VI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. – 2020. – S. 133-136.
22. Zagorodniy, N.A. Metody snizheniya tyazhesti posledstviy DTP / N.A. Zagorodniy, R.A. Bolotov // *Avtomobil'naya promyshlennost'*. – 2017. – №11. – S. 31-32.
23. Zverkova, I. Tekhosmotr-2021: gotovimsya k novym pravilam [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://www.drom.ru/info/misc/81364.html?page=6>
24. Proizvodstvenno-tekhnicheskaya infrastruktura servisnogo obsluzhivaniya avtomobiley: uchebnoe posobie / N.I. Verevkin, A.N. Novikov, N.A. Davydov i dr. – Moskva, 2013. – 2-e izdanie, stereotipnoe.
25. Lomakin, D.O. Kompleksnaya otsenka urovnya kachestva uslug predpriyatij avtoservisa / D.O. Lomakin, A.N. Novikov. – Orel, 2011.
26. Proizvodstvenno-tekhnicheskaya infrastruktura predpriyatij avtoservisa: uchebnik dlya studentov / A.N. Novikov, N.I. Verevkin, A.L. Sevost'yanov, N.V. Bakaeva. – Moskva, 2015.

Novikov Alexander Nikolaevich

Oryol State University
Address: 302026, Russia, Orel, Moskovskaya str., 77
Doctor of technical sciences
E-mail: srmostu@mail.ru

Zagorodny Nikolay Alexandrovich

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

Duganova Elena Viktorovna

Belgorod State Technological University
Address: 308012, Russia., Belgorod, Kostyukova str., 46
Candidate of technical sciences
E-mail: crumb1202@mail.ru

Novikov Ivan Alekseevich

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

Научная статья

УДК 629.3

doi:10.33979/2073-7432-2022-76-1-95-102

В.А. РАКОВ, Н.Н. ТРУШИН

АНАЛИЗ ПРИСПОСОБЛЕННОСТИ ТРАНСМИССИИ АВТОМОБИЛЯ К ХАРАКТЕРИСТИКЕ ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ

Аннотация. Рассматривается вопрос сочетания характеристик двигателя внутреннего сгорания, нагрузок при движении и передаточных чисел трансмиссии автомобиля в отношении топливной экономичности. На основании результатов тягово-мощностного расчета определена степень загрузки ДВС при различных скоростях движения автомобиля. Приведен пример определения оптимальных передаточных отношений трансмиссии легкового автомобиля для обеспечения наибольшей топливной эффективности его двигателя.

Ключевые слова: энергетический анализ, топливная экономичность, нагрузочный режим, ДВС, трансмиссия, передаточные отношения

Введение

Эксплуатационные свойства автомобилей постоянно совершенствуются. В первую очередь, это относится к топливной экономичности и экологической безопасности энергоустановки [1], включающей в себя двигатель внутреннего сгорания (ДВС) и трансмиссию [2-3]. К сожалению, улучшение эксплуатационных свойств только за счет ДВС уже достигло пределов целесообразности, и дальнейшее совершенствование энергоустановки происходит за счет других направлений, в т.ч. трансмиссий [4-5]. Как известно, трансмиссия автомобиля позволяет приспособить ДВС к изменяющимся условиям движения, т.е. нагрузки на рабочем органе – ведущих колесах. Эта нагрузка характеризуется скоростью вращения ведущей оси и моментом ее сопротивления вращению. Известно, что ДВС имеет узкий диапазон частот вращения коленчатого вала, а крутящий момент имеет максимальное значение в одной точке, близкой к средним частотам вращения коленчатого вала. Сочетание частоты вращения и крутящего момента в различных соотношениях позволяет получить мощность, требуемую для преодоления сил сопротивления движению. Чтобы компенсировать недостаток крутящего момента ДВС при трогании с места и разгоне передаточное число трансмиссии приходится увеличивать.

Передаточное число самой низшей передачи определяется исходя из максимального крутящего момента на ведущих колесах при трогании с места.

На скорости (100-120 км/ч), нагрузка ДВС низкая и меняется не значительно, что позволяет перевести его в режим наибольшей топливной экономичности. Передаточное число при этом должно быть минимальным.

Для реализации максимальной скорости автомобиля его сила тяги на ведущих колесах должна снова увеличиться. Это необходимо для преодоления возросшие силы сопротивления воздушного потока и передаточное число снова необходимо увеличить.

Промежуточные передаточные отношения подбирается, как правило, таким образом, чтобы достичь максимальной силы тяги во всем диапазоне скоростей, поддерживая частоту вращения коленчатого вала в диапазоне максимального крутящего момента. Однако, помимо тягово-скоростной характеристики, ДВС также имеет особую характеристику топливной экономичности – в зависимости от частоты вращения (n) и крутящего момента (M_k) [6-7]. Она

определяется удельным расходом топлива ($q_{уд}$, г/кВт·ч) и зависит от крутящего момента двигателя (M_k) и частоты вращения коленчатого вала [8].

$$q_{уд} = f(n; M_k).$$

И, если обеспечить сочетание скорости и крутящего момента достаточно просто за счет изменения передаточных чисел трансмиссии, то одновременно заставить ДВС работать в оптимальном нагрузочном режиме весьма затруднительно [9]. Например, чтобы достичь минимального удельного расхода топлива ДВС на постоянной скорости около 100 км/ч приходится увеличивать число передаточных отношений трансмиссии дополнительными повышающими передачами, на которых максимальная скорость не реализуется, но повышается топливная экономичность при установившемся равномерном движении. В механических трансмиссиях это, как правило, 5-я или даже 6-я передача.

Для достижения лучших тягово-скоростных свойств автомобиля экономичностью приходится пренебречь. ДВС в таком случае работает на частичной скоростной и нагрузочной характеристиках, удельный расход топлива при которой более высокий [10].

К сожалению, производители не представляют характеристик топливной экономичности своих ДВС при частичных нагрузочных и скоростных режимах, указывая только минимальный удельный расход топлива, однако, характеристики схожи у большинства двигателей [6, 8].

На рисунке 1. показано изменение мощности (Ne), часового (Gt) и удельного (ge) расхода топлива в зависимости от частоты вращения коленчатого вала (n) при различных углах открытия дроссельной заслонки от 0 до 100 % типового бензинового двигателя.

График показывает, что при частичных характеристиках с закрытием угла дроссельной заслонки мощность двигателя снижается, а удельный расход топлива растет. Это объясняется увеличением насосных потерь из-за закрытия дроссельной заслонки. При максимальной мощности (ge) также немного повышается, что связано с ростом механических и газодинамических потерь. Минимальный удельный расход топлива обеспечивается при угле открытия заслонки 80 %. Что соответствует 70-80 % нагрузки по крутящему моменту [6, 11, 12].

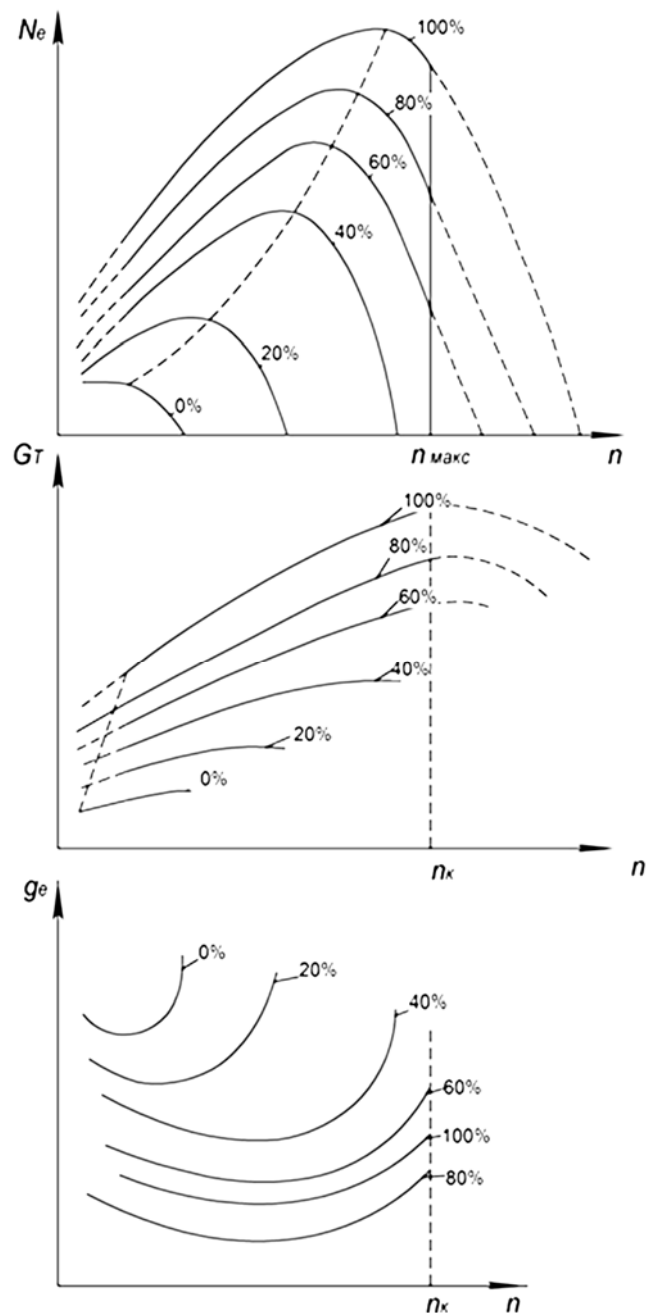


Рисунок 1 – Скоростная характеристика бензинового ДВС при различных углах положения дроссельной заслонки

Материал и методы

Для проверки соответствия трансмиссии автомобиля характеристикам топливной экономичности ДВС проведем расчет [13]. В качестве исходных данных используем автомобиль Lada Largus, максимальная мощность ДВС у которого 78 кВт при 5800 об/мин. Данный автомобиль относится к самому распространенному типу автомобилей категории М1 в России. Передаточные числа его трансмиссии (индекс 2180) с учетом главной передачи: 1-я 14,340; 2-я 7,699; 3-я 5,352; 4-я 3,711; 5-я 3,092 [14].

Теория / расчет

Для того, чтобы оценить степень загрузки двигателя используем данные тягово-мощностного расчета (рис. 2). Расчет производится по изменению крутящего момента ДВС (M_K), передаточным числам трансмиссии (U_T), КПД трансмиссии (η_T) с учетом радиуса качения колеса (r_k) по формуле [13]

$$P_T = \frac{M_K \times U_T \times \eta_T}{r_k} \tag{1}$$

На графике показаны результаты расчета изменение силы тяги на ведущих колесах на каждой передач. А также изменение силы сопротивления дороги. Нижняя кривая характеризует силу сопротивления при равномерном движении.

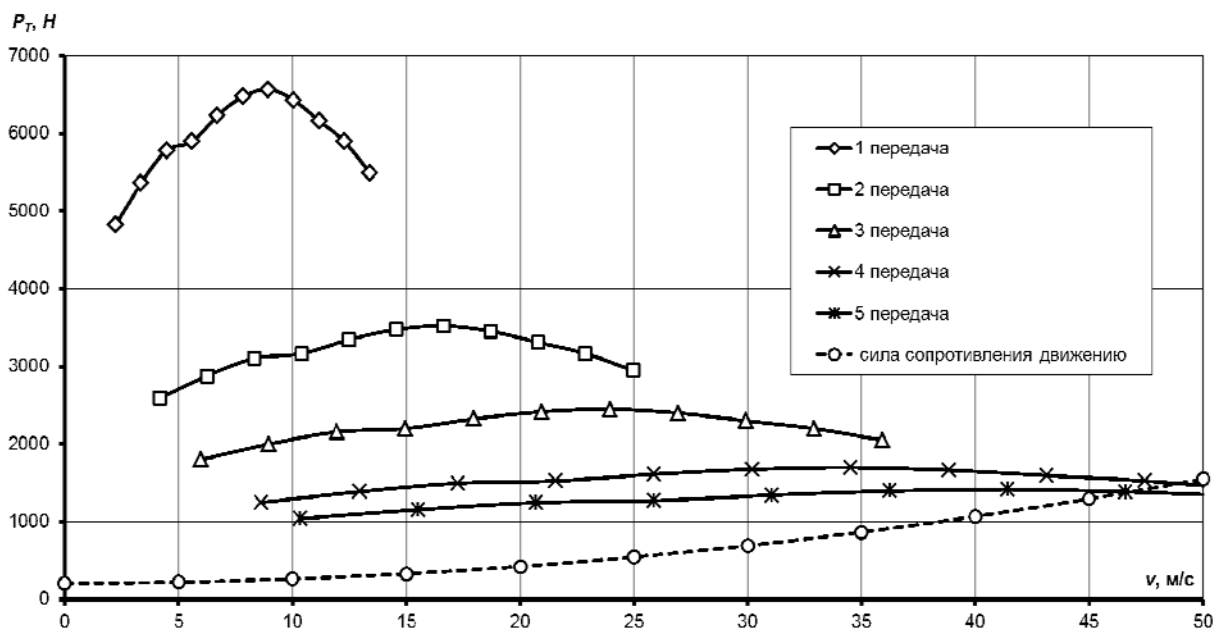


Рисунок 2 – Тяговая характеристика автомобиля при работе ДВС по внешней скоростной характеристике

Мощность силы тяги определяется зависимостью:

$$N_T = \frac{P_T \times v}{1000}, \tag{2}$$

где v – скорость движения автомобиля.

Соотношение максимальной мощности силы тяги и мощности при равномерном движении характеризует степень загрузки двигателя ($LOAD$).

$$LOAD = \frac{N_{\Sigma}}{N_T} \times 100 (\%). \tag{3}$$

В результате вычислений получен график нагрузки ($LOAD$) на каждой передаче (рис. 3).

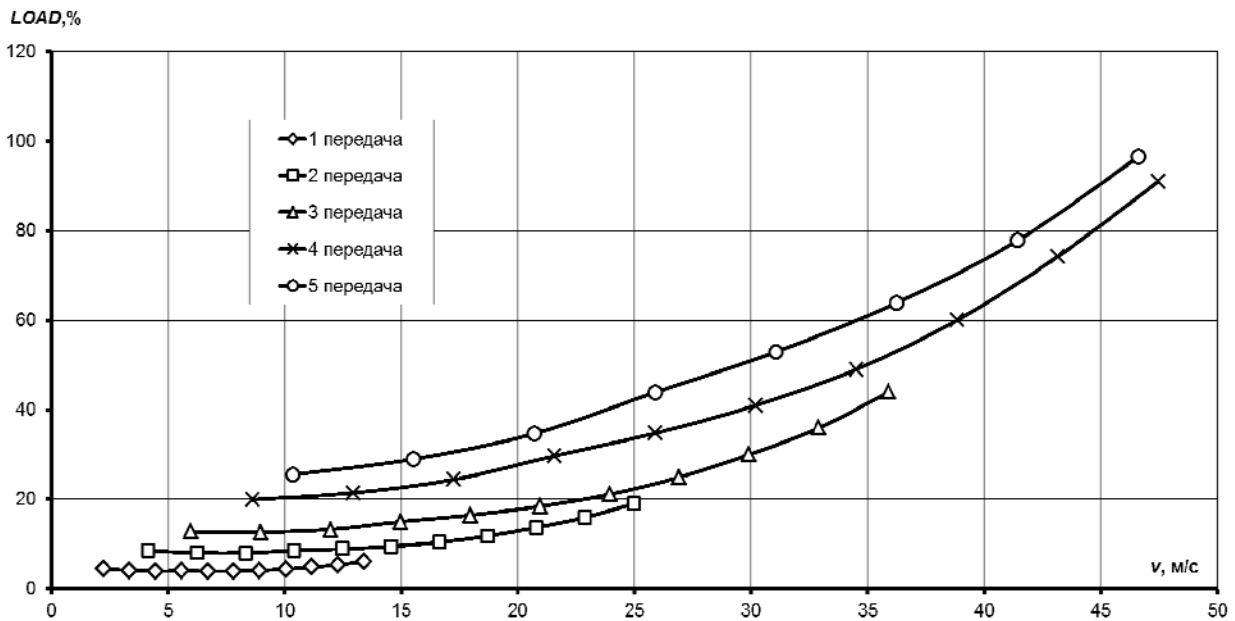


Рисунок 3 – Характеристика загрузки ДВС при установившемся равномерном движении

График показывает, что при движении на первой передаче степень загрузки ДВС составляет всего 4 %. При движении со скоростью 36 км/ч (10 м/с) достигается минимальная устойчивая частота вращения коленчатого вала при которой можно включить 5-ю передачу. Степень загрузки ДВС при этом составит 25 %. При скорости 100 км/ч (27,8 м/с) на 5-й (высшей) передаче частота вращения коленчатого вала составляет 2600 об./мин, а степень загрузки ДВС при этом режиме составляет 50 %. Таким образом, при равномерном движении в городском и загородном режимах движения не удастся загрузить ДВС достаточно для достижения режима минимального удельного расхода топлива.

Произведем расчёт требуемого передаточного отношения трансмиссии (U_T) для достижения степени загрузки ДВС $K = 70\%$.

$$U_T = \frac{P_T \times r_k}{K \times M_k \times \eta_T} \quad (4)$$

Условием, является то, что при данной скорости движения мощность сил сопротивления движения не должна превышать максимальную мощность двигателя. Если это условие не соблюдается, частота вращения коленчатого вала должна быть увеличена.

В таблице показаны желаемые расчетные передаточные отношения для достижения оптимальной загрузки ДВС 70 %.

Таблица 1 – Расчетные передаточные отношения для $Ne = 0,7 Ne_{\text{макс}}$

$n_{ДВ}$, об./мин	760	1500	1500	1500	1500	1500	1600	2300	2900	3800	5800
U_T	-	0,80	0,85	1,01	1,26	1,62	2,03	2,44	2,03	2,36	3,25

Результаты

Расчеты (рис. 4) показывают, каким должно быть передаточное отношение трансмиссии при равномерном движении во всем диапазоне скоростей. Из графика видно: на сколько не соответствуют передаточные числа трансмиссии легкового автомобиля для достижения минимального удельного расхода топлива. Даже высшей 5-й передачи при скорости 28 м/с (100 км/ч) и во всем диапазоне городского режима недостаточно для нагружения двигателя.

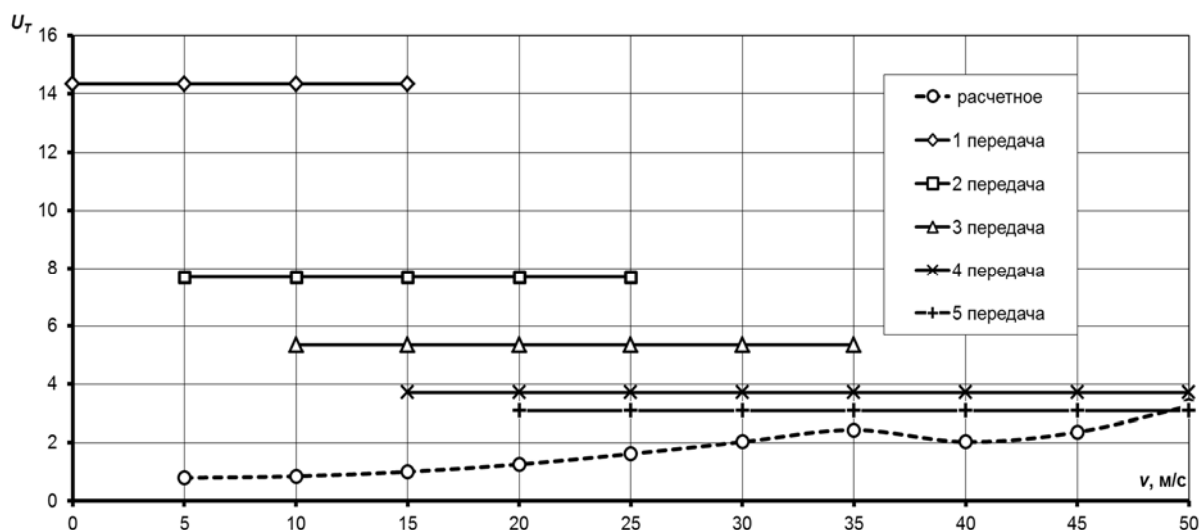


Рисунок 4 – Расчетное (желаемое) и фактические передаточные отношения трансмиссии

Обсуждение

Конечно, при ускорении силы сопротивления на ведущих колесах резко растут и передаточное отношение должно увеличиваться. Для этого необходим запас по силе тяги. Но при поддержании постоянного режима движения запас по тяге не нужен и передаточное отношение должно быть ниже. Отсюда следует вывод, что в городском и даже загородном режимах движения трансмиссия непрерывно должна приспосабливать ДВС к ускорениям и режимам движения с постоянной нагрузкой. Аналогичные выводы делают исследователи Евсеев П.П. и Филькин Н.М. [15-17, 25].

Выводы

На автомобиле с механической трансмиссией водителю после каждого ускорения необходимо переходить на высшую передачу и заранее готовиться к ускорениям, что в условиях городского движения требует хороших навыков. Быстрое изменение передаточного отношения возможно в механических бесступенчатых трансмиссиях-вариаторах. Однако, из-за особенности конструкции диапазон их передаточных чисел также очень узок.

Адаптивное управление передаточным числом обеспечивают электрические или электромеханические трансмиссии [18, 19, 24]. Примером служит трансмиссия Hybrid Synergy Drive, применяемая на автомобилях Toyota [20-23]. Концепция данной трансмиссии как раз и состоит в создании условия для обеспечения наибольшей топливной экономичности ДВС одновременно с ее высокими тягово-динамическими характеристиками во всех режимах работы. В такой трансмиссии можно обеспечить практически любое передаточное число.

Приведем пример для автомобиля Toyota Prius, трансмиссию которого можно назвать адаптивной. При движении с постоянной скоростью 100 км/ч, частота вращения его ведущей оси равна:

$$n_{\text{ВО}} = \frac{100 \times 60}{3,6 \times 2\pi R_K} = 884 \text{ об./мин} \quad (5)$$

где R_K – радиус качения колеса (0,3 м).

Частота вращения коленчатого вала при данной установившейся скорости по результатам наблюдений составляет $n_{\text{КВ}} = 1450$ об/мин.

Передаточное отношение трансмиссии при таком режиме движения составит

$$u_T = \frac{n_{\text{КВ}}}{n_{\text{ВО}}} = \frac{1450}{884} = 1,64. \quad (6)$$

Если взглянуть на график (рис. 4), то при той же скорости движения 100 км/ч (27,8 м/с) передаточное отношение трансмиссии легкового автомобиля должно составлять 1,9. Т.е. трансмиссия автомобиля Toyota Prius обеспечивает необходимое передаточное отношение трансмиссии для обеспечения минимального расхода топлива.

Запас по тяге при таком передаточном отношении будет отсутствовать (динамический фактор равен нулю) и при повышении требуемого крутящего момента на ведущих колесах трансмиссия должна мгновенно увеличить передаточное число, т.е. адаптироваться к условиям движения, что и обеспечивает устройство смешения мощности Hybrid Synergy Drive используемой на модели Prius.

Следует отметить, что повышающиеся требования к энергоэффективности автомобилей постепенно стимулирует развитие энергоустановок за счет использования адаптивных трансмиссий, которые все чаще будут находить применение в будущем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 58554-2019. Автомобильные транспортные средства. Показатели энергоэффективности и экологии. Способы информирования потребителей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. ГОСТ Р 59483-2021. Колесные транспортные средства. Термины и определения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Автомобильный справочник / перевод с английского. – Москва: За рулем, 2012. – 1280 с.
4. Раков, В.А. Стагнация развития конструкции двигателей внутреннего сгорания и ее влияние на экологичность автотранспортных средств / В.А. Раков // Автоматизация и энергосбережение в машиностроении, энергетике и на транспорте: материалы XV Международной научно-технической конференции. – Вологда. – 2021. – С. 290-294.
5. Раков, В.А. Способ измерения мощности двигателя транспортного средства, работающего в условиях неустановившегося режима работы / В.А. Раков, И.К. Александров // Альтернативные источники энергии на автомобильном транспорте: проблемы и перспективы рационального использования: материалы Международной научно-практической конференции. – Воронеж: ФГБОУ ВПО «ВГЛТА», 2014. – С. 170-174.
6. Дьяченко, В.Г. Теория двигателей внутреннего сгорания: учебник / В.Г. Дьяченко. – перевод с украинского языка. – Харьков: ХНАДУ. – 2009. – 500 с.
7. Ferguson, C.R. Internal combustion engines: applied thermosciences / C.R. Ferguson, A.T. Kirkpatrick // John Wiley & Sons, 2015. – P. 480.
8. Токарев, А.А. Топливная экономичность и тягово-скоростные качества автомобиля / А.А. Токарев. – Москва: Машиностроение, 1982. – 224 с.
9. Александров, И.К. Оценка энергетической эффективности ДВС в условиях неустановившегося режима работы / И.К. Александров, О.Л. Белков, В.А. Раков // Вестник машиностроения. – 2008. – №6. – С. 17-20.
10. Литвинов, А.С. Автомобиль. Теория эксплуатационных свойств: учебник для вузов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство» / А.С. Литвинов, Я.Е. Фаробин. – Москва: Машиностроение, 1989. – 240 с.
11. Кравченко, В.А. Эксплуатационные свойства автомобилей: учебное пособие / В.А. Кравченко. – зерноград: АЧГАА, 2005. – 218 с.
12. Марков, В.А. Теплоэнергетические установки и их системы автоматического управления и регулирования / В.А. Марков // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. – 2020. – №6. – С. 106-130.
13. Вахрамов, В.К. Конструкция, расчет и эксплуатационные свойства автомобиля: учебное пособие / В.К. Вахрамов. – Москва: Академия. – 2007. – 560 с.
14. Технические характеристики автомобиля Lada Largus Cross: руководство по эксплуатации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://largus-mcv.ru/html/kpp.html>
15. Евсеев, П.П. Передаточное число коробки передач и расход топлива автомобилем / П.П. Евсеев // Автомобильная промышленность. – 2008. – №1. – С. 16-19.
16. Филькин, Н.М. Оптимизация передаточных чисел и количества ступеней трансмиссии легкового автомобиля: дис. ... канд. техн. наук / Н.М. Филькин. – Москва, 1990.
17. Ощепкова, Е.Ю. Оптимизация передаточных чисел трансмиссии автомобиля как резерв повышения его эксплуатационных свойств / Е.Ю. Ощепкова, Н.М. Филькин // Интеллектуальные системы в производстве. – 2009. – №1(13). – С. 140-145.
18. Александров, И.К. Адаптивные трансмиссии – путь к созданию экономичных машинных агрегатов и транспортных средств / И.К. Александров, Е.В. Несговорков, В.А. Раков // Техника в сельском хозяйстве. – 2011. – №1. – С. 25-30.
19. Гусаков, С.В. Исследование резервов повышения эффективности работы ДВС в составе гибридной силовой установки / С.В. Гусаков, А. Мохсен // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2014. – №18(145). – С. 41-44.

20. Pistoia, G. Electric and hybrid vehicles. Power sources, models, sustainability, infrastructure and the market / Pistoia, G. – Oxford: the netherlands linacre house. Great Britain. – 2010. – 645 p.
21. Раков, В.А. Оценка эксплуатационных свойств автомобилей с комбинированными энергетическими установками / В.А. Раков. – Вологда: ВоГУ, 2020. – 240 с.
22. Новиков, А.Н. Экологический мониторинг воздействия автотранспорта на акустическую среду города / А.Н. Новиков, О.А. Иващук, В.В. Васильева // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2006. – №6. – С. 33-34.
23. Новиков, А.Н. Пути снижения негативного воздействия автотранспортных потоков на качество акустической среды / А.Н. Новиков, О.А. Иващук, В.В. Васильева // Мир транспорта и технологических машин. – 2009. – №1(24). – С. 107-111.
24. Новиков, А.Н. Управление качеством окружающей среды региона при воздействии автотранспорта (на примере Орловской области) / А.Н. Новиков, О.А. Иващук // Проблемы эксплуатации и обслуживания транспортно-технологических машин: доклады международной научно-технической конференции. – 2006. – С. 146-148.
25. Новиков, А.Н. Управление качеством акустической среды в зоне влияния автомобильных дорог на основе автоматизированной системы экологического мониторинга / А.Н. Новиков, О.А. Иващук, В.В. Васильева // Вестник Московского автомобильно-дорожного института (государственного технического университета). – 2007. – №4 (11). – С. 90-97.

Раков Вячеслав Александрович

Вологодский государственный университет

Адрес: 160000, Россия, г. Вологда, ул. Ленина, д. 15

К.т.н., доцент кафедры автомобилей и автомобильного хозяйства

E-mail: vyacheslav.rakov@mail.ru

Трушин Николай Николаевич

Тульский государственный университет

Адрес: 300012, Россия, г. Тула, пр-кт Ленина, д. 92

Д.т.н., профессор кафедры технологии машиностроения

E-mail: trunikolaj@yandex.ru

V.A. RAKOV, N. N. TRUSHIN

ANALYSIS OF VEHICLE TRANSMISSION FITNESS TO THE CHARACTERISTIC OF FUEL EFFICIENCY OF THE ENGINE

***Abstract.** The article discusses the issue of combining the characteristics of an internal combustion engine, driving loads and gear ratios of a car's transmission in relation to fuel efficiency. Based on the results of the traction-power calculation, the degree of loading of the internal combustion engine was determined at various speeds of the vehicle. An example of determining the optimal transmission ratios of a passenger car transmission to ensure the highest fuel efficiency of its engine is given.*

***Keywords:** energy analysis, fuel efficiency, load mode, internal combustion engine, transmission, gear ratios*

BIBLIOGRAPHY

1. GOST R 58554-2019. Avtomobil'nye transportnye sredstva. Pokazateli energoeffektivnosti i ekologii. Spособы informirovaniya potrebiteley [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: dlya avtoriz. pol'zovateley.
2. GOST R 59483-2021. Kolesnyye transportnye sredstva. Terminy i opredeleniya [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: dlya avtoriz. pol'zovateley.
3. Avtomobil'nyy spravochnik / perevod s angliyskogo. – Moskva: Za rulem, 2012. – 1280 s.
4. Rakov, V.A. Stagnatsiya razvitiya konstruksii dvigateley vnutrennego sgoraniya i ee vliyanie na ekologichnost' avtotransportnykh sredstv / V.A. Rakov // Avtomatizatsiya i energosberezhenie v mashinostroenii, energetike i na transporte: materialy XV Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. – Vologda. – 2021. – S. 290-294.
5. Rakov, V.A. Sposob izmereniya moshchnosti dvigatelya transportnogo sredstva, rabotayushchego v usloviyakh neustanovivshegosya rezhima raboty / V.A. Rakov, I.K. Aleksandrov // Al'ternativnye istochniki energii na avtomobil'nom transporte: problemy i perspektivy ratsional'nogo ispol'zovaniya: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. – Voronezh: FGBOU VPO «VGLTA», 2014. – S. 170-174.

6. D'yachenko, V.G. Teoriya dvigateley vnutrennego sgoraniya: uchebnik / V.G. D'yachenko. – Perevod s ukrainskogo yazyka. – Har'kov: HNADU. – 2009. – 500 s.
7. Ferguson, C.R. Internal combustion engines: applied thermosciences / C.R. Ferguson, A.T. Kirkpatrick // John Wiley & Sons, 2015. – P. 480.
8. Tokarev, A.A. Toplivnaya ekonomichnost' i tyagovo-skorostnye kachestva avtomobilya / A.A. Tokarev. – Moskva: Mashinostroenie, 1982. – 224 s.
9. Aleksandrov, I.K. Otsenka energeticheskoy effektivnosti DVS v usloviyakh neustanovivshegosya rezhima raboty / I.K. Aleksandrov, O.L. Belkov, V.A. Rakov // Vestnik mashinostroeniya. – 2008. – №6. – S. 17-20.
10. Litvinov, A.S. Avtomobil'. Teoriya ekspluatatsionnykh svoystv: uchebnik dlya vuzov po spetsial'nosti «Avtomobili i avtomobil'noe khozyaystvo» / A.S. Litvinov, Ya.E. Farobin. – Moskva: Mashinostroenie, 1989. – 240 s.
11. Kravchenko, V.A. Ekspluatatsionnye svoystva avtomobiley: uchebnoe posobie / V.A. Kravchenko. – Zernograd: ACHGAA, 2005. – 218 s.
12. Markov, V.A. Teploenergeticheskie ustanovki i ikh sistemy avtomaticheskogo upravleniya i regulirovaniya / V.A. Markov // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. N.E. Baumana. – 2020. – №6. – S. 106-130.
13. Vakhranov, V.K. Konstuktziya, raschet i ekspluatatsionnye svoystva avtomobilya: uchebnoe posobie / V.K. Vakhranov. – Moskva: Akademiya. – 2007. – 560 s.
14. Tekhnicheskie kharakteristiki avtomobilya Lada Largus Cross: rukovodstvo po ekspluatatsii [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://largus-mcv.ru/html/kpp.html>.
15. Evseev, P.P. Peredatochnoe chislo korobki peredach i rashod topliva avtomobilem / P.P. Evseev // Avtomobil'naya promyshlennost'. – 2008. – №1. – S. 16-19.
16. Fil'kin, N.M. Optimizatsiya peredatochnykh chisel i kolichestva stupeney transmissii legkovogo avtomobilya: dis. ... kand. tekhn. nauk / N.M. Fil'kin. – Moskva, 1990.
17. Oshchepkova, E.Yu. Optimizatsiya peredatochnykh chisel transmissii avtomobilya kak rezerv povysheniya ego ekspluatatsionnykh svoystv / E.Yu. Oshchepkova, N.M. Fil'kin // Intellektual'nye sistemy v proizvodstve. – 2009. – №1(13). – S. 140-145.
18. Aleksandrov, I.K. Adaptivnye transmissii – put' k sozdaniyu ekonomichnykh mashinnykh agregatov i transportnykh sredstv / I.K. Aleksandrov, E.V. Nesgovorov, V.A. Rakov // Tekhnika v sel'skom khozyaystve. – 2011. – №1. – S. 25-30.
19. Gusakov, S.V. Issledovanie rezervov povysheniya effektivnosti raboty DVS v sostave gibridnoy silovoy ustanovki / S.V. Gusakov, A. Mokhsen // Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2014. – №18(145). – S. 41-44.
20. Pistoia, G. Electric and hybrid vehicles. Power sources, models, sustainability, infrastructure and the market / Pistoia, G. – Oxford: the netherlands linacre house. Great Britain. – 2010. – 645 p.
21. Rakov, V.A. Otsenka ekspluatatsionnykh svoystv avtomobiley s kombinirovannymi energeticheskimi ustanovkami / V.A. Rakov. – Vologda: VoGU, 2020. – 240 s.
22. Novikov, A.N. Ekologicheskii monitoring vozdeystviya avtotransporta na akusticheskuyu sredu goroda / A.N. Novikov, O.A. Ivashchuk, V.V. Vasil'eva // Remont. Vosstanovlenie. Modernizatsiya. – 2006. – №6. – S. 33-34.
23. Novikov, A.N. Puti snizheniya negativnogo vozdeystviya avtotransportnykh potokov na kachestvo akusticheskoy sredy / A.N. Novikov, O.A. Ivashchuk, V.V. Vasil'eva // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. – 2009. – №1(24). – S. 107-111.
24. Novikov, A.N. Upravlenie kachestvom okruzhayushchey sredy regiona pri vozdeystvii avtotransporta (na primere Orlovskoy oblasti) / A.N. Novikov, O.A. Ivashchuk // Problemy ekspluatatsii i obsluzhivaniya transportno-tekhnologicheskikh mashin: doklady mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. – 2006. – S. 146-148.
25. Novikov, A.N. Upravlenie kachestvom akusticheskoy sredy v zone vliyaniya avtomobil'nykh dorog na osnove avtomatizirovannoy sistemy ekologicheskogo monitoringa / A.N. Novikov, O.A. Ivashchuk, V.V. Vasil'eva // Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo instituta (gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta). – 2007. – №4 (11). – S. 90-97.

Rakov Vyacheslav Alexandrovich

Vologda State University

Address: 160000, Russia, Vologda, Lenina str., 15

Candidate of technical sciences

E-mail: vyacheslav.rakov@mail.ru

Trushin Nikolay Nikolaevich

Tula State University

Address: 300012, Russia, Tula, Lenin Avenue, 92

Doctor of technical sciences

E-mail: trunikolaj@yandex.ru

Научная статья

УДК 656.071.3

doi:10.33979/2073-7432-2022-76-1-103-111

Н.Н. ЯКУНИН, О.Ю. ФРОЛОВ, Н.В. ЯКУНИНА, В.В. КОТОВ

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ КАДРОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА РЕГИОНА (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН)

***Аннотация.** Определены количественные характеристики персонала автомобильного транспорта и автотранспортных средств хозяйствующих субъектов различных организационно-правовых форм и ведомственной подчинённости. Получены зависимости количества персонала от количества автотранспортных средств, позволившие определить потребность автотранспортного комплекса Республики Башкортостан в трудовых ресурсах, определена доля работников автомобильного транспорта в общей структуре трудоспособного населения. В работе установлены значения характеристик кадрового обеспечения автотранспортных предприятий с учетом форм собственности, позволивших определить потребность автотранспортного комплекса Республики Башкортостан в персонале.*

***Ключевые слова:** кадровое обеспечение, автотранспортное предприятие, автомобильный транспорт, автотранспортные средства*

Введение

Автомобильный транспорт имеет важное значение для устойчивого развития экономики и социальной сферы страны. С его участием перевозится свыше 60 % всех пассажиров, значительны перевозки грузов в городском, пригородном, междугородном и международном сообщениях. Автомобильный транспорт имеет уникальные преимущества перед другими видами транспорта, прежде всего по показателям мобильности, способности осуществлять транспортные корреспонденции «от двери до двери» и на протяжении «последней мили». Вместе с тем, себестоимость таких перевозок на единицу перевозимых объектов часто превышает себестоимость при перевозках другими видами транспорта. Остаётся высокой аварийность. На повышение эффективности и безопасности функционирования этого вида транспорта должны быть направлены основные усилия.

Автомобильный транспорт является сложной многоуровневой системой с децентрализованным управлением, построенном на использовании нормативно-правового и нормативно-технического регулирования. Особенностью этого вида транспорта является его применение во всех отраслях народного хозяйства – от промышленности, строительства, сельского хозяйства, перерабатывающих и топливно-энергетических до транспорта общего пользования. Это обстоятельство делает невозможным использование существующих официальных статистических данных для оценки современного состояния кадрового обеспечения автотранспортного комплекса. В этих документах информация приведена по основным видам деятельности предприятий, в которых автомобильный транспорт является значительным, но вспомогательным. В этой связи назрела необходимость определения современного состояния кадрового обеспечения автотранспортной деятельности без разделения по отраслевому признаку.

В совершенствовании деятельности автомобильного транспорта особая роль отведена кадровому обеспечению. Компетентность персонала, его способность к созданию условий для устойчивого развития, осуществлению основной и вспомогательной деятельности являются условиями успешного развития. Среди научных и методических трудов существуют такие, которые направлены на совершенствование управления производительностью труда

на автомобильном транспорте [1-5]. Известны работы, в которых изучено влияние персонала и его квалификации на процесс производства [6, 8-12, 15], в том числе работы, в которых отражен опыт ведущих экономик мира [7, 13]. В этих работах отмечается влияние структуры экономической деятельности в регионах страны на характеристики автотранспортных предприятий, среди которых наибольшее внимание уделено количеству таких предприятий, количеству и типоразмеру автомобилей в их составе и другим показателям. При этом характеристики персонала предлагают определять по методикам, которые не учитывают произошедшие изменения экономических отношений в стране, технические, технологические и организационные новации, вызванные научно-техническим прогрессом. Остаются не изученными зависимости количества персонала автотранспортной деятельности от количества автотранспортных средств.

Кроме того, актуальность оценки современного состояния кадрового обеспечения автотранспортной деятельности обуславливается необходимостью формирования контингента обучающихся по программам направления подготовки специалистов «Техника и технология наземного транспорта». Без такой оценки отсутствует понимание в потребности подготовки специалистов в различных административно-территориальных образованиях страны.

Целью работы является обоснование характеристик кадрового обеспечения автотранспортной деятельности для определения доли работников автомобильного транспорта в общей структуре трудоспособного населения и последующего прогнозирования потребности в трудовых ресурсах. Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) определить количественные характеристики персонала автомобильного транспорта и автотранспортных средств хозяйствующих субъектов различных организационно-правовых форм и ведомственной подчинённости;
- 2) определить зависимости количества персонала от количества автотранспортных средств;
- 3) с использованием определённых зависимостей определить количество работников автомобильного транспорта в регионе и их долю в общей структуре трудоспособного населения.

Для исследования коллективом авторов выбрана Республика Башкортостан. Общий парк N автобусов и грузовых автомобилей в Башкортостане по состоянию на 2018 год составил 203,4 тыс. штук, что является 8 местом по Российской Федерации и 1 местом среди регионов Приволжского федерального округа [14, 22, 23].

Научную новизну исследования составляют:

- 1) количественные характеристики персонала автомобильного транспорта и автотранспортных средств хозяйствующих субъектов различных организационно-правовых форм без учёта их ведомственной подчинённости;
- 2) зависимости количества персонала от количества автотранспортных средств, позволившие определить потребность автотранспортного комплекса Республики Башкортостан в трудовых ресурсах;
- 3) доля работников автомобильного транспорта в общей структуре трудоспособного населения в Республики Башкортостан.

Материал и методы

Методы математической статистики, положения теории технической эксплуатации автомобилей использованы в настоящей работе в качестве основных. Для определения количества работников $N_{га}$, задействованных на предприятиях, занимающихся грузовыми и пассажирскими перевозками использован метод анкетирования. В анкете было необходимо указать сведения о количестве подвижного состава, общем количестве сотрудников автотранспортного предприятия (АТП) с указанием числа сотрудников с профильным автотранспорт-

ным образованием (с разделением на среднее образование и высшее). В опросе участвовали 70 предприятий Республики Башкортостан, среди которых 35 предприятий имели организационно-правовую форму юридического лица и 35 – индивидуальных предпринимателей. Основной вид деятельности этих предприятий выбирался произвольным образом и в целом отражает структуру экономической деятельности Республики Башкортостан. Все указанные предприятия оказывали услуги по перевозке пассажиров автобусами, грузов грузовыми автомобилями, прицепами и полуприцепами. Опрос происходил анонимно, без указания наименования юридического лица и индивидуального предпринимателя.

Теория

В работе использованы показатели, предложенные авторами в укрупнённой методике определения потребности автотранспортного комплекса региона в кадрах с профильным образованием, изложенные в работе [19, 21].

Укрупнённо методика состоит из следующих этапов:

1) сбор статистических сведений, путём проведения анкетирования предприятий автотранспортного комплекса Республики Башкортостан для определения значений показателей, используемых для расчётов количества работников с различным уровнем профильного образования;

2) определение количества работников грузового и пассажирского коммерческого автомобильного транспорта с использованием значений показателей по пункту 1;

3) определение количества работников сервисов и станций технического обслуживания легковых автомобилей с использованием значений показателей по пункту 1;

4) определение общего количества работников автотранспортного комплекса Республики Башкортостан, в том числе с профильным автотранспортным образованием, и их доли в общем составе трудоспособного населения Башкортостана.

Расчёт

Суммарное количество подвижного состава в исследованных хозяйствующих субъектах составило 7045 единиц, в них работают 12822 человек. В этих предприятиях численность подвижного состава составила от 1 до 342 единиц, при этом в составе юридических лиц – от 51 до 342 единиц, в составе индивидуальных предпринимателей – от 1 до 96 единиц. Среднее количество НПС подвижного состава АТП во всех предприятиях составило 126 единиц, при этом для юридических лиц этот показатель равен – 151 единице, для индивидуальных предпринимателей – 38 единиц (табл. 1).

В исследуемых предприятиях количество Z сотрудников, приходящихся на единицу подвижного состава, составило от 1,09 до 2,54 чел. при математическом ожидании 1,82 человека на автомобиль. При этом у юридических лиц этот показатель равен 1,79, у индивидуальных предпринимателей – 1,85 (табл. 1).

Таблица 1 – Полученные значения показателей кадрового обеспечения автотранспортных предприятий Республики Башкортостан

Вид предприятия	Показатели		
	Количество подвижного состава (в скобках указано значение математического ожидания)	Z (в скобках указано значение математического ожидания)	$Z_{\text{проф}}$ (в скобках указано значение математического ожидания)
По всем предприятиям	1-342 (126)	1,09-2,54 (1,82)	0-0,30 (0,07)

Юридические лица	51-342 (151)	1,09-2,84 (1,79)	0,06-0,19 (0,09)
Индивидуальные предприниматели	1-96 (38)	1,41-2,42 (1,85)	0-0,30 (0,05)

Количество сотрудников АТП с профильным автотранспортным образованием, приходящееся на единицу подвижного состава, принимает значение от 0 до 0,30 (табл. 1). Среднее значение данного показателя – 0,07. При этом у юридических лиц – 0,09, у индивидуальных предпринимателей – 0,05. Установлено, что у большей части юридических лиц данный показатель доходит до значения 0,19, а у индивидуальных предпринимателей – до 0,08, что свидетельствует о том, что на АТП, имеющих статус юридического лица, больше кадров с профильным автотранспортным образованием, чем у индивидуальных предпринимателей.

Получены зависимости количества сотрудников АТП от количества подвижного состава. Величина достоверности аппроксимации по полученным зависимостям составила не меньше 0,70. При увеличении численности парка подвижного состава увеличивается количество сотрудников АТП и профильных сотрудников по зависимостям, представленным на рисунках 1 и 2.

Зависимости, представленные на рисунках 1 и 2 позволяют определить потребность в кадровом обеспечении АТП.

Трудоспособное население в Республике Башкортостан по состоянию на 2018 год составило 2 221 829 человек [14, 20].

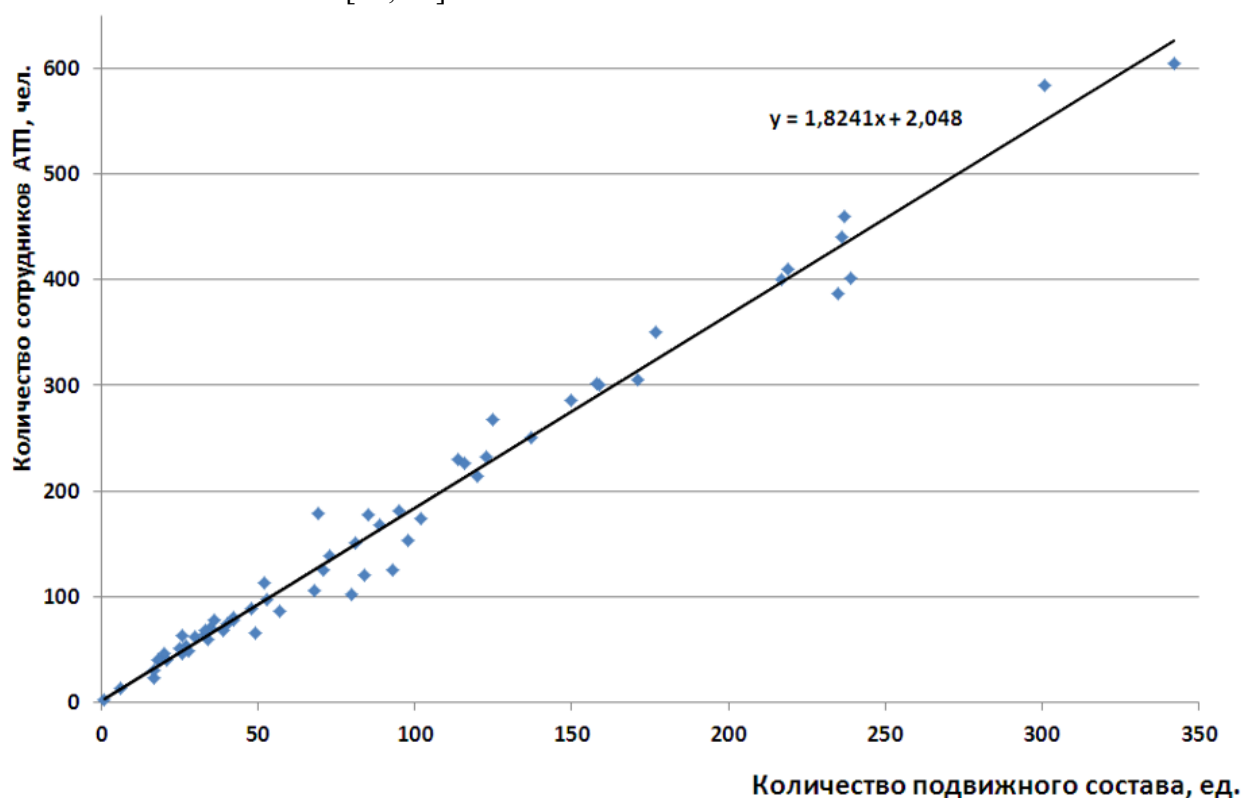


Рисунок 1 – Зависимость численности сотрудников АТП от количества подвижного состава

Так как на единицу транспортного средства (грузовых автомобилей и автобусов) приходится 1,82 сотрудника, количество автобусов и грузовых автомобилей в Республике Баш-

кортостан составляет 203,4 тыс. штук, тогда в автотранспортном комплексе Республики Башкортостан должны быть задействованы 370 тыс. сотрудников ($N_{ГА}$).

Количество легковых автомобилей, зарегистрированных на территории Республики Башкортостан, составляет 1390 тыс. штук [14], среднегодовой пробег легкового автомобиля на территории Республики Башкортостан составил 14 тыс. км [16], тогда трудоёмкость работ по техническому обслуживанию и ремонту парка легковых автомобилей, $T_{ТО-ТР}$ составит:

$$T_{ТО-ТР} = 1390000 \cdot 14000 \cdot 2,7/1000 = 52542000 \text{ нормо-часов.}$$

Количество работников автотранспортного комплекса, задействованных на станциях технического обслуживания легковых автомобилей, составит:

$$N_{Л} = 52542000/1832 = 28,7 \text{ тыс. чел.}$$

Число прочих работников сферы автомобильного транспорта, которые не входят в две первые группы, составит:

$$N_{ПР} = (370 + 28,7) \cdot 0,05 = 19,9 \text{ тыс. чел.};$$

$$N_{ОБЩ} = 370 + 28,7 + 19,9 = 418,6 \text{ тыс. чел.}$$

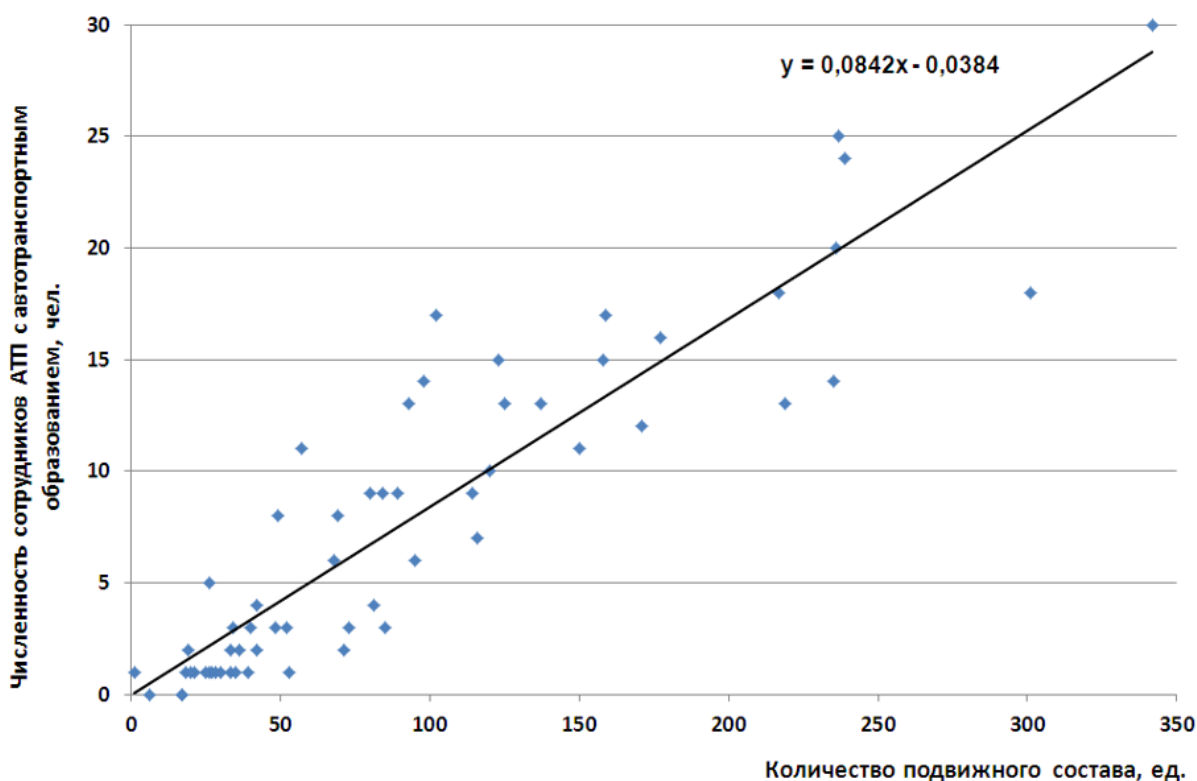


Рисунок 2 – Зависимость численности сотрудников АТП с автотранспортным образованием от количества подвижного состава

Таким образом, общее количество работников автотранспортного комплекса Республики Башкортостан – 418,6 тыс. сотрудников, что составляет 19 % от трудоспособного населения региона. При этом, расчётное количество специалистов с профильным автотранспортным образованием в Республике Башкортостан должно быть 14238 человек.

На первый курс в 2021 году в средние и высшие профессиональные образовательные учреждения Республики Башкортостан было зачислено 569 студентов автотранспортного профиля. При условии, что все зачисленные студенты закончат образовательное учреждение со средним возрастом 22 года и проработают в данной отрасли до пенсионного возраста (65

лет), то есть 43 года, получим что: $14238/43 = 331$ человек должно выпускаться ежегодно, для устойчивого развития автотранспортной отрасли Республики.

Результаты

Сравнение рассчитанного количества работников автотранспортного комплекса в регионе, установленного в настоящем исследовании, и этого же показателя, приведённого в ежегодных статистических сборниках, свидетельствуют об их несоответствии. Рассчитанное значение в 3,8 раза превышает статистическое. Такое отличие обусловлено тем, что в статистических сборниках отражена информация в разрезе отраслей и не учитывает деятельность автомобильного транспорта в их составе. Такое положение делает невозможным использование существующих официальных статистических данных для оценки современного состояния кадрового обеспечения. Кроме того, полученные результаты помогают осознать транспортным властям регионов потребность в трудовых ресурсах, в особенности той её части, которая обладает компетенциями организаторов и технологов автотранспортной деятельности.

Доля работников автомобильного транспорта составляет 19 % в общей структуре трудоспособного населения Республики Башкортостан. Сравнение этого показателя с аналогичными показателями в других отраслях позволяет утверждать о преобладании персонала автотранспортной деятельности в структуре трудоспособного населения. Расчётное количество специалистов с профильным автотранспортным образованием в Республике Башкортостан составляет 14238 человек. С учётом этого необходимо определять структурные характеристики системы подготовки трудовых ресурсов.

Обсуждение

Показатель количества подвижного состава в автотранспортных предприятиях без учёта организационно-правовой формы деятельности существенно уменьшился по сравнению с советским периодом. Основная роль в таком регрессе принадлежит юридическим лицам, монополю существовавшим в отмеченное время. В качестве особенности современного состояния хозяйствующих субъектов по показателю количества подвижного состава необходимо отметить значительное укрепление позиции индивидуальных предпринимателей. В результате такого разнонаправленного развития образовалась общая область значений показателя, что может быть расценено как условие для преобразования формы индивидуального предпринимательства в форму юридического лица.

Анализ показателя среднего количества персонала, приходящегося на единицу подвижного состава, свидетельствует о незначительных его отличиях в исследуемых организационно-правовых формах предприятий. Однако по показателю количества сотрудников АТП с профильным автотранспортным образованием, приходящихся на единицу подвижного состава, необходимо отметить, что среднее его значение для юридических лиц почти в два раза превышает аналогичный показатель для индивидуальных предпринимателей. Эта особенность, на наш взгляд, вызвана тем, что юридические лица традиционно развивают свои предприятия не только в направлении коммерческой эксплуатации, но и в направлении технической эксплуатации автомобилей. Индивидуальные предприниматели к настоящему времени только приступили к формированию своей производственно-технической базы и многие из них пользуются услугами технического сервиса автомобилей на базе юридических лиц. Дополнительно необходимо отметить, что усложнение конструкции автотранспортных средств, методов технического сервиса, логистического и организационного обеспечения транспортного процесса выдвигают возрастающие требования к руководителям и специалистам автомобильного транспорта. Это является дополнительным условием привлечения для работы в АТП специалистов с профильным автотранспортным образованием.

Выводы

В работе предложены количественные характеристики кадрового обеспечения автотранспортного комплекса на примере Республики Башкортостан в зависимости от количества транспортных средств. Установлены зависимости количества персонала от количества автотранспортных средств на предприятиях с различными организационно-правовыми формами и ведомственной подчиненности. Определено количество работников автомобильного транспорта в регионе и их доля в общей структуре трудоспособного населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Журавлев, П.В. Мировой опыт в управлении персоналом: обзор зарубежных источников / П.В. Журавлев. – Екатеринбург: Деловая книга, 2008. – 232 с.
2. Иванов, О. Современный формат оценки персонала / О. Иванов // Персонал-Микс. – 2009. – №4. – С. 78-81.
3. Ищенко, С.Д. Определение стратегического направления в работе с персоналом на основе анализа служебного поведения / С.Д. Ищенко // Управление персоналом. – 2011. – №11. – С. 24-30.
4. Zhao, T.R. Study of human resource management benefits human resources management in the knowledge economy era / T.R. Zhao // Vols I and II, Univ Jinan, Peoplesr China. – 2009. – P. 947-952.
5. Sojka, L. Trends and challenges in human resources management in the new millennium, management 2016: international business and management, domestic particularities and emerging markets in the light of research / Sojka, L. // 6th international scientific conference on international business and management, domestic particularities and emerging markets in the light of research. – Slovakia. - 2016. – P. 162-168.
6. Strohmeier, S. Digital human resource management: a conceptual clarification / S. Strohmeier // German journal of human resource management-zeitschrift fur personalforschung. – Vol. 34. – P. 345-365.
7. Meirinhos, V.A. Societal Human Resources Management and Development / V.A. Meirinhos, A.I. Couto // Innovation management and education excellence vision 2020: from regional development sustainability to global economic growth. - 27th international business information management association conference. – Vols I-VI., Milan. – 2016. - P. 1584-1587.
8. Якунина, Н.В. Влияние состояния организационно-технологической системы на безопасность перевозок пассажиров автомобильным транспортом / Н.В. Якунина, Н.Н. Якунин, О.М. Меньших, К.В. Грибков // Автомобильная промышленность. – 2018. – №1. – С. 20-24.
9. Фролов, О.Ю. Методика прогнозирования количества автотранспортных средств в регионе: материалы международной научно-практической конференции «Наука России: цели и задачи» / О.Ю. Фролов, Н.Н. Якунин., Н.В. Якунина, А.А. Постников // Екатеринбург: НИЦ «Л-Журнал». - Ч. 1. - 2021. – С. 118-121.
10. Yakunin, N. Staffing analysis of the regional motor transport complex (by the case of the Orenburg region) / N. Yakunin, N. Yakunina, V. Kotov, O. Kabanova // The VII international scientific and practical conference «Information technologies and management of transport systems»: MATEC Web Conf., Vol. 341. - 2021.
11. Rogov, A.A. quality management of the megacities transport hubs development / A.A. Rogov, O.I. Serebryakova, M.A. Makarova // Design and construction proceedings of the 2019 IEEE conference of Russian young researchers in electrical and electronic engineering (eiconrus). - P. 1458-1462.
12. Mikheeva, T.I. Methodology for the formation of the infrastructure of intelligent management of transport processes / T.I. Mikheeva, S.V. Mikheev, A.I. Chugunov // 8th scientific conference on information technologies for intelligent decision making support (ITIDS), proceedings of the 8th scientific conference on information technologies for intelligent decision making support (ITIDS). – 2020. – №174. – P. 228-232.
13. Grebeshkov, A.Y. Optical transport network management via machine learning and ontology-based technique / A.Y. Grebeshkov // 17th international scientific and technical conference on optical technologies for telecommunications, optical technologies for telecommunications. – 2019. – P. 11516.
14. Miskiewicz, R. Innovation management in Polish transport in the industry 4.0 perspective / R. Miskiewicz, K. Szczepanska-Woszczyna // 34th International-Business-Information-Management-Association (IBIMA) Conference, vision 2025: education excellence and management of innovations through sustainable economic competitive advantage. – P. 9366-9376.
15. Chmielewski, J. Transport demand model management system, 3rd world multidisciplinary civil engineering, architecture urban planning symposium (wmcaus) / J. Chmielewski // 3rd world multidisciplinary civil engineering, architecture, urban planning symposium (WMCAUS). – 2018. – P. 471.
16. Nowicka, K. Strategic role of technology for sustainable transport management / K. Nowicka // 8th Carpathian logistics congress on logistics, distribution, transport and management (CLC), 8th Carpathian logistics congress (CLC). – 2018. - P. 218-223.
17. Rymkevich, A.A. international scientific and research conference on knowledge-based technologies in development and utilization of mineral resources / A.A. Rymkevich, A.V. Novichikhin // International scientific and research conference on knowledge-based technologies in development and utilization of mineral resources 377.
18. Daron, M. Challenges and Problems of transport management in the mining sector / M. Daron, M. Gorska // 33rd International-Business-Information-Management-Association (IBIMA) Conference. – 2020. – P. 2357-2372.

19. Якунин, Н.Н. Укрупнённая методика определения потребности автотранспортного комплекса региона в кадрах с профильным образованием / Н.Н. Якунин, О.Ю. Фролов, Н.В. Якунина, В.В. Котов // Вестник СибАДИ. – 2021. – Т. 18. – №4(80). – С. 416-426.

20. Новиков, А.Н. Модульная технология как средство повышения качества обучения в вузе / А.Н. Новиков, Г.В. Букалова // Стандарты и мониторинг в образовании. – 2001. – №2. – С. 39-42.

21. Новиков, А.Н. Профессиональное мышление технического профиля как элемент образовательного нормирования / А.Н. Новиков, Г.В. Букалова // Мир транспорта и технологических машин. – 2012. – №3(38). – С. 100-102.

22. Букалова, Г.В. Нормирование результата образования технического профиля / Г.В. Букалова, А.Н. Новиков; под общей редакцией А.Н. Новикова // Актуальные вопросы инновационного развития транспортного комплекса: материалы 3-ей Международной научно-практической конференции. – 2013. – С. 94-98.

23. Новиков А.Н. Оценка эффективности функционирования системы подготовки кадров, связанных с обеспечением безопасности дорожного движения / А.Н. Новиков, А.П. Трясцин, Ю.Н. Баранов, В.И. Самусенко, А.М. Никитин // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2014. – №4(44). – С. 188-195.

Якунин Николай Николаевич

Оренбургский государственный университет

Адрес: 460018, Россия, г. Оренбург, пр-кт Победы, д. 13

Д.т.н., профессор, заведующий кафедрой автомобильного транспорта

E-mail: yakunin-n@yandex.ru

Фролов Олег Юрьевич

Оренбургский государственный университет

Адрес: 460018, Россия, г. Оренбург, пр-кт Победы, д. 13

Соискатель кафедры автомобильного транспорта

E-mail: yakunin-n@yandex.ru

Якунина Наталья Владимировна

Оренбургский государственный университет

Адрес: 460018, Россия, г. Оренбург, пр-кт Победы, д. 13

Д.т.н., доцент, профессор кафедры автомобильного транспорта

E-mail: yakunin-n@yandex.ru

Котов Виталий Валерьевич

Оренбургский государственный университет

Адрес: 460018, Россия, г. Оренбург, пр-кт Победы, д. 13

К.т.н., старший преподаватель кафедры автомобильного транспорта

E-mail: v_v_kotov@mail.ru

N.N. YAKUNIN, O.U. FROLOV, N.N. YAKUNINA, V.V. KOTOV

RESEARCH OF STAFFING OF THE MOTOR TRANSPORT COMPLEX OF THE REGION (ON THE EXAMPLE OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN)

Abstract. The paper defines the quantitative characteristics of the personnel of motor transport and motor vehicles of economic entities of various organizational and legal forms and departmental subordination. The dependences of the number of personnel on the number of vehicles were obtained, which made it possible to determine the need of the motor transport complex of the Republic of Bashkortostan for labor resources, the share of motor transport workers in the total structure of the able-bodied population was determined. The paper establishes the values of the characteristics of staffing of motor transport enterprises, taking into account the forms of ownership, which made it possible to determine the need of the motor transport complex of the Republic of Bashkortostan for personnel.

Keywords: staffing, motor transport enterprise, motor transport, motor vehicles

BIBLIOGRAPHY

1. Zhuravlev, P.V. Mirovoy opyt v upravlenii personalom: obzor zarubezhnykh istochnikov / P.V. Zhuravlev. – Ekaterinburg: Delovaya kniga, 2008. – 232 s.
2. Ivanov, O. Sovremennyy format otsenki personala / O. Ivanov // Personal-Miks. – 2009. – №4. – S. 78-81.
3. Ishchenko, S.D. Opredelenie strategicheskogo napravleniya v rabote s personalom na osnove analiza sluzhebno go povedeniya / S.D. Ishchenko // Upravlenie personalom. – 2011. – №11. – S. 24-30.
4. Zhao, T.R. Study of human resource management benefits human resources management in the knowledge economy era / T.R. Zhao // Vols I and II, Univ Jinan, Peoplesr China. – 2009. – R. 947-952.

5. Sojka, L. Trends and challenges in human resources management in the new millennium, management 2016: international business and management, domestic particularities and emerging markets in the light of research / L. Sojka, // 6th international scientific conference on international business and management, domestic particularities and emerging markets in the light of research. – Slovakia. – 2016. – P. 162-168.
6. Strohmeier, S. Digital human resource management: a conceptual clarification / S. Strohmeier // German journal of human resource management-zeitschrift fur personalforschung. – Vol. 34. – P. 345-365.
7. Meirinhos, V.A. Societal Human Resources Management and Development / V.A. Meirinhos, A.I. Couto // Innovation management and education excellence vision 2020: from regional development sustainability to global economic growth. – 27th international business information management association conference. – Vols I-VI., Milan. – 2016. – R. 1584-1587.
8. Yakunina, N.V. Vliyanie sostoyaniya organizatsionno-tekhnologicheskoy sistemy na bezopasnost' pere-vozok passazhirov avtomobil'nym transportom / N.V. Yakunina, N.N. Yakunin, O.M. Men'shikh, K.V. Gribkov // Avtomobil'naya promyshlennost'. – 2018. – №1. – S. 20-24.
9. Frolov, O.Yu. Metodika prognozirovaniya kolichestva avtotransportnykh sredstv v regione: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Nauka Rossii: tseli i zadachi» / O.Yu. Frolov, N.N. Yakunin., N.V. Yakunina, A.A. Postnikov // Ekaterinburg: NITS «L-Zhurnal». – Ch. 1. – 2021. – S. 118-121.
10. Yakunin, N. Staffing analysis of the regional motor transport complex (by the case of the Orenburg region) / N. Yakunin, N. Yakunina, V. Kotov, O. Kabanova // The VII international scientific and practical conference «Information technologies and management of transport systems»: MATEC Web Conf., Vol. 341. – 2021.
11. Rogov, A.A. quality management of the megacities transport hubs development / A.A. Rogov, O.I. Serebryakova, M.A. Makarova // Design and construction proceedings of the 2019 IEEE conference of Russian young researchers in electrical and electronic engineering (eiconrus). – R. 1458-1462.
12. Mikheeva, T.I. Methodology for the formation of the infrastructure of intelligent management of transport processes / T.I. Mikheeva, S.V. Mikheev, A.I. Chugunov // 8th scientific conference on information technologies for intelligent decision making support (ITIDS), proceedings of the 8th scientific conference on information technologies for intelligent decision making support (ITIDS). – 2020. – №174. – R. 228-232.
13. Grebeshkov, A.Y. Optical transport network management via machine learning and ontology-based technique / A.Y. Grebeshkov // 17th international scientific and technical conference on optical technologies for telecommunications, optical technologies for telecommunications. – 2019. – R. 11516.
14. Miskiewicz, R. Innovation management in Polish transport in the industry 4.0 perspective / R. Miskiewicz, K. Szczepanska-Woszczyna // 34th International-Business-Information-Management-Association (IBIMA) Conference, vision 2025: education excellence and management of innovations through sustainable economic competitive advantage. – R. 9366-9376.
15. Chmielewski, J. Transport demand model management system, 3rd world multidisciplinary civil engineering, architecture urban planning symposium (wmcaus) / J. Chmielewski // 3rd world multidisciplinary civil engineering, architecture, urban planning symposium (WMCAUS). – 2018. – R. 471.
16. Nowicka, K. Strategic role of technology for sustainable transport management / K. Nowicka // 8th Carpathian logistics congress on logistics, distribution, transport and management (CLC), 8th Carpathian logistics congress (CLC). – 2018. – R. 218-223.
17. Rymkevich, A.A. International scientific and research conference on knowledge-based technologies in development and utilization of mineral resources / A.A. Rymkevich, A.V. Novichikhin // International scientific and research conference on knowledge-based technologies in development and utilization of mineral resources 377.
18. Daron, M. Challenges and Problems of transport management in the mining sector / M. Daron, M. Gorska // 33rd International-Business-Information-Management-Association (IBIMA) Conference. – 2020. – R. 2357-2372.
19. Yakunin, N.N. Ukrupnionnaya metodika opredeleniya potrebnosti avtotransportnogo kompleksa regiona v kadrakh s profil'nym obrazovaniem / N.N. Yakunin, O.Yu. Frolov, N.V. Yakunina, V.V. Kotov // Vestnik SibADI. – 2021. – T. 18. – №4(80). – S. 416-426
20. Novikov, A.N. Modul'naya tekhnologiya kak sredstvo povysheniya kachestva obucheniya v vuze / A.N. Novikov, G.V. Bukalova // Standarty i monitoring v obrazovanii. – 2001. – №2. – S. 39-42.
21. Novikov, A.N. Professional'noe myshlenie tekhnicheskogo profilya kak element obrazovatel'nogo normirovaniya / A.N. Novikov, G.V. Bukalova // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. – 2012. – №3(38). – S. 100-102.
22. Bukalova, G.V. Normirovanie rezul'tata obrazovaniya tekhnicheskogo profilya / G.V. Bukalova, A.N. Novikov; pod obshchey redaktsiyey A.N. Novikova // Aktual'nye voprosy innovatsionnogo razvitiya transportnogo kompleksa: materialy 3-ey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. – 2013. – S. 94-98.
23. Novikov A.N. Otsenka effektivnosti funktsionirovaniya sistemy podgotovki kadrov, svyazannykh s obespecheniem bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya / A.N. Novikov, A.P. Tryastin, Yu.N. Baranov, V.I. Samusenko, A.M. Nikitin // Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2014. – №4(44). – S. 188-195.

Yakunin Nikolay Nikolaevich

Orenburg State University
Address: 460018, Russia, Orenburg, Pobedy avenu, 13
Doctor of technical sciences
E-mail: yakunin-n@yandex.ru

Frolov Oleg Ur'evich

Orenburg State University
Address: 460018, Russia, Orenburg, Pobedy avenu, 13
Candidate of technical sciences
E-mail: yakunin-n@yandex.ru

Yakunina Natalia Vladimirovna

Orenburg State University
Address: 460018, Russia, Orenburg, Pobedy avenu, 13
Doctor of technical sciences
E-mail: yakunin-n@yandex.ru

Kotov Vitaly Valer'evich

Orenburg State University
Address: 460018, Russia, Orenburg, Pobedy avenu, 13
Candidate of technical sciences
E-mail: v_v_kotov@mail.ru

Научная статья

УДК 656.071.8

doi:10.33979/2073-7432-2022-76-1-112-119

Е.С. КОЗИН, Р.А. ЗИГАНШИН, И.А. ЯКУБОВ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЦЕССЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗАПАСНЫМИ ЧАСТЯМИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Аннотация. На объектах нефтегазодобычи и других производствах часто используются специальные транспортно-технологические машины зарубежного производства. В рамках организации технической эксплуатации подобной техники необходимо осуществлять обеспечение запасными частями и расходными материалами, многие из которых не производятся на территории Российской Федерации. В связи с этим формируется достаточно длинная цепочка поставок запасных частей с большим количеством промежуточных звеньев, что, помимо сроков поставки, увеличивает также и без того высокую стоимость запчасти. В статье предлагается решение проблем больших сроков и стоимости поставки запасных частей путем внедрения на предприятиях, занимающихся технической эксплуатацией специальной техники, технологий аддитивного производства запасных частей.

Ключевые слова: аддитивные технологии, запасные части, нефтепромысловая техника, складские запасы, вакуумное литье, импортозамещение, транспортно-технологический сервис

Введение

На предприятиях в составе ПАО «Сургутнефтегаз» эксплуатируется большое количество транспортно-технологических машин и спецтехники различного назначения. Они задействованы в процессах бурения скважин, добычи нефти и газа, подготовки производства, транспортировки ресурсов, ремонта нефтегазового оборудования [1-3]. Более 90 % всех технологических операций выполняется с использованием техники, вследствие чего транспортно-технологический сервис является важным процессом обеспечения непрерывности основного производства [4].

Анализ подвижного состава одного из подразделений ПАО «СНГ» позволил определить структуру парка и соотношение отечественных и зарубежных транспортных средств (рис. 1).

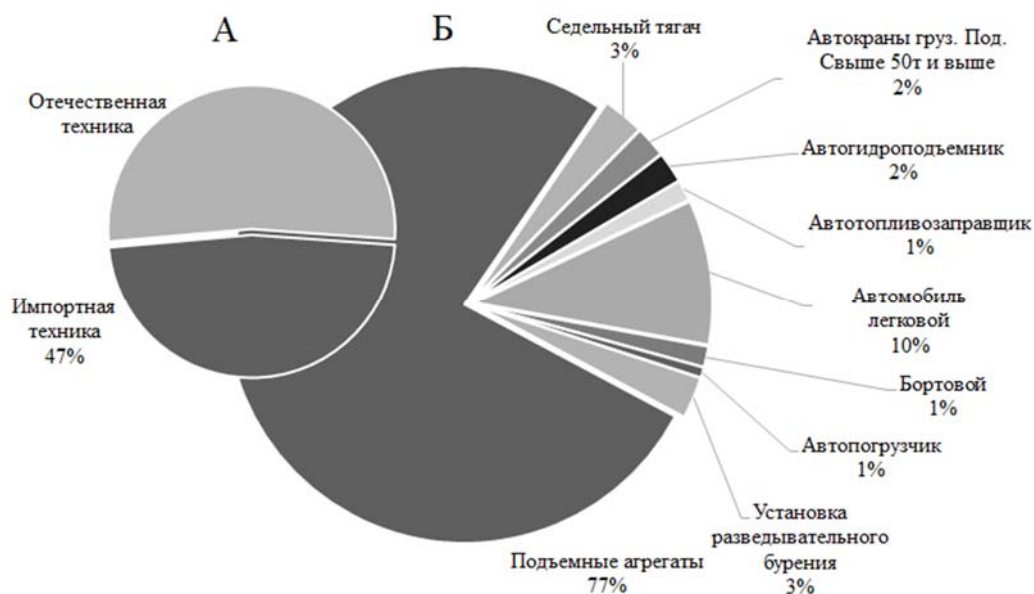


Рисунок 1 – Структура подвижного состава: А – производитель, Б – тип импортной техники

Из общего количество импортной техники, составляющей 47 % от всех транспортных средств в подразделении, 77 % занимают подъемные агрегаты, основной маркой которых является Cardwell KB210 (более 75 % от всех подъемных агрегатов). Также на предприятии используются подъемные агрегаты марок HAINUA и NATIONAL OilWELL [5-7].

Многие запасные части для указанной техники не производятся на территории РФ и поставляются непосредственно с завода-изготовителя. При этом цепочка поставок может достигать 5-6 звеньев: производитель в стране изготовления, поставщик, перевозчик, дистрибьютор в стране заказчика, поставщик, заказчик. Каждое из звеньев увеличивает конечную стоимость детали. В связи с этим перспективным путем снижения стоимости процесса обеспечения техники запасными частями может являться изготовление запасных частей, имеющих высокую долю спроса, силами предприятия с использованием аддитивных технологий.

Аддитивные технологии или Additive Manufacturing – это технологии, предполагающие изготовление изделий по данным цифровой модели методом послойного добавления материала [8]. Основными этапами аддитивного производства являются разработка трехмерной модели детали, ее изготовление методом 3D-печати, постобработка, изготовление формы, литье полиуретаном в вакууме и получение готового изделия. Такие методы имеют ряд преимуществ перед традиционными методами производства, которые заключаются в быстром прототипировании и производстве детали, гибкости производства и в меньших затратах на изготовление оснастки для масштабирования производства методом литья жидким полимером [10-12]. Внедрению аддитивного производства (АП) может способствовать наличие на многих предприятиях цехов по изготовлению резинотехнических изделий, которые могут быть переоборудованы под использование предлагаемых технологий. Это позволит предприятиям уменьшить зависимость от иностранных поставщиков, а также существенно снизить стоимость детали без потери ее качества.

Таким образом, целью исследования является повышение эффективности транспортно-технологического сервиса процессов нефтегазодобычи за счет внедрения аддитивного производства запасных частей для импортной техники и уменьшение на этой основе цепочек поставок запасных частей и зависимости от производителей.

Материал и методы

В работе использовались методы ABC/XYZ анализа потребления и прогнозирования спроса на резинотехнические и пластиковые запасные части, методы статистического анализа данных по потреблению запасных частей и определения законов распределения наработок деталей транспортных средств на отказ [9]. В ходе проведения исследования был апробирован метод вакуумного литья жидкими двухкомпонентными холоднотвердеющими полиуретанами. Указанный метод был использован для производства переходников шлицевой муфты насоса охлаждающей жидкости, которые были подвержены испытаниям по определению момента сопротивления скручиванию [13]. Методика экономического расчета производства по техническому обслуживанию и ремонту подъемных агрегатов на предприятии послужила основой для формирования рекомендаций транспортным подразделениям нефтегазодобывающих организаций.

Теория / расчет

В рамках автотранспортного предприятия технологии аддитивного производства могут быть использованы преимущественно для производства резинотехнических и пластиковых запасных частей. Для определения доли этих запасных частей из тех, которые лимитируют надежность подъемных агрегатов, была проведена оценка их потребления методом ABC XYZ-анализа [14].

Резинотехнические и пластиковые запасные части для подъемных агрегатов, которые могут быть произведены методом аддитивного производства, составляют 16,78 % от общей доли спроса (табл. 1).

Таблица 1 – ABC, XYZ распределение резинотехнических и пластиковых запасных частей

№	Наименование	Доля в потреблении, %	Затраты в год, руб.	Вес в год, кг.	Группы
1	Манжета	12,6	1 601 662,3	485,5	AZ
2	Уплотнение	3,5	1 963 669,5	133,5	AZ
3	Диафрагма	0,4	1 032 379,5	24,7	BZ
4	Баллон гидроаккумулятора	0,3	2 901 419,8	31,1	BZ
5	Муфта шлицевая насоса	0,05	24 506,4	0,7	CZ
6	Стакан топливного фильтра	0,04	63 254,1	5,5	CZ
-	Сумма	16,8	7 586 891,6	681,0	-

Анализ характеристики спроса методом XYZ распределения показал, что рассматриваемый перечень запасных частей для производства входят в группу Z, которая определяется как группа с наименьшей точностью прогнозирования потребления. Расход запасных частей за 10 лет для каждого наименования характеризуется неравномерным спросом. Группа AZ (позиции 1, 2) отличается низкой прогнозируемостью и высокими объемами потребления, а группа BZ (позиции 3, 4) – средними объемами потребления. Попытка обеспечить гарантированное наличие всех позиций в этих группах за счет избыточного страхования фондов запасных частей приводит к значительному увеличению среднего запаса фондов. Группа CZ (позиции 5, 6) характеризуется низкой прогнозируемостью и непостоянным спросом, количество запчастей из этой группы нужно постоянно контролировать, так как именно из нее возникают неликвидные и труднореализуемые запасы, из-за которых предприятие несет убытки [15-17].

Наработки на отказ указанных запасных частей имеют экспоненциальный закон распределения, характерный для внезапных отказов многих невосстанавливаемых элементов, к которым можно отнести пластиковые и резинотехнические изделия (рис. 2).

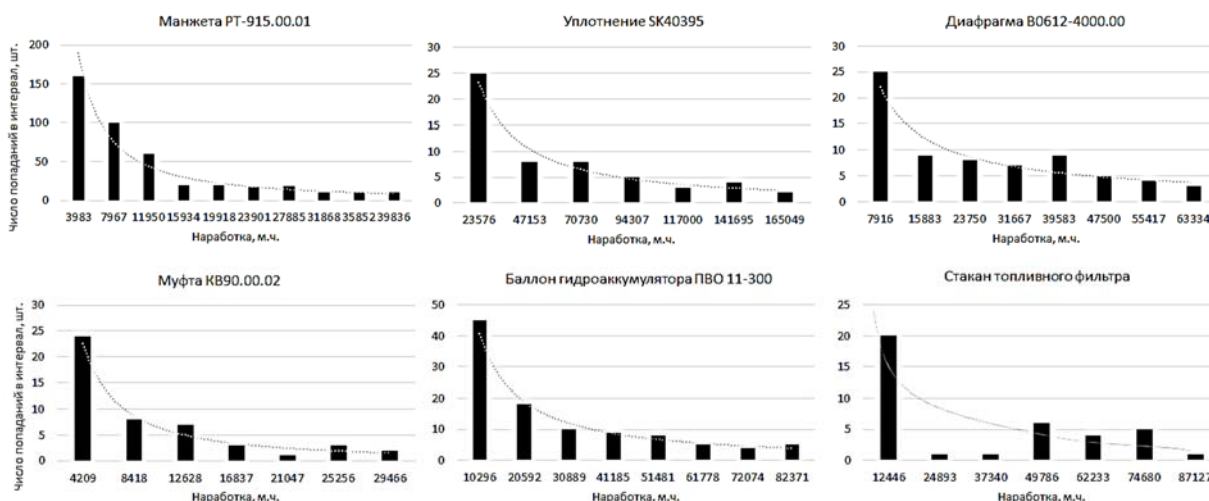


Рисунок 2 - Гистограммы распределений наработок на отказ пластиковых и резинотехнических запасных частей подъемных агрегатов

Средняя наработка на отказ отдельных элементов варьируется в пределах 7089 маш-ч для муфты шлицевой насоса KB90.00.02 до 42000 м-ч для манжеты PT-915.00.01.

Технологический процесс литья жидкими двухкомпонентными холоднотвердеющими полиуретанами, оптимизированный с помощью вакуумного литья, состоит из десяти основных технологических операций: 1 – печать мастер модели; 2 – печать опалубки; 3 – закрепление модели в опалубке; 4 – замешивание литьевого силикона с использованием миксера и дегазатора; 5 – заливка силикона; 6 – извлечение формы; 7 – определение объема, либо веса

изготавливаемой детали; 8 – замешивание литьевого полиуретана; 9 – заливка полиуретана в форму; 10 – получение готовой детали [18, 21].

Указанные операции продемонстрированы на рисунке 3.

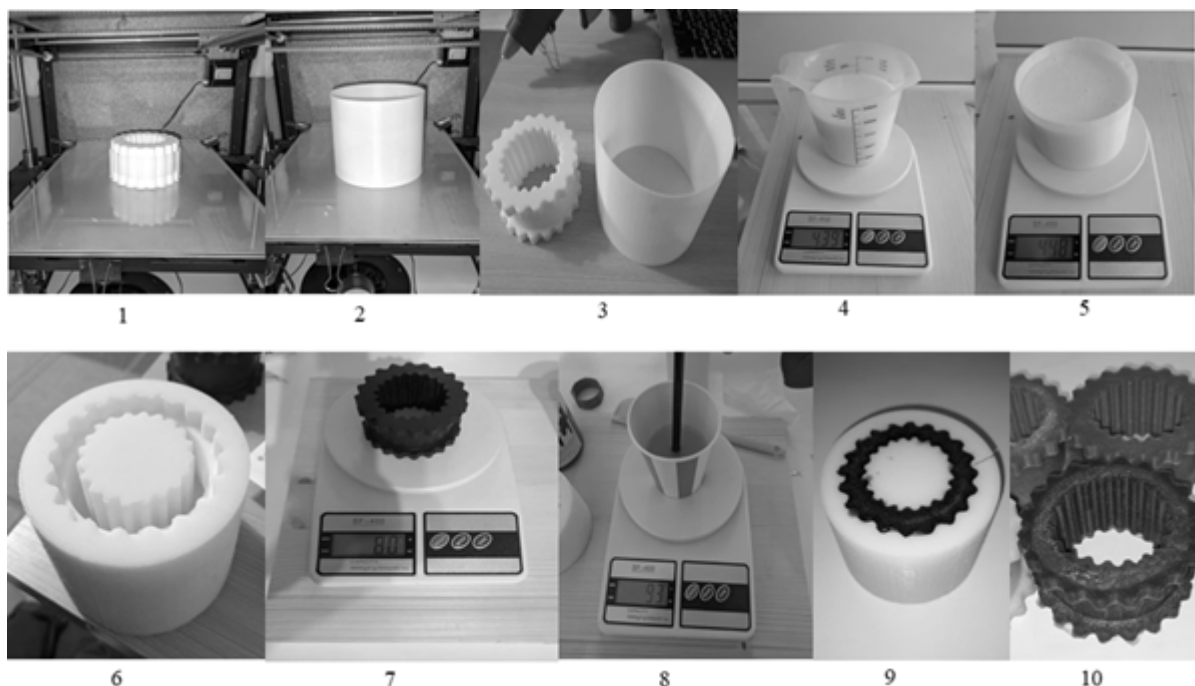


Рисунок 3 – Технология изготовления образцов методом 3D-печати и литья полимерами

В результате экспериментальных исследований выявлено, что физические показатели получаемых данным методом изделий не уступают заводским аналогам. Испытания были проведены с изготовленными методом литья полимерами переходниками шлицевой муфты насоса KB90.00.02, устанавливаемой в систему привода насоса охлаждающей жидкости подъемных агрегатов [19]. Муфта служит для демпфирования в системе привода насоса, отсекая ударные нагрузки, возникающие во время пуска. Муфта связывает электромотор и систему привода помпы через переходники, которые и проходили испытания по имитации скручивающих моментов, возникающих в системе привода насоса. Суть испытаний заключается в жестком закреплении одной части переходника к неподвижной поверхности, в то время как к другой части присоединяется динамометрический ключ, которым измеряется момент сопротивления на скручивание [20, 24]. На рисунке 4 представлена экспериментальная установка, состоящая из платформы, подвижного и неподвижного элементов переходника, динамометрического ключа и шкалы отклонения в градусах.

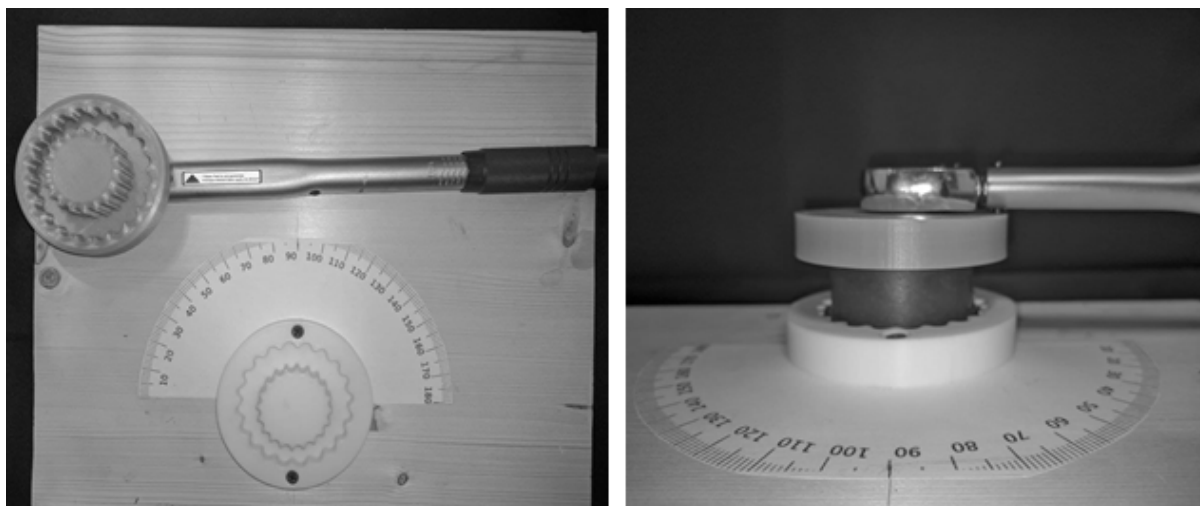


Рисунок 4 – Схема проведения испытаний образца, полученного методом 3D-печати и литья полимерами

Для испытаний изготавливаются шесть образцов с разной твердостью полиуретана Полидел 30, Полидел 60 и Полидел 90, смешиванием которых в рассчитанных пропорциях можно добиться твердости изделия от 30 до 90 по шкале Шора типа А. Измеряемые значения в процессе испытаний заносятся в таблицу, после чего интерпретируются в доли отклонения эластичности от эталонного образца [22]. Образец с наименьшим значением отклонения считается наиболее близким к эталонному образцу. Методика эксперимента может быть использована для определения типа исходного материала для аддитивного производства деталей в условиях автотранспортного предприятия [21, 25].

Результаты и обсуждение

Проведенные экономические расчеты позволили определить целесообразность внедрения технологии аддитивного производства для одного из производственных подразделений компании Сургутнефтегаз (рис. 5).

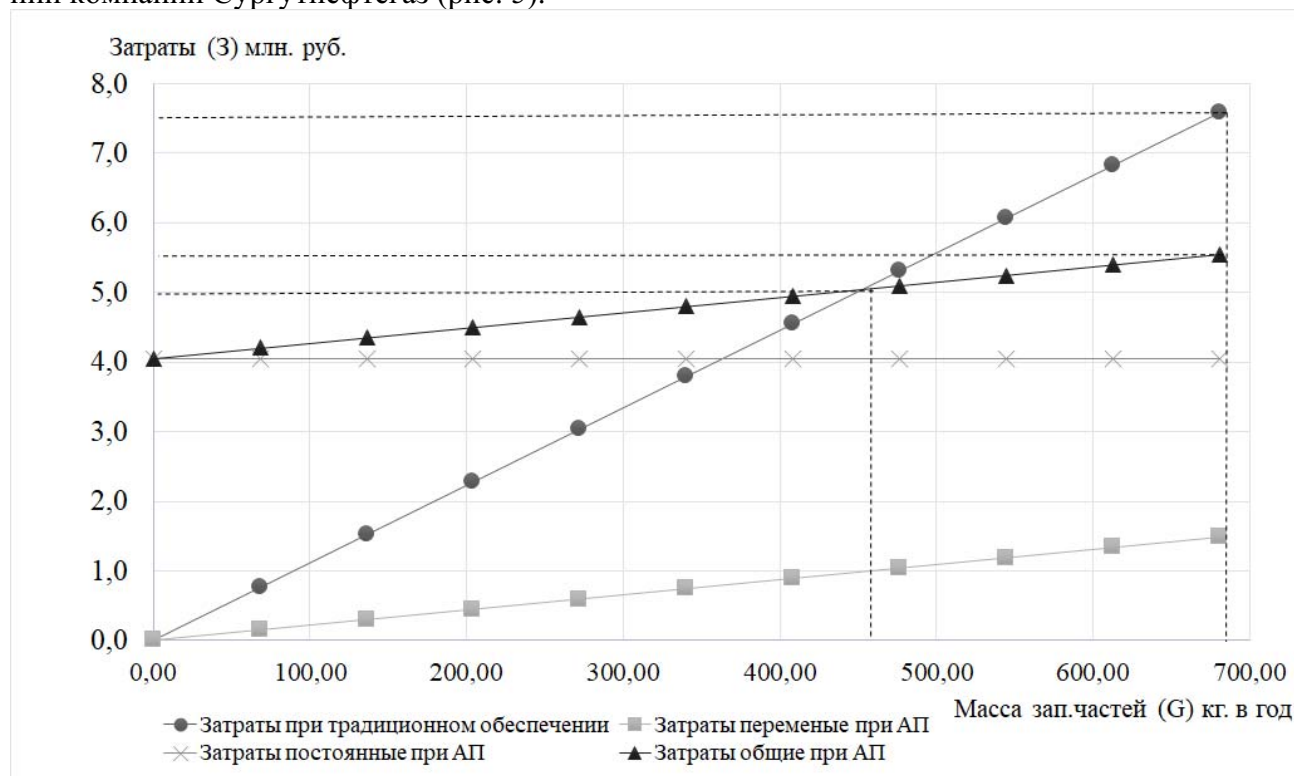


Рисунок 5 – Определение точки безубыточности внедрения технологии аддитивного производства запасных частей для рассматриваемого автотранспортного предприятия

Средние годовые затраты на обеспечение предприятия 681 кг запасных частей из указанного выше перечня составляют 7,6 млн. рублей. При организации на предприятии участка аддитивного производства того же объема этих деталей средние годовые затраты уменьшатся на 2 млн.рублей и составят 5,6 млн. руб. При этом точка критического объема производства запасных частей соответствует 453 кг. Дальнейшее увеличение объемов аддитивного производства будет приносить экономический эффект в виде сокращения затрат на систему обеспечения автотранспорта запасными частями относительно традиционного способа. Целесообразность внедрения участка аддитивного производства, оснащенного FDM принтером, вакуумно-литьевой машиной, 3D сканером, термошкафом, дегезатором, персональным компьютером и местами для приготовления и хранения материалов тем выше, чем большее количество подъемных агрегатов эксплуатируется на предприятии и окупается при объеме парка в 60 единиц и более [23].

Выводы

Таким образом, в результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований были решены задачи по определению перечня и номенклатуры запасных частей для производства с использованием аддитивных технологий, апробирован метод 3D-печати и литья полимерами, определены физические характеристики произведенной детали и разра-

ботаны практические рекомендации для автотранспортного предприятия по внедрению указанного метода, которые позволили достичь поставленной цели. Следует отметить, что использование технологий аддитивного производства в деятельности предприятия позволит предприятиям изготавливать некоторые запасные части самостоятельно, обеспечить импортозамещение дорогостоящей продукции, существенно сократить существующие цепочки поставок и обеспечить уменьшение расходов на обеспечение техники запасными частями до 30% без потери качества транспортно-технологического сервиса основного производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Douglas, T. Costs, Benefits and Adoption of additive manufacturing: a supply chain perspective / T. Douglas // *In J Adv. Manuf. Technol.* – 2016. – 85(5-8). – P. 1857-1876.
2. Аддитивные технологии в автомобилестроении / Р.С., Тагиев // Перспективные направления развития автотранспортного комплекса: сборник статей IX Международной научно-производственной конференции. – 2016. – С. 65-69.
3. Аддитивные технологии в транспортной промышленности // *Железные дороги мира.* – 2015. – №8. – С. 53-56.
4. Анализ перспектив аддитивного производства в условиях сервисного обслуживания транспортных средств / Б.Н. Тукабайов // *Актуальные проблемы автотранспортного комплекса: межвузовский сборник научных статей (с международным участием).* – Самара. – 2017. – С. 25-31.
5. Анализ рынка аддитивных технологий / И.Г. Голубев и др. // *Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: материалы XI Международной научно-практической интернет конференции.* – 2019. – С. 362-365.
6. Барсков, В.В. Применение аддитивных технологий при создании газотурбинных двигателей для кораблей военно-морского флота РФ / В.В. Барсков, В.С. Котов, А.В. Панкратов // *Судостроение.* – 2018. – №5(840). – С. 41-44.
7. Внедрение аддитивных технологий изготовления деталей в серийное авиадвигателестроительное производство / В.В. Смирнов и др. // *Проблемы и перспективы развития авиации, наземного транспорта и энергетики «АНТЭ-2013»: сборник докладов Международной научно-технической конференции.* – Казань. – Казанский государственный технический университет им. А.Н. Туполева. – 2013. – С. 114-119.
8. Голубев, И.Г. Анализ аддитивного оборудования для 3d-печати деталей / И.Г. Голубев, В.В. Быков, М.И. Голубев, И.А. Спицын // *Технический сервис машин.* – 2019. – №1(134). – С. 194-200.
9. Доронкин, В.Г. Аддитивные технологии в системе подготовки автомеханика / В.Г. Доронкин, А.В. Зотов, И.В. Турбин // *Балтийский гуманитарный журнал.* – 2017. – Т. 6. – №3(20). – С. 148-151.
10. Захаров, Н.С. Структура системы при моделировании расхода запасных частей для транспортно-технологических машин в нефтегазодобыче / Н.С. Захаров, О.А. Новосёлов, Р.А. Зиганшин, А.Н. Макарова // *Научно-технический вестник Поволжья.* – 2014. – №5. – С. 193-196.
11. Козин, Е.С. Организация участка по производству запасных частей для нефтегазопромыслового оборудования и автотранспорта на предприятии ПАО «Сургутнефтегаз» / Е.С. Козин, И.А. Якубов // *Проблемы функционирования систем транспорта: материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых.* – Тюмень. – 2020. – С. 331-334.
12. Котов, В.С. Опыт применения аддитивных технологий в мировом судостроении / В.С. Котов // *Судостроение.* – 2020. – №6(853). – С. 34-37.
13. Минков, С.В. Применение аддитивных технологий в железнодорожном машиностроении: состояние и перспективы / С.В. Минков, С.А. Белов // *Вестник Института проблем естественных монополий: Техника железных дорог.* – 2020. – №2(50). – С. 28-34.
14. Мишин, И.М. Применение аддитивных технологий при ремонте подвижного состава / И.М. Мишин // *Железнодорожный транспорт.* – 2019. – №8. – С. 75-77.
15. Муравлев, С.П. Аддитивные технологии в авиастроении / С.П. Муравлев // *Авиационные системы.* – 2014. – №8. – С. 47-48.
16. Остроух, А.В. Применение аддитивных технологий для расчета и проектирования транспортных средств с учетом их полного жизненного цикла / А.В. Остроух, Б.С. Субботин, В.Б. Борисевич, А.И. Рябчинский, В.М. Приходько // *СТИН.* – 2019. – №3. – С. 25-30.
17. Перспективы использования цифровых технологий при восстановлении деталей машин / В.В. Быков и др. // *Актуальные вопросы развития аграрного сектора экономики Байкальского региона: материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной Дню Российской науки.* – Улан-Удэ, 2021. – С. 74-77.
18. Петров, В.М. О влиянии структуры на прочность изделий из пластика, получаемых методом 3D-печати / В.М. Петров, С.Н. Безпальчук, С.П. Яковлев // *Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова.* – 2017. – Т. 9. – №4. – С. 765-776.

19. Применение аддитивных технологий при решении конструкторских задач в судостроении / А.Е. Киселева // Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. – 2017. – №48-49. – С. 84-88.
20. Технология 3d-печати в автомобилестроении / Б.Н. Тукабайов и др. // Актуальные проблемы автотранспортного комплекса. Межвузовский сборник научных статей (с международным участием). – Самара, 2016. – С. 47-51.
21. Шувалов, А.А. Внедрение аддитивных технологий в производство / А.А. Шувалов // Синергия Наук. – 2019. – №31. – С. 775-782.
22. Новиков, А.Н. Выбор факторов, определяющих качество автосервисных услуг программно-целевым методом / А.Н. Новиков, А.С. Бодров, Д.О. Ломакин // Бюллетень транспортной информации. – 2009. – №8(170). – С. 36-40.
23. Производственно-техническая инфраструктура сервисного обслуживания автомобилей: учебное пособие / Н.И. Веревкин, А.Н. Новиков, Н.А. Давыдов и др. – Москва, 2013. – 2-е издание, стереотипное.
24. Корчагин, В.А. Построение синхронизированной и эффективной логистической цепи поставок / В.А. Корчагин, А.Н. Новиков, Ю.Н. Ризаева // Мир транспорта и технологических машин. – 2014. – №4(47). – С. 139-142.
25. Производственно-техническая инфраструктура предприятий автосервиса: учебник для студентов / А.Н. Новиков, Н.И. Веревкин, А.Л. Севостьянов, Н.В. Бакаева. – Москва, 2015.

Козин Евгений Сергеевич

Тюменский Индустриальный университет

Адрес: 625000, Россия, г. Тюмень, ул. Володарского, 38

К.т.н., доцент кафедры сервиса автомобилей и технологических машин

E-mail: kozines@tyuiu.ru

Зиганшин Руслан Альбертович

Тюменский Индустриальный университет, филиал

Адрес: 628404, Россия, г. Сургут, ул. Энтузиастов, 38

К.т.н., заведующий кафедрой эксплуатации транспортных и технологических машин

E-mail: ziganshinra@tyuiu.ru

Якубов Ибрагим Аскерович

Тюменский Индустриальный университет

Адрес: 625000, Россия, г. Тюмень, ул. Володарского, 38

Магистрант

E-mail: bakr-a@outlook.com

E.S. KOZIN, R.A. ZIGANSHIN, I.A. YAKUBOV

USAGE OF ADDITIVE TECHNOLOGIES IN PROCESS OF PROVIDING SPARE PARTS FOR MOTOR TRANSPORT COMPANIES

***Abstract.** At oil and gas production facilities and other industries, special transport and technological machines of foreign production are often used. As part of the organization of the technical operation of such equipment, it is necessary to provide spare parts and consumables, many of which are not produced on the territory of the Russian Federation. In this regard, a rather long supply chain of spare parts formed with a large number of intermediate links, which, in addition to delivery times, also increases the already high cost of a spare part. The article proposes a solution to the problems of long terms and cost of supplying spare parts by introducing additive manufacturing technologies for spare parts at enterprises engaged in the technical operation of special equipment.*

***Keywords:** additive technologies, spare parts, oilfield equipment, warehouse stocks, vacuum casting, import substitution, transport and technological service*

BIBLIOGRAPHY

1. Douglas, T. Costs, Benefits and Adoption of additive manufacturing: a supply chain perspective / T. Douglas // In J Adv. Manuf. Technol. – 2016. – 85(5-8). – P. 1857-1876.
2. Tagiev, R.S. Additivnye tekhnologii v avtomobilstroenii / R.S. Tagiev // Perspektivnye napravleniya razvitiya avtotransportnogo kompleksa: sbornik statey IX Mezhdunarodnoy nauchno-proizvodstvennoy konferentsii. – 2016. – S. 65-69.
3. Additivnye tekhnologii v transportnoy promyshlennosti // Zheleznye dorogi mira. – 2015. – №8. – S. 53-56.
4. Analiz perspektiv additivnogo proizvodstva v usloviyakh servisnogo obsluzhivaniya transportnykh sredstv / B.N. Tukabayov // Aktual'nye problemy avtotransportnogo kompleksa. Mezhvuzovskiy sbornik nauchnykh statey (s mezhdunarodnym uchastiem). – Samara. – 2017. – S. 25-31.

5. Analiz rynka additivnykh tekhnologiy / I.G. Golubev i dr. // Nauchno-informatsionnoe obespechenie innovatsionnogo razvitiya APK: materialy XI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy internet konferentsii. – 2019. – S. 362-365.
6. Barskov, V.V. Primenenie additivnykh tekhnologiy pri sozdanii gazoturbinykh dvigateley dlya korably voenno-morskogo flota RF / V.V. Barskov, V.S. Kotov, A.V. Pankratov // Sudostroenie. – 2018. – №5(840). – S. 41-44.
7. Vnedrenie additivnykh tekhnologiy izgotovleniya detaley v seriynoe aviadvigatelistroitel'noe proizvodstvo / V.V. Smirnov i dr. // Problemy i perspektivy razvitiya aviatsii, nazemnogo transporta i energetiki «ANTE-2013»: sbornik dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. – Kazan'. – Kazanskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet im. A.N. Tupoleva. – 2013. – S. 114-119.
8. Golubev, I.G. Analiz additivnogo oborudovaniya dlya 3d-pechati detaley / I.G. Golubev, V.V. Bykov, M.I. Golubev, I.A. Spitsyn // Tekhnicheskii servis mashin. – 2019. – №1(134). – S. 194-200.
9. Doronkin, V.G. Additivnye tekhnologii v sisteme podgotovki avtomekhanika / V.G. Doronkin, A.V. Zotov, I.V. Turbin // Baltiyskiy gumanitarnyy zhurnal. – 2017. – T. 6. – №3(20). – S. 148-151.
10. Zakharov, N.S. Struktura sistemy pri modelirovani raskhoda zapasnykh chastey dlya transportno-tekhnologicheskikh mashin v neftegazodobyche / N.S. Zakharov, O.A. Novosiolov, R.A. Ziganshin, A.N. Makarova // Nauchno-tekhnicheskii vestnik Povolzh'ya. – 2014. – №5. – S. 193-196.
11. Kozin, E.S. Organizatsiya uchastka po proizvodstvu zapasnykh chastey dlya neftegazopromyslovogo oborudovaniya i avtotransporta na predpriyatii PAO «Surgutneftegaz» / E.S. Kozin, I.A. Yakubov // Problemy funktsionirovaniya sistem transporta: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh. – Tyumen'. – 2020. – S. 331-334.
12. Kotov, V.S. Opyt primeneniya additivnykh tekhnologiy v mirovom sudostroenii / V.S. Kotov // Sudostroenie. – 2020. – №6(853). – S. 34-37.
13. Minkov, S.V. Primenenie additivnykh tekhnologiy v zheleznodorozhnom mashinostroenii: sostoyanie i perspektivy / S.V. Minkov, S.A. Belov // Vestnik Instituta problem estestvennykh monopolii: Tekhnika zheleznykh dorog. – 2020. – №2(50). – S. 28-34.
14. Mishin, I.M. Primenenie additivnykh tekhnologiy pri remonte podvizhnogo sostava / I.M. Mishin // Zheleznodorozhnyy transport. – 2019. – №8. – S. 75-77.
15. Muravlev, S.P. Additivnye tekhnologii v aviastroenii / S.P. Muravlev // Aviatsionnye sistemy. – 2014. – №8. – S. 47-48.
16. Ostroukh, A.V. Primenenie additivnykh tekhnologiy dlya rascheta i proektirovaniya transportnykh sredstv s uchedom ikh polnogo zhiznennogo tsikla / A.V. Ostroukh, B.S. Subbotin, V.B. Borisevich, A.I. Ryabchinskiy, V.M. Prikhod'ko // STIN. – 2019. – №3. – S. 25-30.
17. Perspektivy ispol'zovaniya tsifrovyykh tekhnologiy pri vosstanovlenii detaley mashin / V.V. Bykov i dr. // Aktual'nye voprosy razvitiya agrarnogo sektora ekonomiki Baykal'skogo regiona: materialy Vserossiyskoy (natsional'noy) nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy Dnyu Rossiyskoy nauki. – Ulan-Ude, 2021. – S. 74-77.
18. Petrov, V.M. O vliyani struktury na prochnost' izdeliy iz plastikov, poluchaemykh metodom 3D-pechati / V.M. Petrov, S.N. Bezpal'chuk, S.P. Yakovlev // Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. admirala S.O. Makarova. – 2017. – T. 9. – №4. – S. 765-776.
19. Primenenie additivnykh tekhnologiy pri reshenii konstruktorskikh zadach v sudostroenii / A.E. Kiseleva // Nauchno-tekhnicheskii sbornik Rossiyskogo morskogo registra sudokhodstva. – 2017. – №48-49. – S. 84-88.
20. Tekhnologiya 3d-pechati v avtomobilestroenii / B.N. Tukabayov i dr. // Aktual'nye problemy avtotransportnogo kompleksa. Mezhdunarodnyy sbornik nauchnykh statey (s mezhdunarodnym uchastiem). – Samara, 2016. – S. 47-51.
21. Shuvalov, A.A. Vnedrenie additivnykh tekhnologiy v proizvodstvo / A.A. Shuvalov // Sinergiya Nauk. – 2019. – №31. – S. 775-782.
22. Novikov, A.N. Vybor faktorov, opredelyayushchikh kachestvo avtoservisnykh uslug programmno-tselevym metodom / A.N. Novikov, A.S. Bodrov, D.O. Lomakin // Byulleten' transportnoy informatsii. – 2009. – №8(170). – S. 36-40.
23. Proizvodstvenno-tekhnicheskaya infrastruktura servisnogo obsluzhivaniya avtomobilye: uchebnoe posobie / N.I. Verevkin, A.N. Novikov, N.A. Davydov i dr. – Moskva, 2013. – 2-e izdanie, stereotipnoe/
24. Korchagin, V.A. Postroenie sinkhronizirovannoy i effektivnoy logisticheskoy tsepi postavok / V.A. Korchagin, A.N. Novikov, Yu.N. Rizaeva // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. – 2014. – №4(47). – S. 139-142.
25. Proizvodstvenno-tekhnicheskaya infrastruktura predpriyatiy avtoservisa: uchebnik dlya studentov / A.N. Novikov, N.I. Verevkin, A.L. Sevost'yanov, N.V. Bakaeva. – Moskva, 2015.

Kozin Evgeny Sergeevich

Tyumen Industrial University
Address: 625000, Russia, Tyumen, Volodarsky str., 38
Candidate of technical sciences
E-mail: kozines@tyuiu.ru

Yakubov Ibragim Askerovich

Tyumen Industrial University
Address: 625000, Russia, Tyumen, Volodarsky str., 38
Undergraduate
E-mail: bakr-a@outlook.com

Ziganshin Ruslan Albertovich

Tyumen Industrial University
Address: 628404, Russia, Surgut, Enthusiasts str., 38
Candidate of technical sciences
E-mail: ziganshinra@tyuiu.ru

Уважаемые авторы!
Просим Вас ознакомиться с требованиями
к оформлению научных статей.

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

- Представляемый материал должен быть оригинальным, 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 рецензента. 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 сослайтесь 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)
- С пропуском одной строки - выровненные по центру страницы, без абзацного отступа и набранные прописными буквами светлым шрифтом 12 pt инициалы и фамилии авторов (на английском языке).
- С пропуском одной строки - название статьи, набранное без абзацного отступа прописными буквами полужирным шрифтом 14 pt и расположенное по центру страницы (на английском языке).
- Краткая (не более 10 строк) аннотация, набранная с абзацного отступа курсивным шрифтом 10 pt, с абзацного отступа - ключевые слова (на английском языке).
- С абзацного отступа, приводятся набранные обычным шрифтом 10 pt сведения об авторах (на английском языке).

ТАБЛИЦЫ, РИСУНКИ, ФОРМУЛЫ

Все таблицы, рисунки и основные формулы, приведенные в тексте статьи, должны быть пронумерованы.

Формулы следует набирать в редакторе формул Microsoft Equation 3.0 с размерами: обычный шрифт - 12 pt, крупный индекс - 10 pt, мелкий индекс - 8 pt.

Формулы, внедренные как изображение, не допускаются!

Русские и греческие буквы, а также обозначения тригонометрических функций, набираются прямым шрифтом, латинские буквы - курсивом.

Формулы располагают по центру страницы и нумеруют (только те, на которые приводят ссылки); порядковый номер формулы обозначается арабскими цифрами в круглых скобках около правого поля страницы.

В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими стандартами. Описание начинается со слова «где» без двоеточия, без абзацного отступа; пояснение каждого символа дается с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Единицы измерения даются в соответствии с Международной системой единиц СИ.

Переносить формулы на следующую строку допускается только на знаках выполняемых операций, причем знак в начале следующей строки повторяют.

Пример оформления формулы в тексте

$$q_1 = (\alpha - 1)^2 \left(1 + \frac{1}{2\alpha}\right) / d, \quad (1)$$

где $\alpha = 1 + 2a/b$ - коэффициент концентрации напряжений;

$d = 2a$ - размер эллиптического отверстия вдоль опасного сечения.

Рисунки и другие иллюстрации (чертежи, графики, схемы, диаграммы, фотоснимки) следует располагать непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые. Рисунки, число которых должно быть логически оправданным, представляются в виде отдельных файлов в формате *.eps (Encapsulated PostScript) или TIF размером не менее 300 dpi.

Если рисунок небольшого размера, желательно его обтекание текстом.

Подписи к рисункам (полужирный шрифт курсивного начертания 10 pt) выравнивают по центру страницы, в конце подписи точка не ставится, например:

Рисунок 1 - Текст подписи

Пояснительные данные набираются светлым шрифтом курсивного начертания 10 pt и ставят после наименования рисунка.

Таблицы должны сопровождаться ссылками в тексте, при ссылке следует писать слово «таблица» с указанием ее номера.

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 располагается 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 10.03.2022 г.
Дата выхода в свет 25.03.2022 г.
Формат 70x108/16. Усл. печ. л. 7,7
Цена свободная. Тираж 500 экз.
Заказ № 49

Отпечатано с готового оригинал-макета
на полиграфической базе ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»
302026, г. Орёл, ул. Комсомольская, 95