

ISSN 2073-7432

**МИР ТРАНСПОРТА
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН**

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№ 4 - 2 (87) 2024

<p>Главный редактор: Новиков А.Н. д-р техн. наук, проф.</p> <p>Заместители главного редактора: Васильева В.В. канд. техн. наук, доц. Родимцев С.А. д-р техн. наук, доц.</p> <p>Редакция: Агеев Е.В. д-р техн. наук, проф. (Россия) Агуреев И.Е. д-р техн. наук, проф. (Россия) Басков В.Н. д-р техн. наук, проф. (Россия) Власов В.М. д-р техн. наук, проф. (Россия) Глаголев С.Н. д-р техн. наук, проф. (Россия) Демич М. д-р техн. наук, проф. (Сербия) Денисов А.С. д-р техн. наук, проф. (Россия) Евтюков С.А. д-р техн. наук, проф. (Россия) Жаковская Л. д-р. наук, проф. (Польша) Жанказиев С.В. д-р техн. наук, проф. (Россия) Захаров Н.С. д-р техн. наук, проф. (Россия) Зырянов В.В. д-р техн. наук, проф. (Россия) Маткеримов Т.Ы. д-р техн. наук, проф. (Кыргызстан) Прентковский О. д-р техн. наук, проф. (Литва) Пржибыл П. д-р техн. наук, проф. (Чехия) Пугачев И.Н. д-р техн. наук, доц. (Россия) Пушкарев А.Е. д-р техн. наук, проф. (Россия) Рассоха В.И. д-р техн. наук, проф. (Россия) Ремцов А.Н. д-р пед. наук, проф. (Россия) Ризаева Ю.Н. д-р техн. наук, доц. (Россия) Сарбаев В.И. д-р техн. наук, профессор (Россия) Трофименко Ю.В. д-р техн. наук, проф. (Россия) Трофимова Л.С. д-р техн. наук, доц. (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. Орёл, ул. Московская, 77 Тел. +79058566556 https://oreluniver.ru/science/journal/mtitm 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.pressa-rg.ru и www.akc.ru</p> <p>© Составление. ОГУ имени И.С. Тургенева, 2024</p>	<h2>Содержание</h2> <p><i>Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте</i> М.И. Малышев Управление формированием комплексных транспортных систем в процессе интеграции мультимодальных коридоров и региональной инфраструктуры на основе киберфизической модели 3 К.И. Саркисова, А.А. Белехов Метод оценки транспортной доступности общественного транспорта новых жилых районов мегаполисов 10</p> <p><i>Управление процессами перевозок</i> О.Н. Ларин, Р.Б. Ивуть, П.Д. Капский Подходы к совершенствованию механизма управления транспортно-экспедиционной деятельностью в условиях цифровизации 21 А.В. Литвинов, П.Г. Андреев Правовые и технические мероприятия по решению проблемы превышения допустимой скорости движения транспортного средства 30</p> <p><i>Эксплуатация автомобильного транспорта</i> Д.О. Ломакин, М.В. Кулев Виброакустическая диагностика подшипников 36 О.В. Крупица Диагностика систем зажигания двигателя с применением математической модели дугового процесса 42 С.В. Корнеев, В.А. Лисин, С.В. Дорошенко, И.И. Ширлин Мобильное диагностическое оборудование как средство лабораторного контроля параметров работающих масел 50 Л.О. Савин, С.Н. Лазарев, А.А. Стафинова Оценка показателей аварийности при условии водитель-женщина 57 Д. Хунна, В.В. Зырянов, О.Ю. Булатова, А.В. Кулев Оценка условий движения с целью обеспечения безопасности дорожного движения 62 С.Е. Бебинов, Л.С. Трофимова Применение методов нечетких множеств для оценивания сформированности профессиональных навыков с учетом особенностей эксплуатации пассажирского автомобильного транспорта 74 А.Ю. Родичев, Ю.Н. Казаков, И.В. Родичева, Л.А. Савин Принципы функционирования и характеристики подшипников скольжения осей балансиров задних мостов грузовых автомобилей 83</p> <p><i>Интеллектуальные транспортные системы</i> Л.В. Еремينا, А.Ю. Мамойко, Г.Б. Медведева Интеграция децентрализованных распределенных технологий в интеллектуальные транспортные системы 92 А.Н. Новиков, Л. Хуан, А.А. Феофилова, Н.С. Любимый Интеллектуальный транспорт в повышении безопасности дорожного движения 101 Э.К. Шапранова Клиентское приложение для процесса бронирования парковочного пространства 109 И.С. Митряев, А.Н. Новиков, А.А. Кравченко, С.В. Еремин Методы повышения точности извлечения информации из социальных сетей для интеллектуальных транспортных систем 114 С.В. Дорохин, В.А. Рудь Роль инновационных систем регулирования дорожного движения в транспортной инфраструктуре мегаполисов РФ 122</p> <p><i>Логистические транспортные системы</i> Е.Г. Веремеенко, А.А. Веремеенко, А.В. Кулев, В.Ю. Линник Анализ транзитного потенциала ростовской области 128 А.А. Юнг, А.С. Трошин, В. Ядун, А.О. Романенко Оценка скоростных особенностей движения средств индивидуальной мобильности при интеллектуализации городских транспортных систем 135 А.К. Погодаев, В.Э. Клявин, А.С. Сысов, Г.С. Боровкова Сравнение маршрутов по количеству выбросов загрязняющих веществ в атмосферу потоками авто-транспортных средств 141</p>
---	--

Журнал входит в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук» ВАК по научным специальностям: 2.9.1. Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте, 2.9.4. Управление процессами перевозок, 2.9.5. Эксплуатация автомобильного транспорта, 2.9.8. Интеллектуальные транспортные системы, 2.9.9. Логистические транспортные системы

World of transport and technological machines

Scientific and technical journal

Published since 2003

A quarterly review

№ 4-2(87) 2024

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>Associates Editor</i> V.V. Vasileva <i>Can. Eng.</i> S.A. Rodimzev <i>Doc. Eng.</i></p>	<h2 style="text-align: center;">Contents</h2> <p style="text-align: center;"><i>Transport and transport-technological systems of the country, its regions and cities, organization of production in transport</i></p>
<p><i>Editorial Board:</i> E.V. Ageev <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> I.E. Agureev <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> V.N. Baskov <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> S.A. Evtyukov <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> N.S. Zaharov <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> V.V. Zyryanov <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> T.Y. Matkerimov <i>Doc. Eng., Prof. (Kyrgyzstan)</i> O. Prentkovskis <i>Doc. Eng., Prof. (Lithuania)</i> P. Pribyl <i>Doc. Eng., Prof. (Czech Republic)</i> I.N. Pugachev <i>Doc. Eng. (Russia)</i> A.E. Pushkarev <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> V.I. Rassoja <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> A.N. Rementsov <i>Doc. Edc., Prof. (Russia)</i> Yu.N. Rizaeva <i>Doc. Eng. (Russia)</i> V.I. Sarbaev <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> Yu.V. Trofimenko <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> L.S. Trofimova <i>Doc. Eng. (Russia)</i> A. Szarata <i>Ph.D., Doc. Sc., Prof. (Poland)</i></p>	<p><i>M.I. Malyshev</i> Managing the formation of integrated transport systems in the process of integrating multimodal corridors and regional infrastructure based on a cyber-physical model 3</p> <p><i>K.I. Sarkisova, A.A. Belekhov</i> Transport accessibility of public transport assessing method in new residential areas of megapolis 10</p> <p style="text-align: center;"><i>Management of transportation processes</i></p> <p><i>O.N. Larin, R.B. Ivut, P.D. Kapski</i> Approaches to improving the management mechanism of transport and forwarding activities in the conditions of digitization 21</p> <p><i>A.V. Litvinov, P.G. Andreev</i> Legal and technical measures to solve the problem of exceeding the permissible speed of a vehicle 30</p> <p style="text-align: center;"><i>Operation of motor transport</i></p> <p><i>D.O. Lomakin, M.V. Kulev</i> Vibroacoustic diagnostics of bearings 36</p> <p><i>O.V. Krupica</i> Diagnostics of engine ignition systems using a mathematical model of the arc process 42</p> <p><i>S.V. Korneev, V.A. Lisin, S.V. Doroshenko, I.I. Shirlin</i> Mobile diagnostic equipment as a means of laboratory control of the parameters of working lubricants 50</p> <p><i>L.O. Savin, S.N. Lazarev, A.A. Statinova</i> The problem of low dynamics of accident rate reduction among women drivers 57</p> <p><i>D. Hunna, V.V. Zyryanov, O.Yu. Bulatova, A.V. Kulev</i> Traffic conditions assessment in order to ensure road safety 62</p> <p><i>S.E. Bebinov, L.S. Trofimova</i> Application of fuzzy set methods to assess the development of professional skills, taken into account of the features of operating passenger road transport 74</p> <p><i>A.Yu. Rodichev, Yu.N. Kazakov, I.V. Rodicheva, L.A. Savin</i> Principles of functioning and characteristics of sliding bearings of rear axle balance units of truck vehicles 83</p>
<p><i>Person in charge for publication:</i> I.V. Akimochkina</p>	<p style="text-align: center;"><i>Intelligent transport systems</i></p> <p><i>L.V. Eremina, A.Y. Mamoyko, G.B. Medvedeva</i> Integration of decentralised distributed technologies into intelligent transport systems 92</p> <p><i>A.N. Novikov, Lei Huang, A.A. Feofilova, N.S. Lubimii</i> Intelligent transport in improving road safety 101</p> <p><i>E.K. Shapranova</i> Client application for the parking space booking process 109</p> <p><i>I.S. Mitryaev, A.N. Novikov, A.A. Kravchenko, S.V. Eremin</i> Methods for improving the accuracy of information extraction from social networks for intelligent transport systems 114</p> <p><i>S.V. Dorokhin, V.A. Rud</i> The role of innovative traffic regulation systems in transport infrastructure of russian megacities 122</p>
<p><i>Editorial Board Address:</i> 302030, Russia, Orel, Orel Region, Moskovskaya str., 77 Tel. +7 (905)8566556 https://oreluniver.ru/science/journal/mtitm E-mail: srmostu@mail.ru</p>	<p style="text-align: center;"><i>Logistic transport systems</i></p> <p><i>E.G. Veremeenko, A.A. Veremeenko, A.V. Kulev, V.Y. Linnik</i> Analysis of transit potential of Rostov region 128</p> <p><i>A.A. Jung, A.S. Troshin, V. Yadun, A.O. Romanenko</i> Assessment of the speed characteristics of individual vehicles in the intellectualization of urban transport systems 135</p> <p><i>A.K. Pogodaev, V.E. Klyavin, A.S. Sysoev, G.S. Borovkova</i> Comparison of routes by the amount of pollutant emissions into the atmosphere by vehicle flows 141</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-rf.ru www.akc.ru</p>	
<p>© Registration. Orel State University, 2024</p>	

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

**ТРАНСПОРТНЫЕ И ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ
СТРАНЫ, ЕЕ РЕГИОНОВ И ГОРОДОВ, ОРГАНИЗАЦИЯ
ПРОИЗВОДСТВА НА ТРАНСПОРТЕ**

Научная статья

УДК 656.025.6

doi:10.33979/2073-7432-2024-4-2(87)-3-9

М.И. МАЛЫШЕВ

**УПРАВЛЕНИЕ ФОРМИРОВАНИЕМ КОМПЛЕКСНЫХ
ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ В ПРОЦЕССЕ ИНТЕГРАЦИИ
МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ КОРИДОРОВ И РЕГИОНАЛЬНОЙ
ИНФРАСТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ КИБЕРФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ**

***Аннотация.** Формирование и развитие региональных транспортных систем осуществляется в процессе интеграции образованных в направлении основного грузопотока мультимодальных коридоров и региональной инфраструктуры. Киберфизическая система, как совокупность компьютерных алгоритмов, информационных сетей, устройств и автономных механизмов, обеспечивает управление транспортными и сопутствующими процессами. В настоящей работе представлен инфраструктурный облик и имитационная киберфизическая модель отдельного сектора искусственной транспортной системы. Дано описание процесса управления перевозкой грузов при использовании киберфизической системы и математических моделей транспортного потока.*

***Ключевые слова:** комплексные транспортные системы, формирование грузопотока, управление на транспорте, мультимодальные коридоры, региональная транспортная инфраструктура, киберфизика транспортных систем, межсистемная интеграция*

Введение

Для государства с эффективной конкурентоспособной экономикой развитие транспорта является непрерывным процессом. В процессе развития транспортной системы на государственном или межгосударственном уровне формируются мультимодальные коридоры и осуществляется строительство региональной инфраструктуры. Формирование масштабных региональных транспортных систем и крупных объектов инфраструктуры требует значительных затрат ресурсов и занимает продолжительное время. Без предварительного моделирования невозможно оценить с достаточной степенью достоверности целесообразность формирования мультимодального коридора и убедиться в необходимости строительства объектов транспортной инфраструктуры. Если в необходимости формирования региональной транспортной системы сомнений нет, то моделирование важно для определения региона и географии создания или реконструкции путей сообщения, мест строительства складских и других объектов, и расчета прочих необходимых показателей для развития транспорта. При управлении сформированной и развитой транспортной системой моделирование позволит откалибровывать транспортные потоки на основе имеющихся фактических показателей, даже при отсутствии части необходимых данных.

Формирование и развитие национальной транспортной системой на основе моделирования направлено на повышение качества жизни граждан, экономический рост, интеграцию в транспортную систему евразийского пространства и других макрорегионов. Управление в транспортной отрасли на основе моделирования способствует обеспечению связанности и транспортной доступности территорий страны, повышению мобильности граждан, увеличению скорости и объема мультимодальных перевозок, внедрению на транспорте востребованных инновационных технологий. При моделировании учитываются интересы государства, особенности окружающей среды и география региона.

Транспортная система является объективно сложной и включает не только элементы непосредственно транспорта (магистраль, складские сооружения, предприятия сервиса, подвижной состав, персонал и др.), но и элементы систем управления, обеспечения, связи и др. Современные технологии телематики позволяют осуществлять сбор и обработку необходимых данных практически о любых элементах сложной транспортной системы. Реализуя и интегрируя возможности телематики для использования интернета вещей, повсеместных вычислений и сетевого обмена возможно создать киберфизическую модель комплексной транспортной системы.

Значение транспорта для экономического развития и обеспечения безопасности страны, и имеющиеся возможности для решения глобальных и региональных проблем в процессе управления формированием и функционированием транспортной системы с помощью киберфизической модели, подтверждают сложность и актуальность темы исследования и государственное значение проблем развития транспортной сети.

Объектом исследования является комплексная транспортная система, составляющие подсистемы и их элементы.

Предметом исследования является процесс управления интеграцией мультимодальной транспортной системы и региональной инфраструктуры.

Целью исследования является разработка киберфизической модели формирования комплексной транспортной системы с учетом влияния максимально возможного количества внешних факторов и изменчивости основных направлений грузопотока.

Для достижения поставленной цели необходимо сформировать облик комплексной транспортной системы, определить и дать описание составляющим системам, выявить связи между элементами внутри систем и между системами, дать математическое описание принципам взаимного влияния различных элементов и, объединив физические и программные элементы в едином подходе, систематизировать выявленные зависимости в многофакторной киберфизической модели.

Материал и методы

В процессе исследования использованы открытые источники информации, и выполнен анализ результатов ранее выполненных научных работ, аккумулированы знания в области транспорта, телематики и киберфизики. При описании транспортной системы, составляющих подсистем и входящих элементов, использована декомпозиция, синтетический и индуктивный методы, принципы систематичности и последовательности. Применен системный подход и математическое моделирование грузопотока.

Теория и расчёты

Развитию и управлению транспортными системами, исследованию вопросов организации транспортно-логистических процессов и другим направлениям, связанным с перемещением пассажиров и грузов, посвящено множество научных трудов.

Научным сообществом сформулированы проблемы транспортных систем страны, которые включают недостаточный объем обновления основных фондов и низкий уровень автоматизации, недостаточное развитие научной деятельности, отсутствие эффективной законодательной базы и достаточного количества высококвалифицированных специалистов, несоответствие применяемых технологий и темпов технического перевооружения требованиям эффективного функционирования [1].

В результате обзора результатов зарубежных исследований можно выделить такие институциональные проблемы транспорта, как недостаточное удовлетворение спроса на мобильность, снижение безопасности в результате значительного усложнения транспортных систем, необходимость принятия инвестиционных и эксплуатационных решений. Сейчас в повестку транспортной политики включены национальная конкурентоспособность, экономическое развитие и технологическое лидерство. Обозначены проблемы увеличения количества и направленностей задач транспорта, и быстрые технологические изменения [2].

Деловое сообщество видит основные проблемы транспортной системы в пробках и заторах на дорогах, недостаточных коммуникациях с водителями, устаревших системах документооборота, проблемах с оптимизацией работы транспорта и его эксплуатации, и в неэффективных маршрутах перевозки [3].

При формировании облика транспортной системы регионального уровня необходимо учесть основные элементы (мультимодальные коридоры, транспортные узлы), предназначенные для выполнения стратегических задач. Есть примеры разграничения транспортных систем на звенья, выделения области зарождения грузопотока и мест массового скопления конечных пунктов транспортировки или пунктов принятия основного объема грузопотока. Принято определять направления, степень неравномерности и состав грузопотоков [4].

Элементы системы могут быть разделены на системообразующие, вокруг которых формируется транспортная система и которые выполняют основные функции, дополняющие элементы, которые обеспечивают функционирование системообразующих элементов, и обслуживающие элементы, функции которых не связаны с системообразующими элементами, но они необходимы для современной транспортной системы [5].

Комплексная транспортная система состоит из подсистем. В том числе систем транспортных потоков и управления (перевозками, логистикой и инфраструктурой).

Образование укрупненного грузопотока транспортного коридора происходит в процессе объединения отдельных перевозок.

Инфраструктурная схема транспортной системы включает магистрали, терминалы или складские комплексы, подвижной состав и грузопоток (рис. 1).

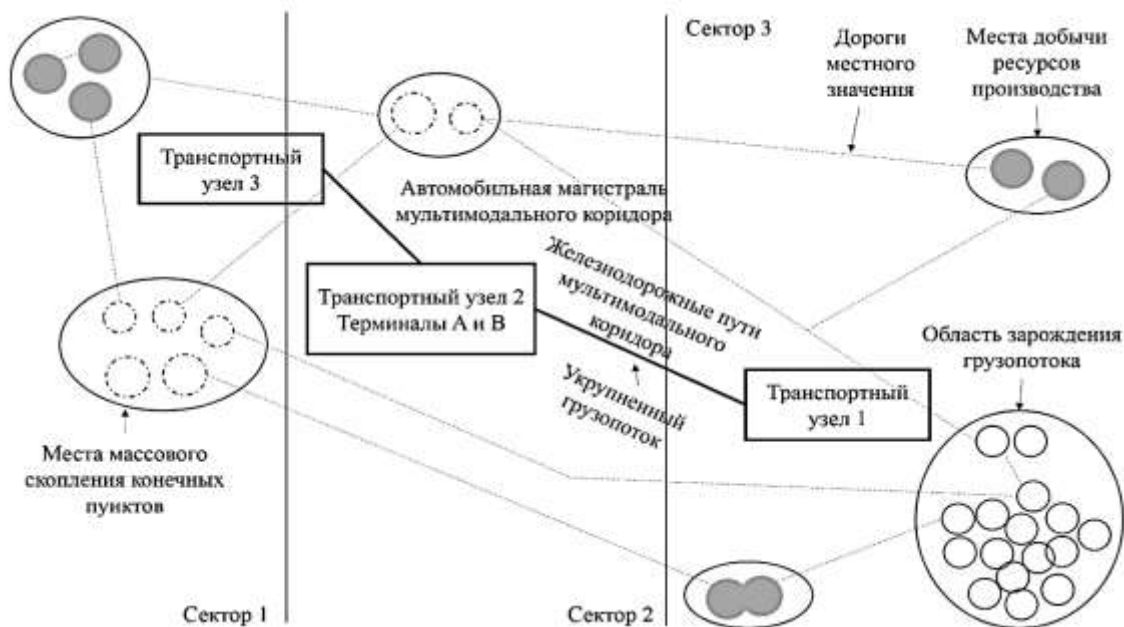


Рисунок 1 – Инфраструктурный облик искусственной транспортной системы с границами секторов, выделенными областями зарождения и массового скопления грузопотоков

Взаимодействие между элементами комплексной транспортной системы осуществляется посредством передачи информации, как правило, между устройствами с сенсорами, которая является основой для принятия управленческих решений.

Киберфизическая модель представляет собой схему управления физическими объектами транспортной системы на основе данных, и математическое описание их взаимодействия.

К макроскопическим моделям управления грузопотока относят математическую модель, основанную на гидродинамической теории [6]:

$$N_a = v_a q_a \ln \frac{q_a \max}{q_a}$$

где N_a – постоянство грузопотока;

v_a – определяемая скорость;

q_a – плотность транспортного потока.

Началом и концом транспортного потока (участка магистрали) определим терминалы.

Условие обеспечения обработки грузопотока в мультимодальных терминалах можно представить, как [7]:

$$\sum X_{ij} k_{c\ ij} = V_j, j = 1, \dots, n,$$

где X_{ij} – количество операций, обслуживаемых терминалом;

$k_{c\ ij}$ – коэффициент удаленности терминала;

V_j – число операций, которые необходимо выполнить в терминале.

Необходимость перенаправления груза в терминал В при полной загрузке терминала А можно определить, как [8]:

$$\sum X_{ij} k_{c\ ij} \leq Q_i \Pi_i Z_{ik},$$

где Q_i – количество терминалов;

Π_i – пропускная способность терминала;

Z_{ik} – затраты, связанные с перенаправлением грузов в терминал В.

С учетом масштаба и в связи с объективной сложностью региональной транспортной системы может быть сформирована киберфизическая модель отдельного выбранного сектора, определенного участка или части системы (рис. 2).

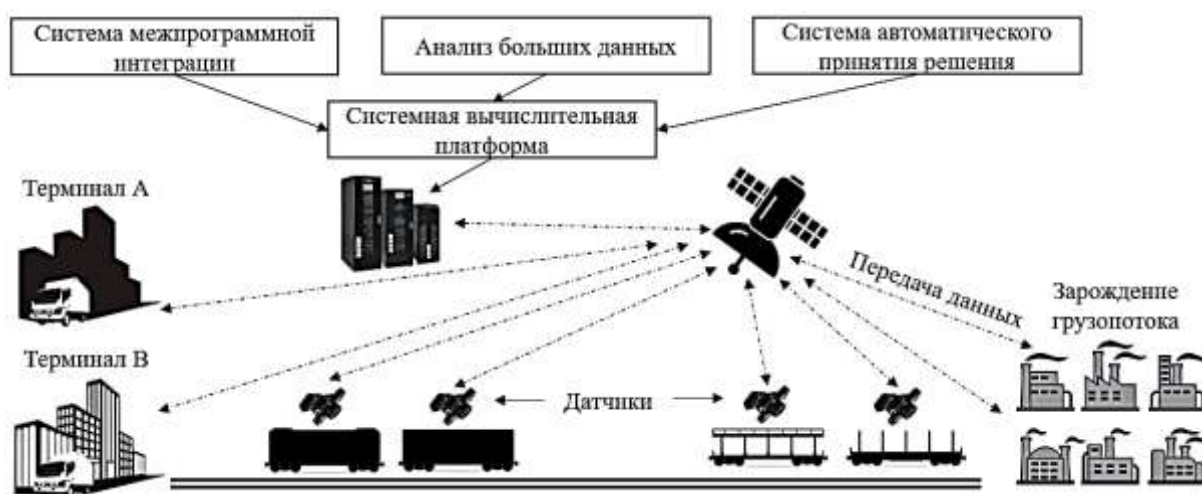


Рисунок 2 – Имитационная киберфизическая модель отдельного сектора комплексной транспортной системы

Киберфизическая система позволяет при обработке данных, передаваемых от терминалов, подвижного состава и предприятий-грузоотправителей в режиме реального времени определить число операций, которые необходимо выполнить в терминале, и, реагируя на спрос на транспортно-логистические услуги, принимать решения о распределении грузопотока по терминалам.

Учитывая скорость и плотность грузопотока на основе данных, получаемых от датчиков, установленных на подвижном составе, киберфизическая система способна регулировать постоянство грузопотока через управление отправкой грузов из области зарождения грузопотока.

Сопоставляя данные о количестве и пропускной способности терминалов, учитывая затраты, связанные с перенаправлением грузов, и используя принципы и инструменты предиктивной аналитики на основе больших данных, киберфизическая система способна поддерживать процессы управления формированием комплексных транспортных систем и интеграцией мультимодальных коридоров с региональной инфраструктурой.

Результаты и обсуждение

Широкое внедрение устройств передачи данных в элементы транспортной системы и

использование сетевых технологий высокоскоростной передачи и обработки информации, в том числе с использованием алгоритмов искусственного интеллекта, позволяет сформировать киберфизическую систему.

Предпосылкой формирования киберфизических систем в управлении транспортными процессами стала цифровая трансформация высокотехнологичных промышленных предприятий [9].

Использование киберфизической системы на транспорте позволит реструктуризовать высокоэффективные процессы для обеспечения опережающего развития транспортной отрасли при переходе к технологической экономике с использованием инновационных инструментов и механизмов [10].

Пересечение такой традиционной области экономики, как транспорт, и киберфизических систем может быть стартом нового витка развития отрасли [11].

В результате объединения областей киберфизических и транспортных систем может быть предложено понятие «киберфизика транспортных систем», под которым понимается совокупность средств телематики и автоматизированного технического оборудования, и технологий передачи и интеллектуальной обработки данных для решения транспортной задачи.

Киберфизика транспортных систем, – это направление научного познания об управлении физическими предметами (механизмами) посредством обработки компьютерными программами большого объема информации, поступающей из различных источников, в том числе от объектов управления, с целью выполнения перевозки пассажиров и грузов и других сопутствующих операций.

При построении архитектуры и эксплуатации интеллектуальных транспортных систем важно обеспечить поступление информации от устройств и возможность передачи команд устройствам, например, беспилотному транспортному средству [12]. В транспортно-логистическом производстве будущего, представляющем собой человеко-машинный комплекс, киберфизическая система обеспечит функционирование устройств и механизмов на требуемом уровне качества [13].

Открываются новые возможности применения математических методов анализа, планирования и автоматизации перевозок, а также использования глобальных систем, например, ГЛОНАСС, в сложных условиях освоения крайних районов севера [14].

Именно на транспорте, при формировании и управлении международными мультимодальными коридорами, для координации процессов в режиме реального времени и в стратегической перспективе, могут быть наиболее эффективно использованы компьютерные алгоритмы и информационные сети.

Киберфизика транспортных систем позволит обеспечить надежность мультимодальных коридоров и региональной инфраструктуры, повысить уровень безопасности транспортных процессов, минимизировать риски и в режиме реального времени решать задачи оптимизации транспортного производства.

Внедрение киберфизических систем для управления транспортным производством позволит решить стратегические задачи межсистемной интеграции, сокращения человеко-часов, объединения городских, межрегиональных и коммерческих транспортных систем.

Выводы

В результате исследования комплексной транспортной системы, составляющих ее подсистем и элементов предложено интегрировать киберфизическую систему для управления транспортными и сопутствующими процессами. Составлен инфраструктурный облик искусственной транспортной системы и имитационная киберфизическая модель её отдельного сектора. Описаны процессы управления перевозкой грузов при использовании киберфизической системы.

Использование киберфизической модели при формировании комплексных транспортных систем в процессе интеграции мультимодальных коридоров и региональной инфраструктуры позволит не только эффективно осуществлять перевозку, например, задействовать транзитные возможности регионов, обеспечить электронный документооборот и т.д., но и

внедрять и распространять перспективные технологии интеллектуального и беспилотного транспорта.

Результаты настоящего исследования могут быть использованы при выполнении исследовательских работ и непосредственном управлении интеллектуальными транспортно-технологическими и логистическими системами регионов и городов страны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шуравина Е.Н. Проблемы современной транспортной системы России // Вестник Самарского государственного университета. 2011. №90. С. 58-62.
2. Stough R.R., Rietveld P. Institutional issues in transport systems // Journal of Transport geography. 1997. Т. 5. №3. С. 207-214.
3. Орлова Н. 5 современных проблем в транспортной сфере [Электронный ресурс] / Сбер Бизнес Live 13.12.2023. URL: <https://sberbusiness.live/publications/5-sovremennykh-problem-v-transportnoi-sfere>.
4. Нестерова Н.С. Формирование облика мультимодальной транспортной сети // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2016. №3(51). С. 146-153.
5. Прокофьева Т.А. Логистическая инфраструктура международных транспортных коридоров: кластерный подход к управлению // Соискатель-приложение к журналу Мир транспорта. 2015. №1. С. 50-57.
6. Митюгин В.А., Фролов Н.А. Развитие теорий моделирования транспортных потоков // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2015. №6-1. С. 68-76.
7. Ландсман А.Я. Терминальная сервисная система на транспорте. М.: Дороги, 2008. 136 с
8. Ландсман А.Я., Винников М.В. Эффективность использования терминальной сервисной системы на автомобильном транспорте // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2010. №4. С. 51а-55.
9. Голов Р.С., Мыльник А.В. Гриккладные основы формирования киберфизических систем на высокотехнологичных промышленных предприятиях в условиях цифровой трансформации промышленности // Научные труды Вольного экономического общества России. 2023. Т. 239. №1. С. 291-306.
10. Сергеева О.Ю. Киберфизические системы как технологии субсидиарного управления // Нанотехнологии в строительстве. 2018. Т. 10. №3. С. 94-106.
11. Волков А.А. Кибернетика строительных систем. Киберфизические строительные системы // Промышленное и гражданское строительство. 2017. №9. С. 4-7.
12. Жанказиев С.В. Интеллектуальные транспортные системы. Пути развития // Информационные технологии и инновации на транспорте. 2016. С. 3-9.
13. Жанказиев С.В. Возможности использования беспилотных автомобильных систем в решении задач транспортной логистики // Наука и бизнес: пути развития. 2020. №12. С. 26-33.
14. Филиппова Н.А., Власов В.М., Беляев В.М. Навигационный контроль доставки грузов в условиях Севера России // Мир транспорта. 2019. Т. 17. №4. С. 218-231.
15. Куприяновский В.П., Намиот Д.Е., Синягов С.А. Кибер-физические системы как основа цифровой экономики // International Journal of Open Information Technologies. 2016. Т. 4. №2. С. 18-25.

Мальшев Максим Игоревич

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

Адрес: 125319, Россия, Москва, Ленинградский проспект, 64

К.т.н., доцент кафедры Менеджмент

E-mail: dicorus@mail.ru

M.I. MALYSHEV

MANAGING THE FORMATION OF INTEGRATED TRANSPORT SYSTEMS IN THE PROCESS OF INTEGRATING MULTIMODAL CORRIDORS AND REGIONAL INFRASTRUCTURE BASED ON A CYBERPHYSICAL MODEL

Abstract. The formation and development of regional transport systems is carried out in the process of integration of multimodal corridors and regional infrastructure formed in the direction of

the main cargo flow. A cyberphysical system, as a set of computer algorithms, information networks, devices and autonomous mechanisms, provides management of transport and related processes. This paper presents an infrastructural appearance and a simulated cyberphysical model of a separate sector of an artificial transport system. The description of the cargo transportation management process using a cyberphysical system and mathematical models of traffic flow is given.

Keywords: *integrated transport systems, cargo flow formation, transport management, multi-modal corridors, regional transport infrastructure, cyberphysics of transport systems, intersystem integration*

BIBLIOGRAPHY

1. Shuravina E.N. Problemy sovremennoy transportnoy sistemy Rossii // Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo universiteta. 2011. №90. S. 58-62.
2. Stough R.R., Rietveld P. Institutional issues in transport systems // Journal of Transport geography. 1997. T. 5. №3. S. 207-214.
3. Orlova N. 5 sovremennykh problem v transportnoy sfere [Elektronnyy resurs] / Sber Biznes Live 13.12.2023. URL: <https://sberbusiness.live/publications/5-sovremennykh-problem-v-transportnoi-sfere>.
4. Nesterova N.S. Formirovanie oblika mul'timodal'noy transportnoy seti // Sovremennye tekhnologii. Sistemnyy analiz. Modelirovanie. 2016. №3(51). S. 146-153.
5. Prokof'eva T.A. Logisticheskaya infrastruktura mezhdunarodnykh transportnykh koridorov: klasternyy podkhod k upravleniyu // Soiskatel'-prilozhenie k zhurnal Mir transporta. 2015. №1. S. 50-57.
6. Mityugin V.A., Frolov N.A. Razvitie teorii modelirovaniya transportnykh potokov // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. 2015. №6-1. S. 68-76.
7. Landsman A.YA. Terminal'naya servisnaya sistema na transporte. M.: Dorogi, 2008. 136 s
8. Landsman A.YA., Vinnikov M.V. Effektivnost' ispol'zovaniya terminal'noy servisnoy sistemy na avtomobil'nom transporte // Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI). 2010. №4. S. 51a-55.
9. Golov R.S., Myl'nik A.V. Grikladnye osnovy formirovaniya kiberfizicheskikh sistem na vysokotekhnologichnykh promyshlennykh predpriyatiyakh v usloviyakh tsifrovoy transformatsii promyshlennosti // Nauchnye trudy Vol'nogo ekonomicheskogo obshchestva Rossii. 2023. T. 239. №1. S. 291-306.
10. Sergeeva O.YU. Kiberfizicheskie sistemy kak tekhnologii subsidiarnogo upravleniya // Nanotekhnologii v stroitel'stve. 2018. T. 10. №3. S. 94-106.
11. Volkov A.A. Kibernetika stroitel'nykh sistem. Kiberfizicheskie stroitel'nye sistemy // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2017. №9. S. 4-7.
12. ZHankaziev S.V. Intellektual'nye transportnye sistemy. Puti razvitiya // Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte. 2016. S. 3-9.
13. ZHankaziev S.V. Vozmozhnosti ispol'zovaniya bespilotnykh avtomobil'nykh sistem v reshenii zadach transportnoy logistiki // Nauka i biznes: puti razvitiya. 2020. №12. S. 26-33.
14. Filippova N.A., Vlasov V.M., Belyaev V.M. Navigatsionnyy kontrol' dostavki gruzov v usloviyakh Severa Rossii // Mir transporta. 2019. T. 17. №4. S. 218-231.
15. Kupriyanovskiy V.P., Namiot D.E., Sinyagov S.A. Kiber-fizicheskie sistemy kak osnova tsifrovoy ekonomiki // International Journal of Open Information Technologies. 2016. T. 4. №2. S. 18-25.

Malyshev Maxim Igor'evich

Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI)

Address: 125319, Russia, Moscow, Leningradsky prospect, 64

Candidate of Technical Sciences

E-mail: dicorus@mail.ru

Научная статья

УДК 656.025.6

doi:10.33979/2073-7432-2024-4-2(87)-10-20

К.И. САРКИСОВА, А.А. БЕЛЕХОВ

МЕТОД ОЦЕНКИ ТРАНСПОРТНОЙ ДОСТУПНОСТИ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА НОВЫХ ЖИЛЫХ РАЙОНОВ МЕГАПОЛИСОВ

Аннотация. В статье представлен метод оценки транспортной доступности общественного транспорта в новых жилых районах мегаполисов. В исследовании анализируются такие параметры, как расстояние до ближайших остановок общественного транспорта, индекс энтропии, время в пути до центра города и другие факторы, влияющие на удобство использования общественного транспорта жителями новых районов. Улучшение доступа к общественному транспорту способствует повышению мобильности в городе, и, как следствие, развитию новых территорий и увеличению количества рабочих мест. Эффективное планирование общественного транспорта может снизить загрязнение окружающей среды за счёт оптимизации маршрутной сети и сокращения использования личных автомобилей.

Ключевые слова: новые жилые комплексы, транспортная инфраструктура, городской пассажирский транспорт, доступность, мобильность, мегаполис, остановочные пункты

Введение

Понятие «транспортная доступность» можно трактовать как мера способности территории быть достигнутой при помощи транспорта, измеряемая временем, в течение которого данная территория может быть достигнута из определенной точки при помощи различных видов транспорта по транспортной сети [1]. В транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года определена реализация долгосрочных целей по повышению транспортной доступности территории. В данной статье под рассматриваемой территорией будем понимать новые жилые районы г. Санкт-Петербурга.

Интегральная транспортная доступность по Бугроменко – это совокупность возможностей достижения любой точки территории, на величину которых оказали влияние различные (в т. ч. топологические) условия их осуществления [2].

Крупные аналитические компании проводили научные изыскания на тему причин выбора места жительства, и все они указывают на то, что транспортная доступность является одним из ключевых факторов. На рисунке 1 изображены распределения результатов опросов населения таких компаний, как ЕРЗ. РФ [3], Яндекс [4], Google [5] и Mail.ru [6].

Рассмотрев статистические данные застраиваемых территорий в период с 2000 по 2025 гг., можно сделать вывод, что наблюдается рост количества возводимой недвижимости, динамика которой приведена на рисунке 2.

Рост возводимой недвижимости обусловлен увеличением численности населения в крупных городах. Численность населения в Санкт-Петербурге на конец 2023 года составляет 5 616 038 чел. По прогнозам Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по г. Санкт-Петербургу и Ленинградской области «Петростат», численность населения к 2036 г. составит 6 186 369 чел. Анализируя приведенные показатели, можно предположить, что численность населения вырастет на 9,3 %, что может спровоцировать нехватку жилья [7].

Предложенный метод оценки транспортной доступности позволит определить эффективность и уровень доступности транспортных систем для жителей новых жилых районов, что актуально в условиях быстрого роста городов и увеличения числа жителей.

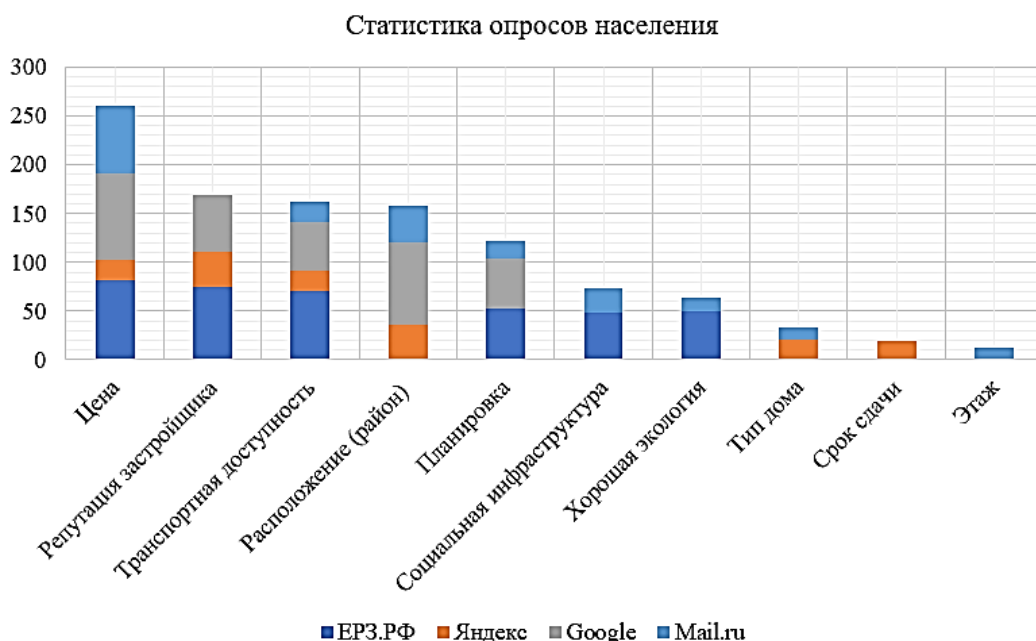


Рисунок 1 – Статистика опросов населения

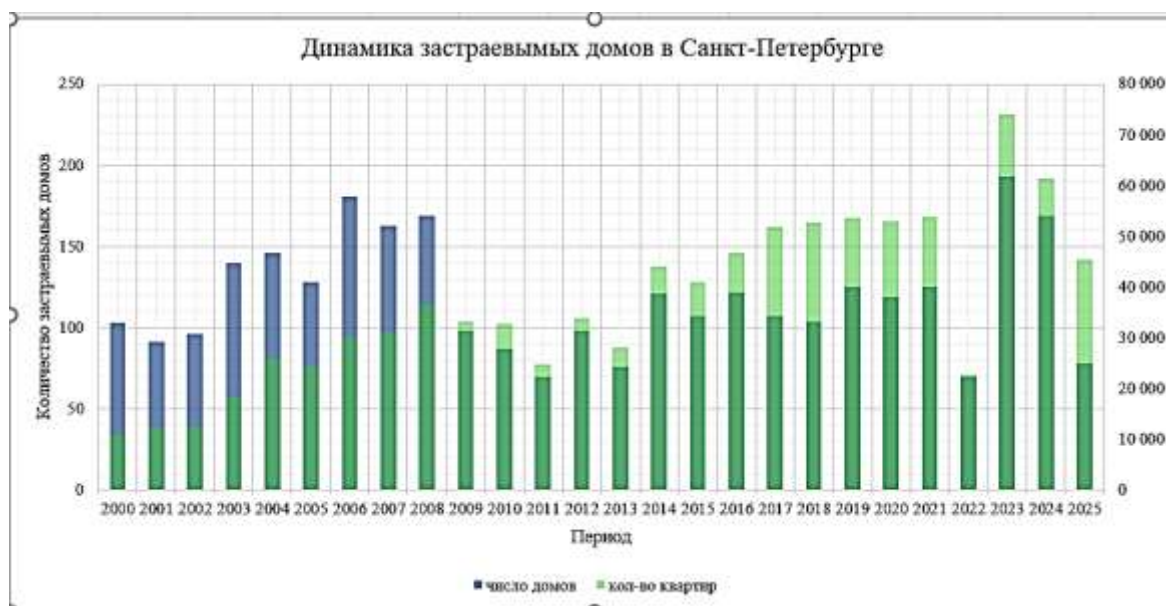


Рисунок 2 – Динамика строительства домов в Санкт-Петербурге в период с 2000 по 2025 гг.

Материал и методы

Метод оценки транспортной доступности общественного транспорта был разработан на основе анализа научно-исследовательских работ (статей, монографий, диссертаций) и статистических данных. Для подтверждения целесообразности внедрения метода были использованы методы математического моделирования.

Теория

Понятие транспортной доступности включает в себя основные четыре элемента: землепользование (распределение пунктов отправления и назначения, а также их характеристики), транспорт (транспортная система), временные и индивидуальные показатели [8]. В рамках проводимого исследования индивидуальные показатели не будут учтены, по причине чрезвычайно высокой сложности математической оценки их влияния на общую систему.

Эффективная система общественного транспорта может повысить уровень мобильности в городах. Система общественного транспорта (ОТ) должна учитывать мобильность всех

граждан (с учётом застраиваемой территории) наряду с доступностью к остановочным пунктам (ОП) или станциям метрополитена и возможностью беспрепятственной поездки на различных видах транспорта [9].

Рост численности населения вызывает рост спроса на мобильность населения. Это связано с тем, что ввод нового жилья расширяет территорию агломерации и увеличивает время перемещения до мест работы или учёбы [10]. Ближайшими примерами для Санкт-Петербурга можно отметить Кудрово и Мурино, в которых начался активный ввод и строительство жилья с 2015 г. [11], что впоследствии создало нагрузку на улично-дорожную сеть (УДС) и ближайшие станции метро «Улица Дыбенко» и «Девяткино». Если транспортная система не способна удовлетворить требования жителей районов, то это приводит к увеличению времени ожидания ОТ и его загруженности, а также транспортным заторам на дорогах, что наблюдается в приведённых районах.

Оценка транспортной доступности районов необходима для определения связи жилых кварталов с основными точками притяжения жителей кварталов, а также с целью определения и перенаправления их с загруженных участков УДС. Уровень мобильности рассматриваемого района можно повысить, обеспечив правильно организованную транспортную систему [12].

Для оценки транспортной доступности уже застроенной территории в данной статье будут рассмотрены следующие методы:

- 1) натурные;
- 2) показатели транспортной доступности;
- 3) математические (изохроны) [13].

Для незастроенной территории ряд методов и показателей могут быть нецелесообразными, поскольку исходные данные могут отсутствовать для натурального метода. Для анализа транспортной доступности района необходимы исходные данные, которые могут быть получены статистическим методом.

Сбор исходных данных статистическим методом повышает точность получаемых данных о количестве рабочих, учащихся и незанятых групп населения. Неопределённость, присущая параметру среднего значения перемещений по городу, может быть скорректирована путём анализа данных по каждому муниципальному району. При получении процентных распределений групп жителей полученные величины можно перенести на планируемое значение количества жителей комплекса. Учитывая уровень автомобилизации в городе, можно определить количество населения, участвующего в ежедневных поездках на общественном транспорте. Статистический метод учитывает увеличение процента людей, работающих удалённо. Данный фактор необходимо учитывать, поскольку во время часа-пик такие трудящиеся создают минимальную нагрузку на УДС.

Стоит отметить, что анализ транспортной доступности натурным методом целесообразен для подтверждения или опровержения поставленных гипотез о транспортной доступности в рассматриваемом районе. Использование натурального метода анализа может быть сопряжено с использованием больших ресурсов и погрешности, поскольку исследования оптимально проводить два раза в год (апрель и октябрь), что для оценки может быть недостаточно.

Транспортная доступность новых жилых районов может быть оценена для индивидуального транспорта (ИТ), ОТ, а также для пешеходов, велосипедистов и лиц, использующих средства индивидуальной мобильности. В данной статье более подробно рассмотрим транспортную доступность ОТ, которая включает в себя ряд показателей.

Рассмотрим метод анализа транспортной доступности с помощью показателей. Наиболее распространёнными методами оценки транспортной доступности являются: густота (плотность) транспортной сети на площадь территории, обеспеченность транспортной инфраструктуры, а также показатель Энгеля [14]. Сведём в таблицу 1 показатели транспортной доступности, на основании которых впоследствии станет возможным провести анализ.

Таблица 1 – Показатели транспортной доступности

№ п/п	Показатель	Единицы измерения	Формула для определения	Стремление величины
1	Время движения в ОТ	мин	t_{OT}	45 мин
2	Индекс транспортной доступности		$TAI = \frac{t_{OT}}{\frac{1}{2} \cdot (t_{OT} + t_{ИТ})}$ где $t_{ИТ}$ – время движения в индивидуальном транспорте.	
3	Частота движения ОТ	мин	h	5 мин
4	Наполняемость салона ОТ	чел./м ²	γ_c	8 чел./м ²
5	Вероятность своевременного прибытия транспортных средств	%	p	100%
6	Обеспеченность транспортной инфраструктурой	%	k	100%
7	Обеспеченность инфраструктуры для маломобильных групп населения (МГН)	%	$k_{МГН}$	100%
8	Время движения ОТ в течение дня	ч	T	19 ч
9	Время на подход пассажира к ОП	мин	$t_{пеш}$	5 мин
10	Густота сети с учётом количества транспортных средств	км/ед. тс	$d_{LN} = \frac{L}{N}$ где L – длина УДС; N – количество транспортных средств.	1
11	Показатель Энгеля - Юдзуру Като	$\frac{\text{км}}{\sqrt{\text{км}^2 \cdot (\text{жит})}}$	$d = \frac{L}{\sqrt{SH}}$ где S – площадь района, км ² .	1
12	Индекс энтропии		$EI_i = - \left(\sum_{j=1}^J \frac{P_j \cdot \ln P_j}{\ln J} \right)$ где P – доля типа землепользования; J – количество типов землепользования.	1
13	Индекс скорости проезда		$TRI = \frac{\left(\frac{v_{п}}{v_{св.п}} \cdot t_{\text{час-пик}} \right) + \left(\frac{v_{п \text{ маг.ул.}}}{v_{св.п \text{ маг.ул}}} \cdot t_{\text{час-пик.маг.ул}} \right)}{t_{\text{час-пик}} + t_{\text{час-пик.маг.ул}}}$ где $v_{п}$ – скорость потока, км/ч; $v_{св.п}$ – скорость свободного потока, км/ч; $v_{п \text{ маг.ул.}}$ – скорость потока на магистральной улице, км/ч; $v_{св.п \text{ маг.ул}}$ – скорость свободного потока на магистральной улице, км/ч; $t_{\text{час-пик}}$ – время час-пика, ч; $t_{\text{час-пик.маг.ул}}$ – время час-пика на магистральной улице, ч.	1

Показатели, представленные в таблице 1, под номерами 3-8 представляют собой базовые показатели транспортного обслуживания населения, представленные в отечественной литературе. Густота сети с учётом количества транспортных средств и показатель Энгеля - Юдзуру Като представлены как в зарубежной, так и в отечественной литературе, и представляют собой показатели оценки обеспеченности рассматриваемого района транспортной сетью, т. е. совокупностью линейных транспортных объектов (автомобильными дорогами)

[15]. Индексы энтропии, транспортной доступности и скорости проезда представляют собой базовые зарубежные показатели транспортного обслуживания населения.

Время движения ОТ в таблице 1 было рассчитано для населения свыше 1 млн чел. При учёте транспортной доступности в других городах необходимо изменить показатель согласно численности рассматриваемого города и сопоставить полученное значение с нормативной документацией.

В таблице 1 рассмотрим показатель времени на подход к ОП. Помимо данного показателя, к ОП должен предъявляться ряд требований: соответствующие габаритные размеры площадки, автопавильона, остановочной полосы и др. К тому же, ОП должны быть доступны для всех, в т. ч. для МГН. Требования должны быть разработаны с учётом перспективы роста агломерации и интенсивности движения ОТ, обусловленной увеличением пассажиропотока на остановках [16].

Показатель индекса энтропии позволяет оценить долю типа землепользования в рассматриваемом районе. В рамках данного исследования будет рассчитан показатель для шести типов землепользования: жилые, промышленные, коммерческие, социальные, транспортные и рекреационные [17]. Значение показателя варьируется от 0 до 1, где 1 указывает на баланс между различными типами землепользования, а 0 – на полную однородность. Когда индекс энтропии в жилом комплексе равен (близок) нулю, это может свидетельствовать о недостатке рабочих или социальных мест. В результате, при полном заселении комплекса на УДС будет создана нагрузка жителями, совершающих трудовые и учебные поездки.

Индекс транспортной доступности используется при сравнении эффективности обслуживания общественным и личным транспортом. Стоит отметить, что данный показатель, преимущественно, применяется при анализе транспортных потоков коридора. Впоследствии из значений, полученных при анализе ряда коридоров, можно составить модель доступности всей агломерации с учётом строительства новых жилых комплексов.

В понятие индекса скорости проезда включено отношение реальной скорости проезда к скорости свободного проезда на разных типах улиц и дорог в пределах агломерации. Значения индекса могут быть представлены в качестве показателя дополнительного времени, проведенного в транспортной системе вследствие общей перегруженности.

Использование только одного из вышеуказанных показателей не позволит получить комплексное представление о транспортной доступности рассматриваемого района, поскольку ни один из показателей не может самостоятельно оценить доступность ОТ в целом. Опишем основные уровни транспортного обслуживания и характеристики каждого из них:

1) низкий: ОТ не справляется с высоким пассажиропотоком, и некоторые жители районов не могут быть обслужены; низкая частота движения ОТ; нет возможности пешеходного движения до крупных транспортных узлов; нет альтернативных видов транспорта; инфраструктура ОТ не соответствует предъявляемым к ней требованиям; ОТ не обслуживает разные типы землепользований;

2) средний: ОТ перегружен, однако большинство жителей имеет возможность добраться до пункта назначения; умеренная частота движения ОТ; недостаточное количество альтернативных видов транспорта; инфраструктура ОТ частично не соответствует предъявляемым к ней требованиям; ОТ частично обслуживает разные типы землепользований;

3) высокий: показатель наполняемости салона соответствует требованиям; представлены альтернативные виды транспорта; пешая доступность до крупных транспортных узлов; инфраструктура ОТ соответствует предъявляемым к ней требованиям; ОТ обслуживает разные типы землепользований.

Приведённая градация уровней транспортного обслуживания позволит оценить жилые комплексы и в дальнейшем вывести математические зависимости показателей.

Расчёт

Расчёт предложенной методики можно обосновать на примере жилого комплекса

«Солнечный город», расположенном в Красносельском районе г. Санкт-Петербурга.

На начальном этапе оценки транспортной доступности был выполнен анализ расстояния от жилого комплекса до основных точек притяжения, находящихся на определённых ранее типах землепользования. Ближайшей станцией метро к ЖК «Солнечный город» является станция «Проспект Ветеранов». На рисунке 3 показан кратчайший путь для общественного и индивидуального транспорта (коричневая линия) к станции метро. Кроме того, на рисунке изображена социальная (поликлиники, ВУЗы, ССУЗы, детские сады, школы) и транспортная (станции метро и остановочные пункты) инфраструктуры. В целях улучшения восприятия карты центры отдыха (парки, пляжи), промышленные и коммерческие зоны были изображены на рисунке 4.

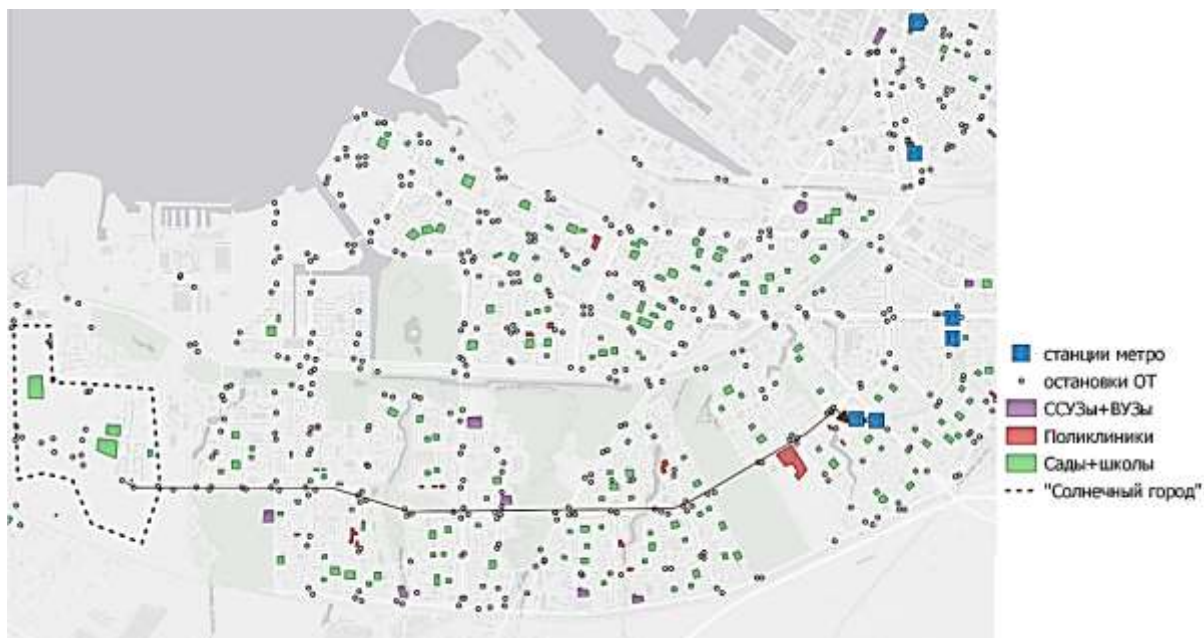


Рисунок 3 – Инфраструктура ЖК «Солнечный город»

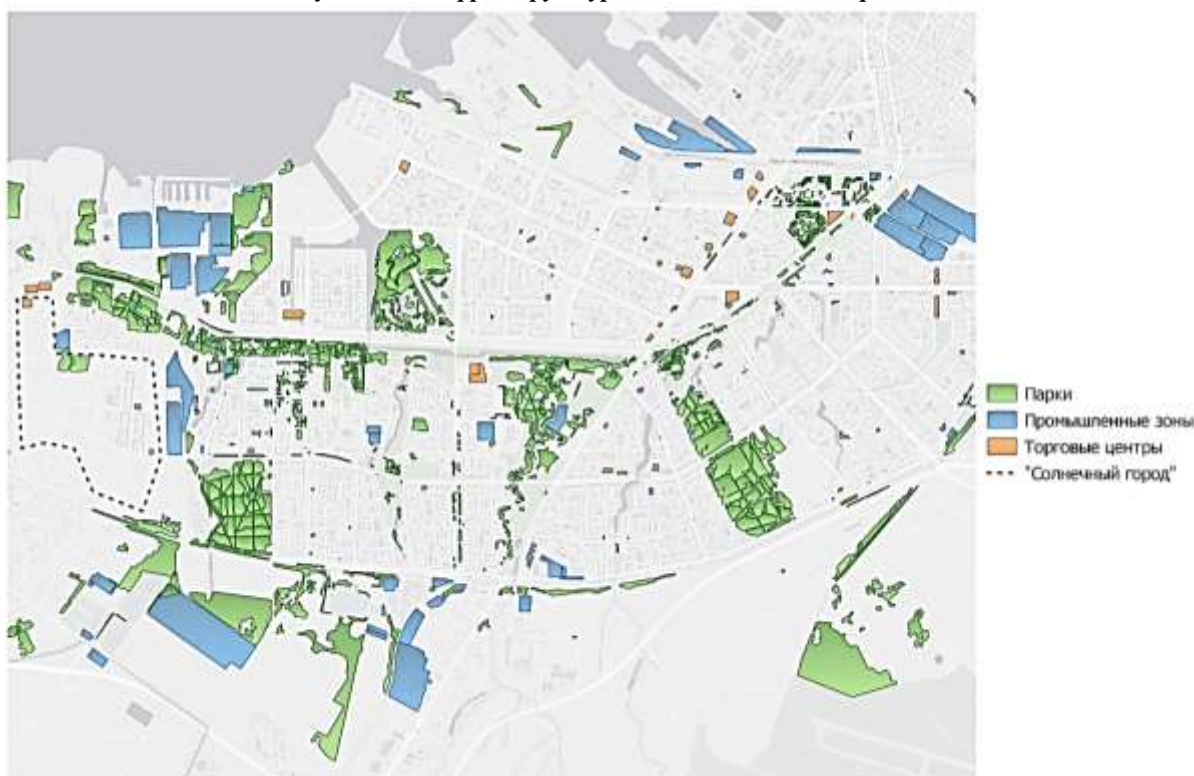


Рисунок 4 – Зоны ЖК «Солнечный город»

Важным этапом учёта транспортной доступности можно отметить сбор исходной информации о предполагаемых передвижениях в рассматриваемом районе. В ЖК «Солнечный город» застройщик определил численность населения в 45000 чел. Пешеходные передвижения из ЖК «Солнечный город» к ближайшей станции метро не будут рассмотрены, поскольку мала вероятность выбора данного передвижения (время в пути – 108 минут). В ходе анализа статистики по Красносельскому району, были определены общие зависимости, сведённые в таблицу 2.

Таблица 2 – Процентное распределение население района и жилого комплекса

	Население Красносельского района, чел.	Процентные зависимости	Максимальное население ЖК «Солнечный город», чел.
Общее население	431 546	100%	45 000
Трудоспособное население	249 374	57,8%	26 004
Безработные	4 240	1,7%	443
Воспитанники детского сада	18 633	4,3%	1 935
Ученики младшей и средней школы	36 338	8,4%	3 780
Ученики старшей школы	3 874	0,9%	408
Студенты ССУЗов	11 083	2,6%	1 167
Студенты ВУЗов	19 851	4,6%	2 070
Люди пенсионного возраста	53 511	12,4%	5 580
Работники дистанционного формата	24 938	10,0%	2 601
Жители, совершающие поездки в утренний час-пик	216 322	–	22 552
Пользователи личного транспорта	136 800	31,7%	14 265
Пассажиры общественного транспорта	294 746	68,3%	30 735

Далее были определены ежедневные миграции населения. Для расчёта максимального пассажиропотока возьмём утренний час-пик с 06:00 до 09:00 и интенсивность движения общественного транспорта 30 авт./ч, следовательно, при данных параметрах можно рассмотреть два сценария:

а) все жители ЖК «Солнечный город» будут пользоваться ОТ, тогда средняя заполняемость ОТ – 251 чел., что маловероятно;

б) с учётом автомобилизации и пассажиров ОТ средний пассажиропоток за час составит 5135 чел., а средняя заполняемость ОТ – 171 чел. Нагрузка на УДС от ИТ составит 2383 автомобиля в час. При пропускной способности одной полосы, равной 1500 авт./ч, можно сделать вывод, что на проспекте Ветеранов (2 полосы для движения в одну сторону) необходима дополнительная выделенная третья полоса для движения ОТ с целью уменьшения транспортных заторов.

Рассчитанный показатель заполняемости ОТ признан неудовлетворительным, что предполагает увеличение времени, требуемое жителям района для достижения пунктов назначения в часы-пик. В настоящее время, в период с 06:00 до 09:00, средняя заполняемость ОТ составляет 3431 чел., что указывает на то, что комплекс сдан на 66,8 %. В целом, полученный результат отражает действительную неравномерность заселения комплекса и позволяет сделать вывод, что при максимальном количестве жителей ЖК «Солнечный город» транспортная ситуация на проспекте Ветеранов будет ухудшаться. Более того, при дальнейшем развитии строительства новых ЖК и расширении городской агломерации данная магистраль не сможет обеспечить эффективное перемещение, поскольку ближайшие населённые пункты, такие как Стрельна и Новоселье, также активно застраиваются.

По таблице 1 рассчитаем и сведём величины транспортной доступности комплекса в таблицу 3 и сделаем соответствующие выводы о доступности комплекса.

Предложенный анализ транспортной доступности позволяет сделать вывод, что общая доступность ЖК является низкой, поскольку у «Солнечного города» было выявлено 8 не соответствующих норме параметров, 2 соответствующих нормативам параметра и 3 параметра, превышающих рассчитанные нормы. Исходя из введённой выше градации транспортного обслуживания, можно сделать вывод, что транспортная доступность комплекса является неудовлетворительной.

Таблица 3 – Расчётные величины транспортной доступности ЖК «Солнечный город»

Не соответствует норме	Соответствует норме	Выше нормы
Время движения на ОТ = 46 мин.	Вероятность прибытия транспортных средств = 97,6%	Интервал движения ОТ = 2 мин.
Индекс транспортной доступности = 1,34		
Расчётная наполняемость салона ОТ выше пассажироместимости (95 чел.) эксплуатируемого троллейбуса на 76 чел.	Обеспеченность транспортной инфраструктурой = 100%	Время работы ОТ на линии в течение дня = 20,45 ч.
Обеспеченность инфраструктуры для маломобильных групп населения = 0%		
Густота сети с учётом количества транспортных средств = 0,02		
Показатель Энгеля - Юдзуру Като = 0,25		Время на подход пассажира к ОП = 2 мин.
Индекс скорости проезда = 0,7		
Индекс энтропии = 0,5		

При высокой частоте движения и продолжительной работе ОТ в исследуемый период времени наблюдаются большие значения пассажиропотоков, связанных с тем, что жители новых районов направляются к ближайшим крупным транспортным узлам. На троллейбусном маршруте №46 «Троллейбусный парк №1 – платформа «Сергиево»» используется подвижной состав с пассажироместимостью 95 чел., согласно расчётным значениям, максимальный пассажиропоток на одном транспортном средстве будет высоким – 171 чел. Кроме того, инфраструктура не оборудована для МГН, поскольку на ОП нет направляющих указателей, звуковых сопровождений информации и др.

Ещё одним методом анализа транспортной доступности ЖК можно отметить изохоры. На примере ЖК «Солнечный город» построим изохору для движения на ОТ в пределах 30 минут, изображённую на рисунке 5.

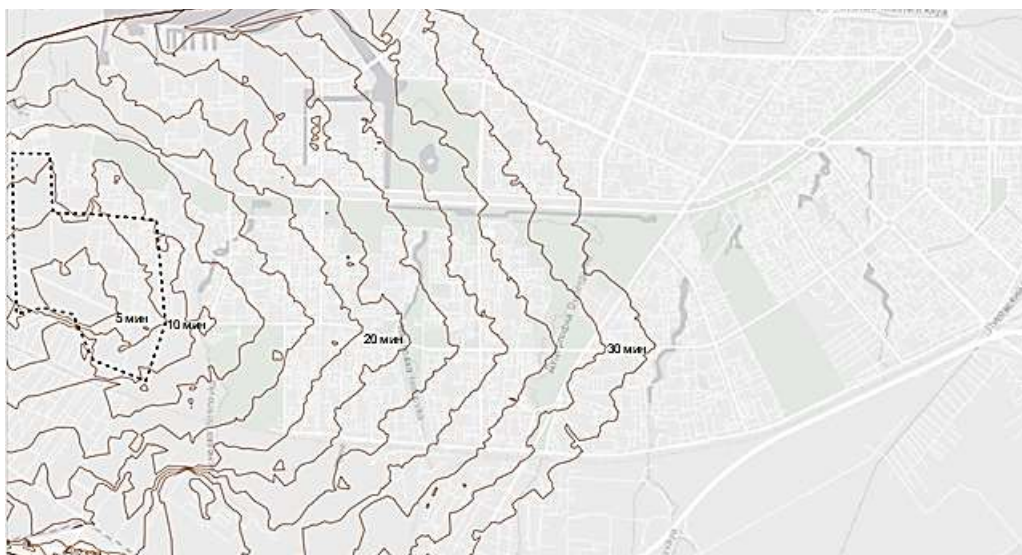


Рисунок 5 – Изохора доступности общественного транспорта ЖК «Солнечный город»

Проанализировав полученную изохору, можно сделать вывод, что в пределах 30 минут на ОТ нельзя доехать до ближайшей станции метро. При расширении строительства Красносельско-Калининской линии метрополитена доступность ЖК до ближайшей станции улучшится.

С целью улучшения транспортной ситуации ЖК «Солнечный город» можно рассмотреть несколько возможных способов: увеличение числа рабочих мест вблизи ЖК, строительство выделенной полосы для ОТ или скоростного трамвая, а также развитие метрополитена с целью уменьшения нагрузки на ст. м. «Проспект Ветеранов».

Для общей оценки транспортной доступности необходимо опираться на рассчитанные показатели и изохроны, оценивающие транспортную доступность в пешей доступности и на ОТ. Требуется комплексный анализ, и если некоторые показатели не соответствуют норме или разница между ними значительна, то транспортная доступность может считаться недо-

влетворительной. В этом случае необходимо скорректировать показатели и привести их в соответствии с требуемыми значениями.

После завершения строительства комплекса следует проводить мониторинг нагрузки на УДС и анализировать ДТП с целью оперативного изменения и улучшения показателей.

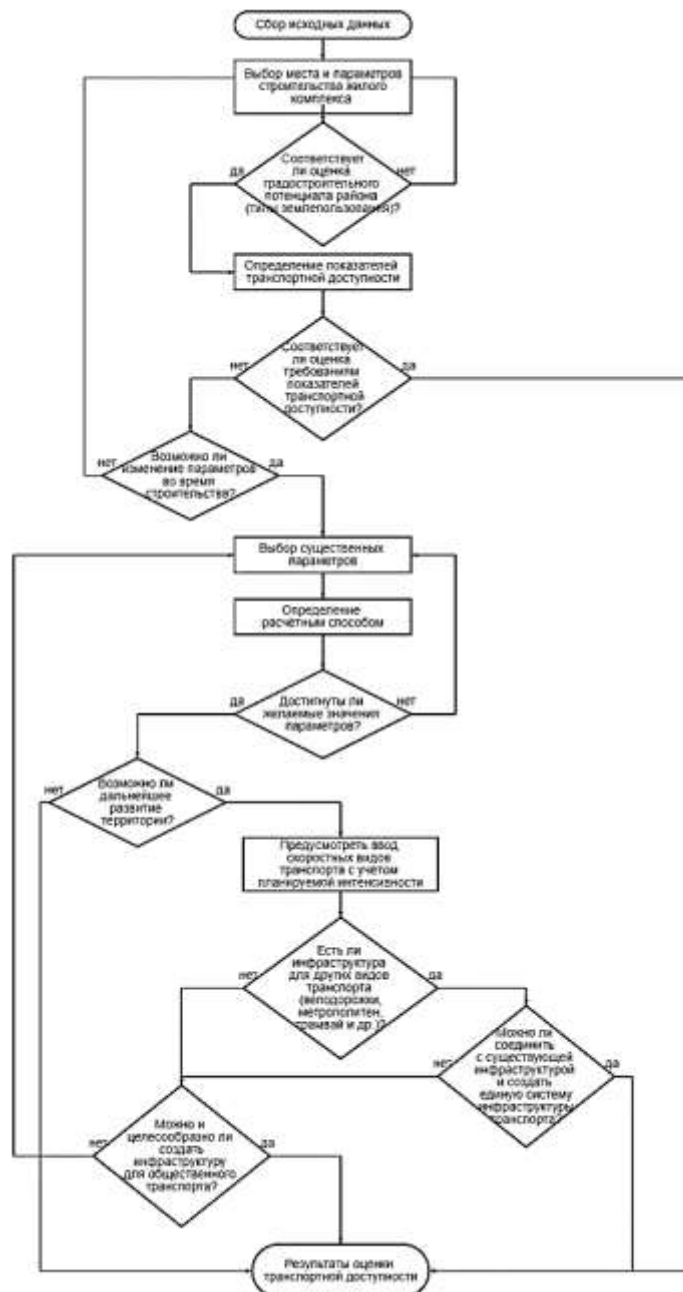


Рисунок 6 – Алгоритм анализа транспортной доступности

Результаты и обсуждение

На основании анализа транспортной доступности на примере ЖК «Солнечный город» был создан алгоритм, изображённый на рисунке 6. Разработанный алгоритм предназначен для определения степени доступности определённой локации с учётом различных видов транспорта. В алгоритме рассмотрено использование метрополитена и других видов транспорта, наличие которых поможет предложить жителям альтернативные виды маршрутов, что позволит жителям районов выбирать наиболее оптимальные варианты перемещений до пунктов назначения.

Выводы

В рамках исследования были выявлены показатели транспортной доступности и ме-

годы его анализа.

Анализ транспортной доступности играет важную роль при учёте строительства нового жилья и расширении агломерации. Для оценки транспортной доступности необходимо учитывать такие факторы, как расстояние до ближайшей инфраструктуры, время в пути, частота движения транспортных средств, пропускная способность транспортной инфраструктуры и др. Анализ транспортной доступности позволяет определить наиболее эффективные способы освоения новых территорий, оценить целесообразность разработки автомобильных дорог и транспортной инфраструктуры, улучшить экономические возможности и повысить доступность ОТ для жителей.

Для вводимого жилья в таких районах необходимо предусмотреть транспортные развязки, близость к крупным магистралям и станциям метрополитена, чтобы избежать нагрузок на УДС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об утверждении Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 года №3363-р. М. Мишустин. 2021. 285 с.
2. Буроменко В.Н. Транспорт в территориальных системах; АН СССР, Дальневосточное отделение, Тихоокеанский ин-т географии. М: Наука, 1987. 110 с.
3. Итоги опроса, проведенного порталом ЕРЗ.РФ по предпочтениям покупателей [Электронный ресурс]. URL: <https://erzrf.ru/news/tsena-i-reputatsiya-zastroyschika-ostayutsya-glavnyimi-faktorami-dlya-pokupateley-pri-vybore-zhilya-v-novostroykakh/>
4. Непростая покупка: как пользователи выбирают квартиру: Исследование компании Яндекс [Электронный ресурс]. URL: <https://yandex.ru/adv/news/neprostaaya-pokupka-kak-polzovateli-vybirayut-kvartiru>.
5. Исследование компании Google: три частые ошибки в коммуникациях застройщика [Электронный ресурс]. URL: <https://erzrf.ru/publikacii/tri-chastykh-oshibki-v-kommunikatsiyakh-zastroyschika?tag=214-ФЗ>.
6. Исследование Mail.ru Group : причины выбора жилья [Электронный ресурс]. URL: <https://vk.com/company/ru/press/releases/10470/>, свободный.
7. Управление Федеральной службы государственной статистики по г. Санкт-Петербургу и Ленинградской области (Петростат) [Электронный ресурс]: официальный сайт. – URL: <https://78.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/14000419.pdf>.
8. M. Stepniaka, J.P. Pritchardb, K. T. Geursc, S. Goliszekd The impact of temporal resolution on public transport accessibility measurement: Review and case study in Poland // Journal of Transport Geography. 2019. №75. P. 8-24.
9. S. Cheng [et al]. Measure dynamic individual spatial-temporal accessibility by public transit: Integrating time-table and passenger departure time // Journal of Transport Geography. 2018. P. 235-247.
10. Саркисова К.И., Белехов А.А. Проблемы транспортной доступности новых жилых комплексов и методы решения. Омск: Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ). 2023. С. 478-483.
11. Жилой фонд в Ленинградской области. Сервис Дом.МинЖКХ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://dom.mingkh.ru/leningradskaya-oblast/>.
12. M.A. Saif, M.M. Zefreh, A. Torok. Public Transport Accessibility: A Literature Review. 2019. №47(1). P. 36-43.
13. Тархов С.А. Транспортная доступность. Общенациональный интерактивный энциклопедический портал «Знания». №4. 2022.
14. Транспортная доступность как индикатор развития региона. Лавриненко П. А. [и др.]. Проблемы прогнозирования. №6. 2019. С. 136-146.
15. Лебедева Н.А. Оценка транспортной обеспеченности северо-западного федерального округа // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент». 2021. №2. С. 47-54.
16. Саркисова К.И., Черных Н.В. Разработка методики оценки эффективности функционирования останочных пунктов наземного городского пассажирского транспорта. Мир транспорта и технологических машин. 2023. № 3-4(82). С. 98-106.
17. Saghapour T., Moridpour S. The role of neighbourhoods accessibility in residential mobility. Cities. 2019. 87. P. 9.

Саркисова Карина Ивановна

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес: 190005, Россия, Санкт-Петербург, 3-я Красноармейская улица, 3/6
Студент
E-mail: karinko-2003@yandex.ru

Белехов Александр Александрович

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес: 190005, Россия, Санкт-Петербург, 3-я Красноармейская улица, 3/6
К.т.н., старший преподаватель кафедры транспортных систем
E-mail: ibddgasu@gmail.com

K.I. SARKISOVA, A.A. BELEKHOV

TRANSPORT ACCESSIBILITY OF PUBLIC TRANSPORT ASSESSING METHOD IN NEW RESIDENTIAL AREAS OF MEGAPOLIS

Abstract. Assessing method for the public transport accessibility in new residential areas of megapolis is presented in the article. The study analyzes parameters such as the distance to the nearest public transport stops, the entropy index, travel time to the city center and other factors affecting the convenience of using public transport by residents of new residential areas. Improved access to public transport contributes to increased mobility in the city, and as a result, the development of new territories and an increase in the number of job opportunities. Effective public transport planning can reduce environmental pollution by route network optimizing and reducing the private cars usage.

Keywords: new development complexes, transport infrastructure, public transit, accessibility, mobility, megapolis, bus stops

BIBLIOGRAPHY

1. Ob utverzhdenii Transportnoy strategii Rossiyskoy Federatsii do 2030 goda s prognozom na period do 2035 goda: Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 27 noyabrya 2021 goda №3363-r. M. Mishustin. 2021. 285 s.
2. Bugromenko V.N. Transport v territorial'nykh sistemakh; AN SSSR, Dal'nevostochnoe otdnie, Tikhookeanskiy in-t geografii. M: Nauka, 1987. 110 s.
3. Itogi oprosa, provedennogo portalom ERZ.RF po predpochteniyam pokupateley [Elektronnyy resurs]. URL: <https://erzrf.ru/news/tsena-i-reputatsiya-zastroyschika-ostayutsya-glavnymi-faktorami-dlya-pokupateley-pri-vybore-zhilya-v-novostroykakh/>
4. Neprostay pokupka: kak pol'zovateli vybirayut kvartiru: Issledovanie kompanii YAndeks [Elektronnyy resurs]. URL: <https://yandex.ru/adv/news/neprostay-pokupka-kak-polzovateli-vybirayut-kvartiru>.
5. Issledovanie kompanii Google: tri chastye oshibki v kommunikatsiyakh zastroyschika [Elektronnyy resurs]. URL: <https://erzrf.ru/publikacii/tri-chastykh-oshibki-v-kommunikatsiyakh-zastroyschika?tag=214-FZ>.
6. Issledovanie Mail.ru Group : prichiny vybora zhil'ya [Elektronnyy resurs]. URL: <https://vk.com/company/ru/press/releases/10470/>, svobodnyy.
7. Upravlenie Federal'noy sluzhby gosudarstvennoy statistiki po g. Sankt-Peterburgu i Leningradskoy oblasti (Petrostat) [Elektronnyy resurs]: ofitsial'nyy sayt. - URL: <https://78.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/14000419.pdf>.
8. M. St'pniaka, J.P. Pritchardb, K. T. Geursc, S. Goliszekd The impact of temporal resolution on public transport accessibility measurement: Review and case study in Poland // Journal of Transport Geography. 2019. №75. P. 8-24.
9. S. Cheng [et all]. Measure dynamic individual spatial-temporal accessibility by public transit: Integrating time-table and passenger departure time // Journal of Transport Geography. 2018. P. 235-247.
10. Sarkisova K.I., Belekho A.A. Problemy transportnoy dostupnosti novykh zhilykh kompleksov i metody resheniya. Omsk: Sibirskiy gosudarstvennyy avtomobil'no-dorozhnyy universitet (SibADI). 2023. S. 478-483.
11. ZHiloy fond v Leningradskoy oblasti. Servis Dom.MinZHKH [Elektronnyy resurs]. Rezhim dostupa: <https://dom.mingkh.ru/leningradskaya-oblast/>.
12. M.A. Saif, M.M. Zefreh, A. Torok. Public Transport Accessibility: A Literature Review. 2019. №47(1). P. 36-43.
13. Tarkhov S.A. Transportnaya dostupnost'. Obshchenatsional'nyy interaktivnyy entsiklopedicheskiy portal «Znaniya». №4. 2022.
14. Transportnaya dostupnost' kak indikator razvitiya regiona. Lavrinenko P. A. [i dr.]. Problemy prognozirovaniya. №6. 2019. S. 136-146.
15. Lebedeva N.A. Otsenka transportnoy obespechennosti severo-zapadnogo federal'nogo okruga // Nauchnyy zhurnal NIU ITMO. Seriya «Ekonomika i ekologicheskii menedzhment». 2021. №2. S. 47-54.
16. Sarkisova K.I., Chernykh N.V. Razrabotka metodiki otsenki effektivnosti funktsionirovaniya ostanovochnykh punktov nazemnogo gorodskogo passazhirskogo transporta. Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2023. № 3-4(82). S. 98-106.
17. Saghapour T., Moridpour S. The role of neighbourhoods accessibility in residential mobility. Cities. 2019. 87. P. 9.

Sarkisova Karina Ivanovna
Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering
Address: 190005, Russia, St. Petersburg
Student
E-mail: karinko-2003@yandex.ru

Belekho Alexander Alexandrovich
Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering
Address: 190005, Russia, St. Petersburg
Candidate of Technical Sciences
E-mail: ibddgasu@gmail.com

Научная статья
УДК 656:339.565
doi:10.33979/2073-7432-2024-4-2(87)-21-29

О.Н. ЛАРИН, Р.Б. ИВУТЬ, П.Д. КАПСКИЙ

ПОДХОДЫ К СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ МЕХАНИЗМА УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЕДИЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ

***Аннотация.** Рассмотрены вопросы цифровизации в области транспортно-экспедиционной деятельности с учетом мировых трендов. Предложен подход к совершенствованию механизма управления транспортно-экспедиционной деятельностью на основе системного анализа различных ИТ-технологий, применяемых в данной сфере. Отдельно рассмотрены вопросы цифровизации с учетом применения специализированных цифровых платформ, индивидуальных программно-аппаратных решений. Даны предложения по классификации применяемых в области транспортно-экспедиционных услуг цифровых технологий, а также выполнена их оценка на эффективность самого процесса и работы предприятия в целом.*

***Ключевые слова:** транспортно-экспедиционная деятельность, механизм управления, система, цифровизация, тренды*

Введение

Цифровизация является импульсом для начала структурных изменений и трансформации процессов в любой, в том числе транспортно-экспедиционной, отрасли экономики, открывая двери к бóльшей прозрачности, гибкости и связности [1]. Как известно, под цифровизацией понимают это использование цифровых технологий для изменения различных бизнес-моделей и предоставления новых возможностей получения дохода и увеличения стоимости. В последнее время наблюдаются изменения в цепочках поставок, резкий рост электронной коммерции и многие другие процессы, характеризующие проникновение ИТ-технологий в сферу транспортно-экспедиционной деятельности. Это вызывает не только ускорение цифровизации в данной сфере услуг, но и возникновению «цифровых экспедиторов» и росту «цифровых» экспедиторских компаний. В связи с этим необходимо провести анализ, направленный на выявление «точек роста» для цифровизации предоставляемых компаниями транспортно-экспедиционных услуг в рамках мировых тенденций.

Материал и методы

В ходе рассматриваемых исследования при подготовке статьи использовались следующие методы: сравнительный, системного анализа и статистический. Исходным материалом для проведения аналитических исследований являлись теоретические и практические разработки в области цифровизации транспортно-экспедиционной деятельности, содержащиеся в открытом доступе на различных информационно-аналитических порталах, в научных трудах отечественных и зарубежных исследователей и практических специалистов в области ИТ-индустрии, цифровизации транспорта, в сфере цифровой трансформации экономики, а также в статистических сборниках данных и иных материалах о цифровизации (информатизации) транспортно-экспедиционной деятельности. Проанализированы существующие передовые мировые тренды развития цифровой трансформации в области транспортно-экспедиционной деятельности, а также формализация и виртуализация транспортно-экспедиционных операций и функций.

Теория

По известной информации, цифровые экспедиторы используют различные передовые ИТ-технологии для организации и координации движения грузов (начиная с приема заказов на экспедирование, оформление документации и сопровождение ее движения, отслеживания поставок по всей цепочке, отслеживание в реальном масштабе времени движения (нахождение) груза, установление тарифов на услугу, оформление счета за предоставленную услугу). По данным Allied Market Research, рынок цифровых экспедиторских услуг, на долю которого приходится около 8% от общего рынка экспедиторских услуг, постоянно демонстрирует устойчивый совокупный годовой темп роста compound annual growth rate (CAGR) на уровне 23,1% [2]. Для сравнения, мировой рынок экспедирования грузов в целом демонстрирует совокупный годовой темп роста (CAGR) в размере 4,3 % [3]. Таким образом улучшаются цепи поставок, которые становятся более устойчивыми. Цифровая экономика – это система экономических отношений, которая ведет к конкурентному преимуществу компаний с высоким уровнем цифровизации [1]. Поэтому цифровизация транспортно-экспедиционных процессов призвана не только обеспечить доступность новых технологий всем участникам, но и коренным образом изменить поведение потребителей данных услуг, а также ликвидировать нехватку высококвалифицированных специалистов в данной отрасли. Это также потребует изменения нормативных правовых актов по защите данных, стоимости услуг и прочим особенностям в данной сфере деятельности при цифровизации.

Исходя из практической стороны работы известно, что координация работы различных поставщиков, выбор перевозчиков и оптимизация маршрутов сложны и за частую не позволяют отслеживать всю цепочку поставки в режиме реального времени. Поэтому для повышения эффективности взаимодействия участников транспортно-экспедиционного процесса для ускорения цифровизации создаются универсальные цифровые платформы экспедитора, такие как Unicargo, Expedito.pro и прочие, которые упрощают этот процесс, используют передовые технологии (в т.ч. искусственный интеллект) в аналитике для маршрутизации и оптимизации сети для революционизирующей взаимодействие между поставщиками, клиентами и службами доставки [1, 2]. Цифровые платформы учитывают такие факторы, как размер груза, пункт отправления и назначения, эффективность перевозчика, подтвержденная опытом работы и качеством ее исполнения, рыночные тарифы и пр. и используют различные инновационные решения для нахождения наиболее эффективных маршрутов [4].

Отдельно следует остановиться на отслеживании в режиме реального времени всей цепочки поставки, что делает еще большей прозрачность цепочки поставок и повышает эффективность [1, 2]. Преимуществом «открытых и прозрачных» услуг является и оперативное реагирование на сбои в процессе доставки грузов, а также повышение безопасности.

Цифровое экспедирование, использующее технологии отслеживания поставок в режиме реального времени, также улучшает планирование и принятие решений, что в совокупности сокращает затраты на перемещение грузов [5]. Shipping and Freight Resource отмечает, что данные подходы в том числе позволяют исключить «затраты, которых можно избежать, такие как простой, задержание и хранение» [6]. Данные статистики свидетельствуют, что 50 % грузоотправителей считают онлайн-доступность критически важной для бизнес-планирования и оценивают в качестве наиболее важных экспедиторские услуги на основе сквозной поддержки прозрачности [7].

Некоторые авторы отмечают, что цифровизация транспортно-экспедиционных услуг влияет на скорость передвижения грузов. Это происходит в том числе и от того, что любые проблемы в цепочке поставок можно заблаговременно выявить и превентивно устранить. Также повышение скорости достигается за счет автоматизации процессов транспортно-экспедиционных многих, что резко снижает количество ошибок и повышает эффективность. Например, по оценкам компании Boston Consulting Group, автоматизация бэк-офиса и операций может снизить затраты до 40% [8]. Также данная компания в своих исследованиях установила, что цифровым экспедиторам легче предлагать больше услуг и охватывать большую

(географический охват) территорию, даже обладая меньшей численностью персонала за счет автоматизации операций бэк-офиса (электронная почта, онлайн отслеживание грузов, е-составление предложений и договоров и пр.) [8]. Цифровизация позволяет экспедиторам эффективно масштабироваться. Также цифровые платформы способствуют глобальному партнерству, упрощая поставки в различные места и обратно. Грузоотправители также получают выгоду от более широкого выбора предоставляемых цифровыми экспедиторами услуг и их расширенных возможностей масштабирования посредством цифровизации.

В свою очередь планирование и своевременное реагирование (предвидение) в режиме реального времени на изменение спроса и предложения, а также на различные сбои в транспортно-экспедиционном процессе (превентивное выявление проблем) за счет цифровизации повышают гибкость и оперативность принимаемых решений и качество обслуживания клиентов [9].

Цифровизация экспедирования грузов способствует формированию устойчивых транспортных систем [30]. Так, по данным Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)), на грузовые перевозки приходится 8% мировых выбросов CO₂, и ожидается, что к 2030 году они станут сектором с самым высоким уровнем выбросов, причем к 2050 году эта цифра удвоится [10]. Цифровизация позволяет принимать наилучшие решения (выбирать подвижной состав, маршрут следования, комбинировать перевозки, снижать расход топлива путем экологического экономного вождения, подбирать альтернативные виды топлива и пр.) и оптимизировать их для более экологически «чистых» операций и повышения устойчивости [11].

Следует отметить, что цифровизация в экспедировании, несмотря на положительные аспекты, еще не так развита. По данным исследования компании Accenture, экспедиторы «овладели искусством делать больше с меньшими затратами» благодаря цифровизации, однако только 69% опрошенных экспедиторов заявили, что данные из их различных систем (управление транспортом, складами, сюрвейерство и страхование, таможенное брокерство) полностью интегрированы, однако многим экспедиторам еще предстоит реализовать весь потенциал возможностей цифровизации (электронного бронирования, онлайн-расценок, автоматического выставления счетов и т.д.). [12]. Главными сдерживающими факторами внедрения цифровизации в экспедирование является большой объем инвестиций в развитие ИТ-технологий, необходимость адаптации бизнес-процессов и транспортно-экспедиционных операций и повышение квалификации экспедиторов [13].

Необходимо отметить, что первым шагом в развитии цифровизации транспортно-экспедиционных услуг стало внедрение системы управления транспортом в реальном времени (TMS - transport management system), позволившей автоматизировать основные операции и получать в оперативном порядке информацию о следовании груза [1]. По некоторым данным, мировой рынок TMS в настоящее время оценивается в 11,7 миллиардов долларов США, и ожидается, что к 2027 году он вырастет до 28 миллиардов долларов США, при этом окупаемость инвестиций в программное обеспечение достигается в течение года, а иногда и за меньший срок [14]. TMS может выполнять широкий спектр функций (бухгалтерский учет, управление офисом и др.), что сокращает количество «ручного» труда, автоматизирует принятие решений, в том числе за счет перехода к системам на основе API (прикладного программного интерфейса) с использованием облачных технологий, обеспечивающих обмен данными и информацией между участниками транспортно-экспедиционного процесса [15]. По данным компании Ti Insights, в 2022 году через платформы цифровых экспедиторов прошло 47,7 % объема товаров, ожидается, что к 2027 году этот показатель увеличится до более чем 60 %, поскольку качество и количество цифровых экспедиторов и предоставляемых ими услуг растут, и применяемыми ими информационные технологии значительно развиваются [16]. Грани между цифровыми и традиционными экспедиторами стираются постепенно, поскольку это сулит использование продвинутой аналитики, робототехники и цифровых интерфейсов в сочетании со все более автоматизированными и интегрированными внутренними операциями (с учетом развитий технологий дополненной и смешанной реаль-

ностей) [17]. Поэтому отдельно следует упомянуть о безопасности, целостности и защите информации от киберпреступлений (мошенничества), ведь детали транзакций, персональные данные клиентов требуют надежной защиты данных (защиты от фишинга и пр.), даже с учетом хранения в цифровом облаке, что исключает несанкционированный доступ и перехват данных. В связи с этим цифровые экспедиторы для обеспечения безопасности аутентификации в облачных серверах используют криптографические механизмы. По прогнозам специалистов, к 2030 году доля облачных сервисов на рынке цифровых экспедиторов грузов значительно превысит долю традиционных «on-premise» решений (рис. 1) [18].

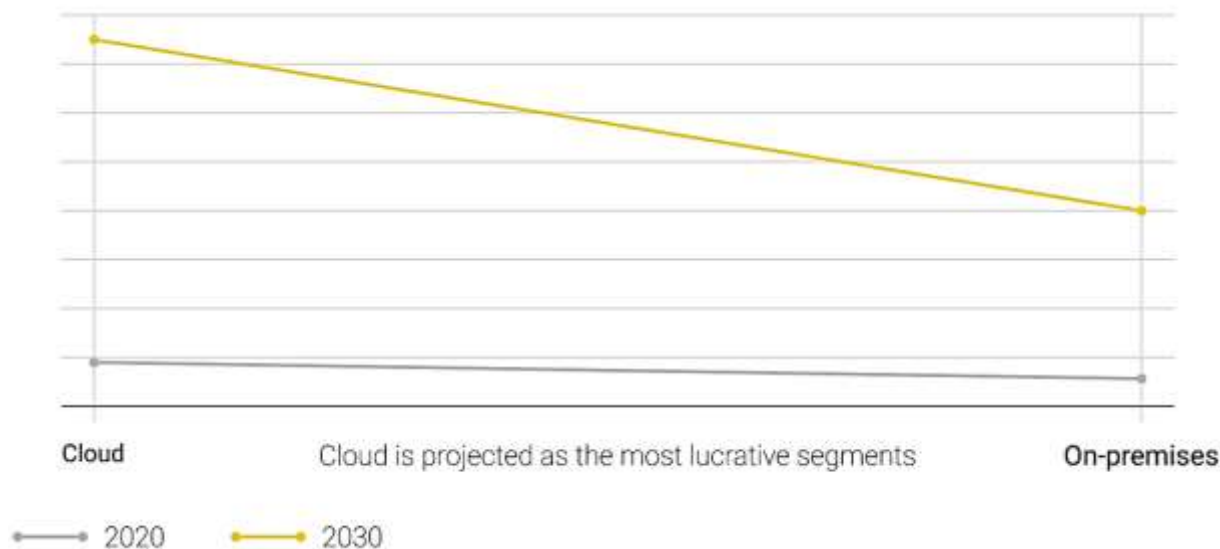


Рисунок 1 – Технологии цифровизации ТЭД по вариантам развертывания [39]

В 2023 году рынок цифровых грузоперевозок оценивается в около \$28,47 млрд, по прогнозам, он достигнет примерно к 2028 году и будет иметь устойчивый рост - темп 21,77% в течение этого пятилетнего прогнозируемого периода [19] (рис. 2).

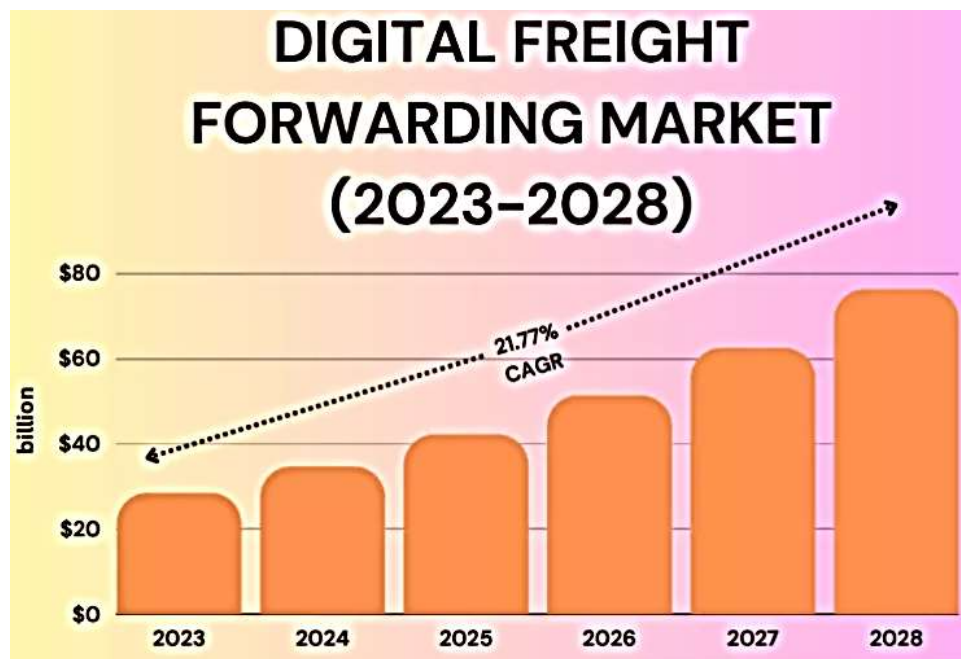


Рисунок 2 – Цифровизация экспедиционного рынка [44]

Этот рост показывает, насколько цифровые транспортно-экспедиторские услуги становятся все более важными в современном экономическом аспекте. С развитием электрон-

ной коммерции растет спрос на эффективные цифровые экспедиционные решения. Статистика свидетельствует, что глобальная электронная коммерция вырастет на 9,4 % к 2024 году, а общий объем продаж достигнет 5,7 миллиардов долларов к 2026 году [20]. Следует отметить, что значительную роль в развитии цифровизации транспортно-экспедиционной деятельности играет применение технологий машинного обучения, поскольку они помогают обрабатывать огромные массивы данных, прогнозировать возможные варианты развития ситуации и принимать оптимальные решения, как для экспедиторов, так и для транспортников и клиентов. Так, в 2022 году мировой рынок машинного обучения достиг 38,11 миллиарда долларов, к 2032 году прогнозный показатель составляет 771,38 миллиарда долларов (ежегодные темпы роста в 35,09 % с 2023 по 2032 год) [21] (рис. 3).

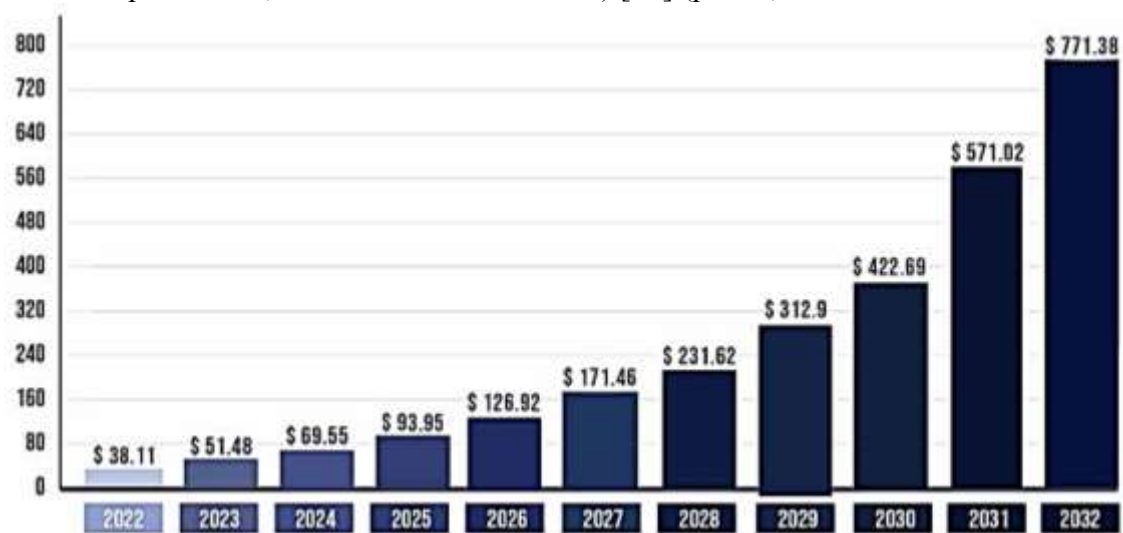


Рисунок 3 - Тенденции изменения рынка машинного обучения ИИ [48]

Результаты и обсуждение

На основании проведенного анализа в таблице 1 представлены преимущества информатизации экспедирования и транспортировки грузов в зависимости от объекта цифровизации.

Цифровые транспортно-экспедиционные услуги будут продолжать расти и становиться массовыми благодаря бурному развитию электронной коммерции, с учетом возможных венчурных инвестиций сделает применение различных цифровых решений более возможным. В течение последних лет цифровизация транспортно-экспедиционной деятельности является одной из наиболее динамично развивающихся сфер обслуживания, и в настоящее время появилось множество цифровых экспедиторов, которые предоставляют комплексные услуги. Следует отметить, что такие услуги называют еще 3PL-логистика (Third Party Logistics, англ. «логистика третьей стороны») и они подразумевают предоставление комплекса услуг, в который входит организация и управление транспортировкой грузов, их маркировка и упаковывание, складирование и учет складских запасов, в том числе и при временном хранении, оформление товарно-транспортной и таможенной документации; упаковывание; погрузка/разгрузка; доставка товара в пункт назначения. Обширная цифровая трансформация обеспечивает отслеживание в реальном времени, бесшовная системная интеграция обеспечивает сквозную прозрачность, повышая уровень обслуживания клиентов и уверенность в транспортно-экспедиционном обслуживании, гарантируя клиенту безопасность за счет применения технологий блокчейна, упрощение внутренних процессов с более широким применением цифровых решений; увеличение выручки за счет расширенного взаимодействия с клиентами по цифровым каналам; расширение возможностей для онлайн-маркетинга; снижение бизнес-рисков за счет прозрачности онлайн-платежей; снижение стоимости обслуживания клиентов, повышение удовлетворенности клиентов посредством предоставления новых инновационных услуг. Таким образом, цифровые решения – это стратегические инвестиции в транспортно-экспедиционную деятельность, способствующие созданию новых источников дохода путем

внедрения передовых бизнес-моделей, принципиально новых типов операций, маркетинговых, виртуальных услуг и пр. [25].

Таблица 1 – Преимущества цифровизации транспортно-экспедиционных услуг

Объект «цифровизации»	Краткое описание преимущества / опции	Показатель	
		частный	совокупный
Коммуникация и обслуживание клиентов	информационные транспортно-экспедиционные платформы - Digital Freight Matching (Logistlab, Unicargo, Expedito.pro, freight tiger и др.) с постоянно обновляемыми данными (об отправке груза, его движении и пр., оплате фрахта и т.д.) осуществляют взаимодействие в режиме реального времени («бесшовная интеграция») (электронное отслеживание с использованием блокчейна, Интернета вещей и т.д.) с помощью омниканальных коммуникаций, основанных на Web-, mobile-, API – ERP2ERP-технологиях; посредством цифровых приложений общение с водителем происходит «постоянно»; автоматические уведомления и обновления в режиме реального времени, в том числе и о возникновении рискованных обстоятельств, сопровождении водителя при таможенном оформлении и пр. (биометрия, цифровой роуминг, единые цифровые платежные инструменты и т.п.) [40]	Повышение видимости, безопасности и удовлетворенности (клиентов)	Повышение эффективности работы (клиента, перевозчика и экспедитора и пр.) и снижение затрат
Отслеживание грузов	с помощью GPS-технологии отслеживание грузов в режиме реального времени (трекинг, специализированное программное обеспечение для управления передвижением грузов, технологии видеотелематики и т.д.), а также планирование точного времени доставки (прибытия груза) и организация доставки «до дверей» с учетом оптимальной «последней мили» [49]		
Ценовые предложения и счета	прозрачное ценовое предложение по разбивке цен для различных вариантов транспортировки, сравнения тарифов, ускорение оплаты, формирование электронных счетов-фактур (биллинг) и пр., автоматическое выставление счетов онлайн и т.д., в том числе с учетом компьютерного зрения [46]		
Документация	цифровое оформление документов (сканирование маркировки и их автоматическая загрузка, а также подтверждение доставки и пр.; электронный паспорт товара/груза и т.п.), ведение онлайн электронного документооборота; оперативный доступ к любому документу, в том числе и электронное страхование грузов; «моментальное» подтверждение доставки (proof of delivery - POD) с помощью приложения водителя отправителя для iOS или Android; простота обработки документов, оформление смарт-контрактов [41]	Повышение надежности, точности, экологичности	
Подвижной и технологический состав	Использование автономных (беспилотных), а также электрических или работающих на экологичных современных видов топлива транспортных средств способствует устойчивому развитию и сокращает вредное воздействие на окружающую среду (в т.ч. за счет оптимизации маршрута, подбора рационального типа транспортного средства) (SARTRE, Platooning и пр.), а также автоматизации работы технологических (роботизированных [42]) тележек комплектования грузов (Open Shuttle, Pick by light и пр.) на автоматизированных полностью складах [43]		
Анализ данных и прогнозирование	с помощью технологий BIG-данных, собираемыми и накапливаемыми при осуществлении транспортно-экспедиционной деятельности, производится автоматический более точный прогноз, а также планирования грузоперевозки (формирование «сборных», консолидированных грузов (Pick to light), разработка оптимальных маршрутов и пр.), анализ рыночных тенденций, составление цифровых моделей и управление складскими запасами и многое другое для оптимизации бизнес-процессов, в том числе с использованием искусственного интеллекта		

Выводы

В результате исследований установлено, что цифровые транспортно-экспедиторские решения существенно оптимизируют логистические цепочки поставок, повышают эффективность служб доставки, сокращают затраты на логистику, оптимизируют маршруты доставки, повышают качество транспортного обслуживания, а также обеспечивают эффективное использование транспортной и иной инфраструктуры. Причем цифровая трансформация подразумевает использование прогнозной аналитике на основе технологий Big Data, что способствует решению проблем еще до их возникновения, а также обеспечивает максимальную безопасность данных и прозрачность транспортно-экспедиционного процесса. Следует отметить, что будущее глобальной экономики – цифровое, и эта неизбежность дает новые вызовы в части кибербезопасности и защиты данных в области транспортно-экспедиционной деятельности. Развитие Интернета и мобильных технологий позволило экспедиторам работать, по сути, круглосуточно и без выходных без необходимости в физической инфраструктуре, что дало новый толчок бизнесу по выходу на новые рынки и клиентов (не зависимо от разницы в часовых поясах). Так и цифровые экспедиторы, идя в ногу с передовыми технологиями, предлагают своим клиентам наилучший безопасный сервис и качественные услуги, обеспечивая конкурентоспособность и устойчивое развитие национальной экономики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Королева А. Трансформация белорусской транспортно-логистической системы в контексте глобальных трендов в развитии современной транспортной логистики // German International Journal of Modern Science. 2023. №58. С. 18-22.
2. Digital Freight Forwarding Market Size, Share, Competitive Landscape and Trend Analysis Report by Mode of Transport, Function, Vertical and Deployment Mode: Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2021-2030.
3. Freight Forwarding Global Market Report 2024 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/freight-forwarding-global-market-report#:~:text=The%20glob>.
4. The Power of Digital Freight Forwarding [Электронный ресурс]. URL: <https://www.unicargo.com/digital-freight-forwarding/>
5. Altman S., Bastian P. DHL Global connectedness index 2020, 2021 [Электронный ресурс]. DHL. URL: <https://www.logistics.dhl/global-en/home/insights-and-innovation/thought-leadership/case-studies/global-connectednes>.
6. The ROI of integrating visibility into your door to door supply chain [Электронный ресурс]. URL: <https://www.shippingandfreightresource.com/the-roi-of-integrating-visibility-into-your-door-to-door-supply-chain/>.
7. The magic of analysing customers experience in freight forwarding [Электронный ресурс]. URL: [INDUS-TRYhttps://www.newage-global.com/blog/the-magic-of-analysing-customers-experience-in-freight-forwarding](https://www.newage-global.com/blog/the-magic-of-analysing-customers-experience-in-freight-forwarding).
8. The Digital Imperative in Freight Forwarding [Электронный ресурс]. URL: <https://www.bcg.com/publications/2018/digital-imperative-freight-forwarding>.
9. Why the transportation and logistics industry should work on enhanced customer service [Электронный ресурс]. URL: <https://www.thecooperativelogisticsnetwork.com/blog/2021/10/28/why-the-transportation-and-logistics-industry-should-work-on-enhanced-customer-service/>.
10. Special report: Global Warming of 1.5 °C [Электронный ресурс]. URL: [Электронный ресурс]. <https://www.ipcc.ch/report/sr15/mitigation-pathways-compatible-with-1-5c-in-the-context-of-sustainable-4-developm>.
11. Sustainability insights [Электронный ресурс]. URL: <https://www.maersk.com/insights/sustainability>.
12. Freight and Logistics Finding the right path to digital transformation [Электронный ресурс]. URL: <https://www.accenture.com/content/dam/accenture/final/a-com-migration/r3-3/pdf/pdf-179/accenture-freight-and-logistics.pdf>.
13. Why automation technology is failing your freight forwarding operators [Электронный ресурс]. URL: <https://theloadstar.com/why-automation-technology-is-failing-your-freight-forwarding-operators/>.
14. Annual Warehouse and Distribution Center Automation Survey: More automation, please [Электронный ресурс]. URL: [.https://www.mmh.com/article/annual_warehouse_and_distribution_center_automation_survey_more_a](https://www.mmh.com/article/annual_warehouse_and_distribution_center_automation_survey_more_a).
15. Supply Chain: Looking Toward Disruption to Calm the Chaos [Электронный ресурс]. URL: <https://www.globaltrademag.com/supply-chain-looking-toward-disruption-to-calm-the-chaos/>.
16. Logistics execs see a 2023 Recession as ‘Likely’ or ‘Certain’ [Электронный ресурс]. URL: https://www.ti-insight.com/briefs/logistics-execs-see-a-2023-recession-as-likely-or-certain/?utm_m.
17. Обзор рынка транспортно-логистических услуг Республики Беларусь // BIK Ratings. 2020. 41 с.

18. Digital Freight Forwarding Market Statistics 2030 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.alliedmarketresearch.com/digital-freight-forwarding-market-A11518#:~:text=The%20global%20digi>.
19. Digital Freight Forwarder Market Size & Share Analysis - Growth Trends & Forecasts (2024 - 2029) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/digital-freight-forwarding-market>.
20. Ecommerce growth worldwide will pick up before tapering off [Электронный ресурс]. URL: <https://www.emarketer.com/content/ecommerce-growth-worldwide-will-pick-up-before-tapering-off>.
21. Machine Learning Market [Электронный ресурс]. URL: <https://www.precedenceresearch.com/machine-learning-market>.
22. AI-driven computer vision has become an industry-shaping technology, finds latest DHL's Trend Report [Электронный ресурс]. URL: <https://group.dhl.com/en/media-relations/press-releases/2023/dhl-trend-report-ai-driven-computer-vision.html>.
23. Top Logistics Technologies & Trends 2023 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gofreight.com/blog/industry-insights/top-logistics-technologies-trends-2023.html>.
24. North American companies notch another record year for robot orders [Электронный ресурс]. URL: <https://www.reuters.com/technology/north-american-companies-notch-another-record-year-robot-orders-2023-02-10/>.
25. How digital freight forwarding opens doors to global trade [Электронный ресурс]. URL: https://dfreight.org/blog/digital-freight-forwarding-and-global-trade/#What_is_Digital_Freight_Forwarding.

Ларин Олег Николаевич

Российский университет транспорта

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

Д.т.н., профессор, профессор кафедры «Цифровые технологии управления транспортными процессами»

E-mail: larin_on@mail.ru

Ивуть Роман Болеславович

Белорусский национальный технический университет

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

Д.э.н., профессор, зав.кафедрой «Экономика и логистика»

E-mail: eut_atf@bntu.by

Капский Павел Денисович

Белорусский национальный технический университет

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

Аспирант

E-mail: pavelkap2001@gmail.com

O.N. LARIN, R.B. IVUT, P.D. KAPSKI

APPROACHES TO IMPROVING THE MANAGEMENT MECHANISM OF TRANSPORT AND FORWARDING ACTIVITIES IN THE CONDITIONS OF DIGITIZATION

Abstract. *The issues of digitalization in the field of transport and forwarding activities are considered, taking into account global trends. An approach to improving the mechanism for managing transport and forwarding activities is proposed based on a system analysis of various IT technologies used in this area. Issues of digitalization are separately considered, taking into account the use of specialized digital platforms and individual software and hardware solutions. Proposals are given for the classification of digital technologies used in the field of transport and forwarding services, and they are also assessed for the effectiveness of the process itself and the operation of the enterprise as a whole.*

Keywords: *transport and forwarding activities, control mechanism, system, digitalization, trends*

BIBLIOGRAPHY

1. Koroleva A. Transformatsiya belorusskoy transportno-logisticheskoy sistemy v kontekste global`nykh trendov v razvitiy sovremennoy transportnoy logistiki // German International Journal of Modern Science. 2023. №58. S. 18-22.

2. Digital Freight Forwarding Market Size, Share, Competitive Landscape and Trend Analysis Report by Mode of Transport, Function, Vertical and Deployment Mode: Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2021-2030.
3. Freight Forwarding Global Market Report 2024 [Elektronnyy resurs]. URL: <https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/freight-forwarding-global-market-report#:~:text=The%20glob>.
4. The Power of Digital Freight Forwarding [Elektronnyy resurs]. URL: <https://www.unicargo.com/digital-freight-forwarding/>
5. Altman S., Bastian P. DHL Global connectedness index 2020, 2021 [Elektronnyy resurs]. DHL. URL: <https://www.logistics.dhl/global-en/home/insights-and-innovation/thought-leadership/case-studies/global-connectednes>.
6. The ROI of integrating visibility into your door to door supply chain [Elektronnyy resurs]. URL: <https://www.shippingandfreightresource.com/the-roi-of-integrating-visibility-into-your-door-to-door-supply-chain/>.
7. The magic of analysing customers experience in freight forwarding [Elektronnyy resurs]. URL: [INDUS-TRYhttps://www.newage-global.com/blog/the-magic-of-analysing-customers-experience-in-freight-forwarding](https://www.newage-global.com/blog/the-magic-of-analysing-customers-experience-in-freight-forwarding).
8. The Digital Imperative in Freight Forwarding [Elektronnyy resurs]. URL: <https://www.bcg.com/publications/2018/digital-imperative-freight-forwarding>.
9. Why the transportation and logistics industry should work on enhanced customer service [Elektronnyy resurs]. URL: <https://www.thecooperativelogisticsnetwork.com/blog/2021/10/28/why-the-transportation-and-logistics-industry-should-work-on-enhanced-customer-service/>.
10. Special report: Global Warming of 1.5 °C [Elektronnyy resurs]. URL: [\[Elektronnyy resurs\]. https://www.ipcc.ch/report/sr15/mitigation-pathways-compatible-with-1-5c-in-the-context-of-sustainable-4-developm](https://www.ipcc.ch/report/sr15/mitigation-pathways-compatible-with-1-5c-in-the-context-of-sustainable-4-developm).
11. Sustainability insights [Elektronnyy resurs]. URL: <https://www.maersk.com/insights/sustainability>.
12. Freight and Logistics Finding the right path to digital transformation [Elektronnyy resurs]. URL: <https://www.accenture.com/content/dam/accenture/final/a-com-migration/r3-3/pdf/pdf-179/accenture-freight-and-logistics.pdf>.
13. Why automation technology is failing your freight forwarding operators [Elektronnyy resurs]. URL: <https://theloadstar.com/why-automation-technology-is-failing-your-freight-forwarding-operators/>.
14. Annual Warehouse and Distribution Center Automation Survey: More automation, please [Elektronnyy resurs]. URL: [.https://www.mmh.com/article/annual_warehouse_and_distribution_center_automation_survey_more_a](https://www.mmh.com/article/annual_warehouse_and_distribution_center_automation_survey_more_a).
15. Supply Chain: Looking Toward Disruption to Calm the Chaos [Elektronnyy resurs]. URL: <https://www.globaltrademag.com/supply-chain-looking-toward-disruption-to-calm-the-chaos/>.
16. Logistics execs see a 2023 Recession as 'Likely' or 'Certain' [Elektronnyy resurs]. URL: https://www.ti-insight.com/briefs/logistics-execs-see-a-2023-recession-as-likely-or-certain/?utm_m.
17. Obzor rynka transportno-logisticheskikh uslug Respubliki Belarus` // BIK Ratings. 2020. 41 s.
18. Digital Freight Forwarding Market Statistics 2030 [Elektronnyy resurs]. URL: <https://www.alliedmarketresearch.com/digital-freight-forwarding-market-A11518#:~:text=The%20global%20digi>.
19. Digital Freight Forwarder Market Size & Share Analysis - Growth Trends & Forecasts (2024 - 2029) [Elektronnyy resurs]. URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/digital-freight-forwarding-market>.
20. Ecommerce growth worldwide will pick up before tapering off [Elektronnyy resurs]. URL: <https://www.emarketer.com/content/ecommerce-growth-worldwide-will-pick-up-before-tapering-off>.
21. Machine Learning Market [Elektronnyy resurs]. URL: <https://www.precedenceresearch.com/machine-learning-market>.
22. AI-driven computer vision has become an industry-shaping technology, finds latest DHL's Trend Report [Elektronnyy resurs]. URL: <https://group.dhl.com/en/media-relations/press-releases/2023/dhl-trend-report-ai-driven-computer-vision.html>.
23. Top Logistics Technologies & Trends 2023 [Elektronnyy resurs]. URL: <https://www.gofreight.com/blog/industry-insights/top-logistics-technologies-trends-2023.html>.
24. North American companies notch another record year for robot orders [Elektronnyy resurs]. URL: <https://www.reuters.com/technology/north-american-companies-notch-another-record-year-robot-orders-2023-02-10/>.
25. How digital freight forwarding opens doors to global trade [Elektronnyy resurs]. URL: https://dfreight.org/blog/digital-freight-forwarding-and-global-trade/#What_is_Digital_Freight_Forwarding.

Larin Oleg Nikolaevich

Russian University of Transport
Address: 127994, Russia, Moscow, st. Obraztsova, 9
Doctor of Technical Sciences
E-mail: larin_on@mail.ru

Kapski Pavel Denisovich

Belarusian National Technical University
Address: 220013, Belarus, Minsk, Nezavisimosti Ave., 65
Postgraduate student
E-mail: pavelkap2001@gmail.com

Ivut Roman Boleslavovich

Belarusian National Technical University
Address: 220013, Belarus, Minsk, Nezavisimosti Ave., 65
Doctor of Economic Sciences
E-mail: eut_atf@bntu.by

Научная статья

УДК 351.81

doi:10.33979/2073-7432-2024-4-2(87)-30-35

А.В. ЛИТВИНОВ, П.Г. АНДРЕЕВ

ПРАВОВЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ ПРЕВЫШЕНИЯ ДОПУСТИМОЙ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Аннотация. Представленная статья посвящена актуальной проблеме борьбы с правонарушителями, допускающими превышение установленной законодателем скорости передвижения транспортных средств. Поднимается вопрос о правоприменительных особенностях в данной области. Проведенный патентный поиск и научно-публикационный поиск позволил выделить наиболее проблемные аспекты реализации мероприятий по фиксации правонарушений водителями, нарушающих установленный скоростной режим, а также проблемы правового характера, связанные с привлечением к административной ответственности за подобное противоправное деяние. Предлагается расширение возможностей средств фотовидеофиксации в части повышения их точности работы, качества идентификации транспортного средства и водителя, а также ряд организационных мероприятий, направленных на профилактику подобных нарушений.

Ключевые слова: административное правонарушение, ответственность, эксплуатация транспортного средства, превышение скорости движения

Введение

Такие факторы, как управление транспортным средством в состоянии алкогольного или наркотического опьянения, движение с непристегнутыми ремнями безопасности, использование транспортного средства с техническими неисправностями стоят на одном уровне по опасности возникновения дорожно-транспортных происшествий с возможностью превышения скорости движения. Большинство водителей оправдываются, полагая, что находятся «на одной волне» движения транспортных средств, но не учитывают, что скорость движения автомобиля несет за собой огромное количество побочных явлений. Высокая скорость не позволяет водителям своевременно реагировать на изменение дорожной обстановки и безопасно маневрировать; превышение даже на несколько км/ч значительно увеличивает тормозной путь транспорта и может иметь необратимые последствия для всех участников дорожного движения.

Материал и методы

Обратившись к статистике аварийности на дорогах Российской Федерации несложно прийти к выводу, что нарушение скоростного режима является причиной каждого пятого дорожно-транспортного происшествия (далее – ДТП), на долю которого приходится около 30% погибших и 20 % раненых. Невыполнение требований водителями транспортных средств по выбору скорости движения, которая бы соответствовала конкретным условиям движения, а также превышение установленной скорости движения, ежегодно способствуют возникновению нескольких тысяч и десятков тысяч погибших и раненых [7].

При этом нельзя сказать, что только лишь превышением установленной скорости движения на участке проезжей части, предписанной соответствующими дорожными знаками, дорожной разметкой и установленными положениями Правил дорожного движения (далее – Правила) [21], способствуют возникновению аварийных ситуаций, что в конечном итоге может способствовать возникновению дорожно-транспортного происшествия, но и неправильный выбор скорости движения. Говоря о неправильном выборе скорости движения, не превышающей значению установленной на данном участке Правилами, речь идет о несоответствии ее допустимым значениям для данных конкретно сложившихся условий [19].

Теория

Выбирая ту или иную скорость движения автомобиля, водитель должен объективно относиться к факторам внешней среды, что, к сожалению, происходит далеко не всегда. Здесь большое влияние оказывают современные технические составляющие транспортных средств, которые как бы побуждают приобрести привычку быстрой езды, а также ряд психоло-

гических особенной личности водителей (хвастовство, способ разгрузки и пр.) [18].

Опасность быстрой езды подтверждается количеством зарегистрированных дорожно-транспортных происшествий. Даже незначительная неисправность или отказ одной из деталей автомобиля на высокой скорости может привести к фатальным последствиям, в то время как для автомобиля, управляющего транспортным средством с допустимой скоростью, такие последствия могут не наступить. Кроме того, превышение допустимой скорости движения снижает время реакции водителя для совершения безопасного маневра. В таких ситуациях для оценки действий водителя устанавливается наличие или отсутствие причинно-следственной связи между превышением им установленного скоростного режима и фактом ДТП.

Принимая во внимание то, что движение со скоростью, значительно превышающей установленную скорость движения, существенно снижает прогнозируемость движения такого транспортного средства для всех участников дорожного движения. А учитывая влияние метеорологических условий, шансов для пешеходов и водителей транспортных средств становиться все меньше, для того чтобы понять по какой траектории движения и с какой скоростью в дальнейшем проследует автомобиль нарушителя.

Так, стоит отметить, что Правила не содержат конкретную регламентацию действий водителей транспортных средств при изменениях условий передвижения, связанных с внешними факторами, что является определенным пробелом в законодательстве и требует своего решения [8]. Соответственно, необходимо четко определить случаи, когда водитель транспортного средства обязан снизить скорость, даже если она не ограничена установленными знаками.

В.И. Майоров и В.В. Денисенко высказали мнение, что «установление допустимой скорости в зависимости не только от назначения, но и от уровня безопасности дороги, является перспективным направлением совершенствования организации и безопасности дорожного движения, а повышение скорости движения возможно на дорогах, оборудованных разделителями встречных потоков, с отсутствием пересечений и пешеходных переходов» [4]. При этом считаем, что справедливо и обратное – большое количество пешеходных переходов, отсутствие разделительных барьеров, недостаточное освещение требуют снижения скорости движения транспортных средств для обеспечения безопасности [20].

Кроме того, законодатель определил, что при превышении скорости движения от 20 до 40 км/ч применяется административное законодательство в виде штрафа размером 500 рублей [1], а в соответствии с ч. 1.3 ст. 32.2 КоАП РФ он может быть оплачен в половинном размере – 250 рублей. В данном случае нельзя не согласиться с мнением С.Н. Антонова, который говорил о том, что «уровень штрафных санкций за превышение установленной скорости на 20 км/ч (с учетом среднемесячных заработных плат) в Российской Федерации в 6,4 раза ниже, чем в странах Евросоюза, и данное обстоятельство является основной причиной низкого уровня общей и частной превенции при применении мер административного принуждения к нарушителям скоростного режима» [2].

Так, например, в Копенгагене минимальный штраф за превышение скорости – 9,5 тыс. рублей, а при превышении на 20 и более км/ч - 28,5 тысячи. Превысить безнаказанно можно максимум на 3 км/ч. Похожая система в Стокгольме. Например, если при превышении на 16-20 км/ч, что в России не практикуется, сумма штрафа составит 20,6 тыс. рублей [5].

Законодательными органами власти принято решение с 1 сентября 2024 года установить понятие «средняя скорость движения», при нарушении которой к водителям транспортных средств будут применяться санкционные меры административного наказания. Так, Правила дорожного движения будут включать такое определение средней скорости, как «отношение длины участка дороги с установленным ограничением скорости движения транспортных средств ко времени, затраченному транспортным средством на преодоление данного участка», а наказание в виде штрафа будет таким же, как наказания за нарушение скоростного режима в конкретной точке. На 500 рублей будут наказывать за превышение на 20-40 км/ч, на 1000-1500 рублей - за 40-60 км/ч и так далее [6].

Такие изменения вызвали определенные дискуссии в органах Министерства внутренних дел. Официальный представитель МВД России Ирина Волк в коротком видеообращении в личных соцсетях пояснила, что на сегодняшний день министерство категорически против привлечения к ответственности водителей на основании фиксации средней скорости,

т.к. нигде не прописано, на каком участке дороги можно контролировать среднюю скорость, а на каком нет, а «сам проект кажется очень сырым».

Действительно, с этим сложно не согласиться, что понятия «средней скорости движения» на сегодняшний день нет, Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях не содержит понятия средней скорости движения, подобное превышение установленного запрета на движение так же не может быть зафиксировано непосредственно инспектором, осуществляющим надзор за дорожным движением, а применяемые средства фиксации, работающие в автоматическом режиме по мнению научного сообщества не всегда отвечают установленным требованиям по достижению необходимой точности определения скорости проезда. Все перечисленные сложности, связанные с введением ответственности за подобный запрет на движение в условиях наиболее аварийно-опасных участков улично-дорожной сети способствуют возникновению множества дискуссий в решении данного вопроса.

Результаты и обсуждение

Проведенный патентный поиск показал, что техническая сторона вопроса, связанная с фиксацией нарушений средней скорости движения по большому счету связана с повышением точности ее определения. Нельзя не отметить тот факт, что точность вычислений средней скорости движения, определяется не только количеством и качеством применяемых средств фиксации времени проезда, государственных регистрационных знаков и создании качественного фотоизображения автомобиля и водителя, управляющего транспортным средством, но и местонахождением применяемых составных элементов комплекса автоматической фотовидеофиксации. Технические решения, позволяющие решить, описанные выше проблемы, имеются и процесс их совершенствования не стоит на месте. Так, например, описанные Бурлуцким А.С., Ильиной Ю.В. «Способ и система определения средней скорости транспортного средства» наглядно демонстрирует возможности комплекса, направленные на совершенствование точности определения превышения установленной средней скорости движения на контролируемом участке [22]. Проблема идентификации транспортного средства и водителя, управляющего им, также имеет решение путем применения RFID-считывателей, способных обеспечить радиочастотный метод распознавания и передачи данных на сервер об автомобиле нарушителя [23]. Решение вопроса определения траектории движения, включающей возможное выполнение стоянки или остановки транспортного средства, а также изменения направления движения, в результате которых может быть не зафиксировано фактическое нарушение средней скорости движения, либо ошибочно установлено, теоретически может быть решено техническими устройствами, позволяющими выполнить компьютерный анализ полученных видеозаписей с целью построения фактических траекторий движений транспортных средств [24].

Еще одно важное изменение для водителей, которое лоббирует Минтранс, касается штрафов за превышение скорости в плохую погоду. В проекте постановления, регулирующем работу и установку камер, появился новый пункт, обязывающий водителей соблюдать скоростной режим, указанный на «динамическом информационном табло» и «знаках переменной информации». Речь идет о светящихся дорожных знаках на магистралях, которые меняют скоростной режим в зависимости от погодных условий, хотя реально разрешенная скорость на участке может быть выше [10].

Положительным опытом повышения безопасности дорожного движения с целью выявления лиц, превышающих скорость движения, стало распространенное применение автоматических средств фото и видео фиксаций дорожной обстановки [9]. Такие технические приспособления действуют в Российской Федерации с 2008 года после внесения соответствующих изменений в КоАП РФ и успешно справляются с поставленными задачами.

Основная функция приборов фото и видео фиксации – предупреждение совершения административного правонарушения и побуждение водителей транспортных средств соблюдать установленные рамки скоростного движения [12]. Соответственно выбор места размещения таких приборов должен стоять первостепенной задачей местных органов власти перед установкой, должны быть рассмотрены статистические данные, выявлены наиболее аварийно-опасные участки дорог. Только в этом случае будет достигаться наиболее высокий эффект от их использования [16].

В данном случае представляется возможным согласиться с мнением А.Ю. Корчагина и Т.А. Моховой, которые указывали, что «для того, чтобы система была образовательной и способствовала повышению безопасности дорожного движения, а не только как инструмент для дополнения федерального бюджета, необходимо разработать научно обоснованный метод определения местоположения технического оборудования» [3]. Соответственно, что грамотной работы всей системы необходимо определять основные направления и приоритетные задачи взаимодействия структурных органов власти с целью не только увеличить местный бюджет, но и обеспечивать основную цель – сохранение жизни и здоровья граждан.

Для прозрачности функционирования системы фото/видео фиксации органы местного самоуправления совместно с сотрудниками Госавтоинспекции передают в средства массовой информации сведения о месте расположения нового технического устройства, а также заблаговременно устанавливают предупреждающие дорожные знаки. Так, например, соответствующую информацию можно уточнить на официальных сайтах ГИБДД МВД России [17].

Применение различной аппаратуры для распознавания скорости движения транспортных средств достаточно широко распространено, а количество необходимых для этого приборов разнообразно. Так, например, в Германии в настоящее время активно внедряется стационарный лазерный фотоизмеритель скорости Poliscan. Эффективная дальность измерения скорости составляет 75-25 м [15]. Основным нелазерным стационарным измерителем скорости является прибор TraffiPhot, который может быть использован для контроля за проездом авто на красный свет. Измерение скорости этот прибор осуществляет безрадарным способом, используя два индукционных кольца, проложенных в дороге перед камерой для каждой полосы движения, где измеряется скорость. Его аналогом является прибор TaffiStar, отличающийся инфракрасным методом подсветки авто, который также измеряет скорость безрадарно по индукционному кольцу в полосе, но применяется в основном в туннелях и на автомагистралях [13].

В г. Орле за первое полугодие 2023 года были введены в обращение 6 комплексов для фиксации нарушений на пешеходном переходе «Трафик-Сканер», приобретены стационарные комплексы автофиксации нарушений правил дорожного движения «АТОМ ИС» с установкой на двух перекрестках:

- пересечение ул. М. Горького – ул. 60 лет Октября;
- пересечение ул. Михалицына – Московское шоссе.

Кроме фиксации превышения допустимой скорости движения данные комплексы фиксируют проезд на запрещающий сигнал светофора и пересечение стоп-линии при запрещающем сигнале светофора, а также поворот налево или разворот в нарушение требований, предписанных дорожными знаками или разметкой проезжей части дороги [11].

В масштабах страны компания «Автодор» объявила о том, что до конца 2023 года на трассе М-4 «Дон» начнут работать 112 новых камер видеонаблюдения. Комплексы уже установили на участках с 1024-го (Октябрьский район) по 1091-й километр (Азовский район). Таким образом, камеры на этом отрезке магистрали будут стоять примерно каждые 500 метров [14].

Выводы

В заключении отметим, что мероприятия по профилактике нарушений скоростного режима должны быть продолжены за счет применения комплексов средств автоматической фотовидеофиксации. Учитывая, что тенденция, связанная с ростом объемов применения подобных комплексов, прослеживается с момента их появления, происходит совершенствование их программного обеспечения и ряда конструктивных, а также функциональных возможностей, эффект профилактического воздействия вероятнее всего усилится. Мы придерживаемся той позиции, что введение категории «средняя скорость» и соответствующей нормы, которая устанавливала бы ответственность за превышение средней скорости движения, могла бы позволить достичь неотвратимости наказания. При этом, водителем на контролируемом участке в зоне действия подобных комплексов может быть достигнуто не только превышение средней скорости движения, но и мгновенной скорости движения (в н.в. принято считать установленной скоростью движения), комплексом фотовидеофиксации должна быть реализована возможность фиксации и передачи информации об административном правонарушении, характеризуемом более строгой санкцией. В дополнение к ранее изложенному, снижение «нештрафуемого» порога и увеличение размера административного штрафа в соот-

ветствие с современными социально-экономическими условиями в комплексе могут способствовать повышению безопасности дорожного движения. Подводя итог, стоит отметить, что совершение административного правонарушения путем превышения скорости движения транспортного средства не может быть искоренено в полной мере без всестороннего взаимодействия структурных подразделений с органами местного самоуправления, а также повышения правосознания граждан, проводимого профилактическими мероприятиями путем пропаганды безопасного передвижения по автомобильным дорогам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях от 30.12.2001 № 195-ФЗ: справочная правовая система «Консультант Плюс» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.consultant.ru>.
2. Антонов С.Н. Нарушение установленной скорости движения как фактор риска совершения дорожно-транспортных происшествий // Современная наука. 2020. №2. С. 13-17.
3. Корчагин А.Ю., Моховая Т.А. Фото/видео фиксация правонарушений в системе безопасности дорожного движения // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2019. С. 117-120.
4. Майоров В.И., Денисенко В.В. Проблемы регулирования превышения установленной скорости движения: российский и зарубежный опыт // Журнал «Безопасность дорожного движения». 2022. №4. С. 19-25.
5. Интернет-сайт газеты «Комсомольская правда» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kp.ru>.
6. Официальный сайт прокуратуры Рязанской области [Электронный ресурс]. URL: <https://epp.genproc.gov.ru>.
7. Официальный сайт ГИБДД УМВД России по Орловской области [Электронный ресурс]. URL: <https://гибдд.рф/r/57>.
8. Официальный сайт Верховного суда Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: https://www.vsrfl.ru/press_center/mass_media/32542.
9. Королева Е.Г., Полянская Е.П., Королев А.М. Правовое регулирование ответственности за превышение установленной скорости движения транспортного средства // Безопасность бизнеса. 2022. №6
10. Темкинский район Смоленской области: Официальный сайт Администрации муниципального образования [Электронный ресурс]. URL: <https://temkino.admin-smolensk.ru/novosti-raiona/soblyudenie-skorostnogo-rezhima-mery-pozvolayuschie-sohranit-zhizn-vseh-uchastnikov-dorozhnogo-dvizheniya/>.
11. Серова А.А. Превышение установленного скоростного режима на дорогах общего пользования // Научный лидер. №2 (100), 2023.
12. Официальный сайт администрации г. Костерево [Электронный ресурс]. URL: <https://kosterevo.ru/prokuratura-razyasnyaet/privlechenie-k-administrativnoj-otvetstvennosti-licz-za-prevyshenie-skoro>.
13. Официальный сайт газеты РИА-НОВОСТИ [Электронный ресурс]. URL: <https://ria.ru/20220610/shtraf-1794625929.html?ysclid=lvnyun5cjsu27317853>.
14. Официальный сайт журнала Автотонкости [Электронный ресурс]. URL: <https://autotonkosti.ru/q/umenshenie-dopustimogo-prevysheniya-skorosti-na-10-kmch-vstupilo-li-v>.
15. Официальный сайт журнала Совкомблог [Электронный ресурс]. URL: <https://journal.sovcombank.ru/avtokrediti/kakie-shtrafi-za-prevyshenie-skorosti-v-2023?ysclid=lvnyqnlfeu759254043>.
16. Официальный сайт журнала Автокод [Электронный ресурс]. URL: <https://cars.avtocod.ru/blog/vse-o-shtrafah-za-prevysheniye-skorosti-v-2023-godu-372.html>.
17. Официальный сайт журнала Оригинальное решение [Электронный ресурс]. URL: <https://originalnoe-reshenie.ru/info/articles/avtoyurist/maksimalnaya-skorost-v-gorode/>.
18. Официальный сайт журнала Autonews [Электронный ресурс]. URL: <https://www.autonews.ru/news/61f7b64a9a7947721c0af941>.
19. Официальный сайт газеты Автовзгляд [Электронный ресурс]. URL: <https://www.avtovzglyad.ru/gai/pdd/2022-06-10-nuzhno-li-snizhat-v-rossii-maksimalno-razreshennuju-skorost-dvizh>.
20. Официальный сайт журнала Car.ru [Электронный ресурс]. URL: <https://car.ru/news/autogramota/49476-posledstviya-narusheniya-pdd-v-stranah-evropyi>.
21. О Правилах дорожного движения»: справочная правовая система «Консультант Плюс»: Постановление Правительства РФ от 23.10.1993 № 1090 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.consultant.ru>.
22. Способ и система определения средней скорости транспортного средства: пат. №2606 521 / Буруцкий А.С., Ильина Ю.В.; Опубликовано 01.10.17.
23. Способ фиксации нарушений Правил дорожного движения: пат. №2023105605 / Вишневецкий В.М. и др.; опубликовано 30.10.23.
24. Способ автоматического контроля дорожного движения и система, его реализующая: пат. №2021118624 / Барский И.В., Бондарь Д.В.; опубликовано 22.11.21.

Литвинов Артем Валерьевич
Омская академия МВД России
Адрес: 644092, Россия, г. Омск, пр. Комарова, 7
К.т.н., доцент, доцент кафедры деятельности органов внутренних дел в особых условиях
E-mail: artyom_hawk@mail.ru

Андреев Петр Геннадьевич
Орловский юридический институт МВД России имени В.В. Лукьянова
302027, Российская Федерация, г. Орел
Старший преподаватель кафедры ОД ГИБДД
E-mail: petya.and@yandex.ru

LEGAL AND TECHNICAL MEASURES TO SOLVE THE PROBLEM OF EXCEEDING THE PERMISSIBLE SPEED OF A VEHICLE

Abstract. The presented article is devoted to the urgent problem of combating offenders who exceed the speed of movement of vehicles established by the legislator. The issue of law enforcement features in this area is being raised. It is proposed to specify the solution of the problem through the interaction of local governments with structural units.

Keywords: administrative offense, liability, vehicle operation, speeding

BIBLIOGRAPHY

1. Kodeks Rossiyskoy Federatsii ob administrativnykh pravonarusheniyakh ot 30.12.2001 № 195-FZ: spravochnaya pravovaya sistema "Konsul'tant Plyus" [Elektronnyy resurs]. URL: <http://www.consultant.ru>.
2. Antonov S.N. Narushenie ustanovlennoy skorosti dvizheniya kak faktor riska soversheniya dorozhno-transportnykh proissheshtviy // *Sovremennaya nauka*. 2020. №2. S. 13-17.
3. Korchagin A.YU., Mokhovaya T.A. Foto/video fiksatsiya pravonarusheniy v sisteme bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya // *Gumanitarnye, sotsial'no-ekonomicheskie i obshchestvennye nauki*. 2019. S. 117-120.
4. Mayorov V.I., Denisenko V.V. Problemy regulirovaniya prevysheniya ustanovlennoy skorosti dvizheniya: rossiyskiy i zarubezhnyy opyt // *Zhurnal "Bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya"*. 2022. №4. S. 19-25.
5. Internet-sayt gazety "Komsomol'skaya pravda" [Elektronnyy resurs]. URL: <https://www.kp.ru>.
6. Ofitsial'nyy sayt prokuratury Ryazanskoy oblasti [Elektronnyy resurs]. URL: <https://epp.genproc.gov.ru>.
7. Ofitsial'nyy sayt GIBDD UMVD Rossii po Orlovskoy oblasti [Elektronnyy resurs]. URL: <https://gibdd.rf/r/57>.
8. Ofitsial'nyy sayt Verkhovnogo suda Rossiyskoy Federatsii [Elektronnyy resurs]. URL: https://www.vsrfl.ru/press_center/mass_media/32542.
9. Koroleva E.G., Polyanskaya E.P., Korolev A.M. Pravovoe regulirovanie otvetstvennosti za prevyshenie ustanovlennoy skorosti dvizheniya transportnogo sredstva // *Bezopasnost' biznesa*. 2022. №6
10. Temkinskiy rayon Smolenskiy oblasti: Ofitsial'nyy sayt Administratsii munitsipal'nogo obrazovaniya [Elektronnyy resurs]. URL: <https://temkino.admin-smolensk.ru/novosti-rajona/soblyudenie-skorostnogo-rezhima-mery-pozvolayayushchie-sohranit-zhizn-vseh-uchastnikov-dorozhnogo-dvizheniya/>.
11. Serova A.A. Prevysenie ustanovlennogo skorostnogo rezhima na dorogakh obshchego pol'zovaniya // *Nauchnyy lider*. №2 (100), 2023.
12. Ofitsial'nyy sayt administratsii g. Kosterevo [Elektronnyy resurs]. URL: <https://kosterevo.ru/prokuratura-razyasnyat/privlechenie-k-administrativnoj-otvetstvennosti-licz-za-prevysenie-skoro>.
13. Ofitsial'nyy sayt gazety RIA-NOVOSTI [Elektronnyy resurs]. URL: <https://ria.ru/20220610/shtraf-1794625929.html?ysclid=lvnyn5cjus27317853>.
14. Ofitsial'nyy sayt zhurnala Avtotonkosti [Elektronnyy resurs]. URL: <https://autotonkosti.ru/q/umenshenie-dopustimogo-prevysheniya-skorosti-na-10-kmch-vstupilo-li-v>.
15. Ofitsial'nyy sayt zhurnala Sovkomblog [Elektronnyy resurs]. URL: <https://journal.sovcombank.ru/avtokrediti/kakie-shtrafi-za-prevysenie-skorosti-v-2023?ysclid=lvnyqnlfeu759254043>.
16. Ofitsial'nyy sayt zhurnala Avtokod [Elektronnyy resurs]. URL: <https://cars.avtocod.ru/blog/vse-o-shtrafah-za-prevyseniye-skorosti-v-2023-godu-372.html>.
17. Ofitsial'nyy sayt zhurnala Original'noe reshenie [Elektronnyy resurs]. URL: <https://originalnoe-reshenie.ru/info/articles/avtoyurist/maksimalnaya-skorost-v-gorode/>.
18. Ofitsial'nyy sayt zhurnala Autonews [Elektronnyy resurs]. URL: <https://www.autonews.ru/news/61f7b64a9a7947721c0af941>.
19. Ofitsial'nyy sayt gazety Avtovzglyad [Elektronnyy resurs]. URL: <https://www.avtovzglyad.ru/gai/pdd/2022-06-10-nuzhno-li-snizhat-v-rossii-maksimalno-razreshennuju-skorost-dvizh>.
20. Ofitsial'nyy sayt zhurnala Car.ru [Elektronnyy resurs]. URL: <https://car.ru/news/autogramota/49476-posledstviya-narusheniya-pdd-v-stranah-evropyi>.
21. O Pravidakh dorozhnogo dvizheniya": spravochnaya pravovaya sistema «Konsul'tant Plyus»: Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 23.10.1993 № 1090 [Elektronnyy resurs]. URL: <http://www.consultant.ru>.
22. Sposob i sistema opredeleniya sredney skorosti transportnogo sredstva: pat. №2606 521 / Burlutskiy A.S., Il'ina YU.V.; Opublikovano 01.10.17.
23. Sposob fiksatsii narusheniy Pravil dorozhnogo dvizheniya: pat. №2023105605 / Vishnevskiy V.M. i dr.; opublikovano 30.10.23.
24. Sposob avtomaticheskogo kontrolya dorozhnogo dvizheniya i sistema, ego realizuyushchaya: pat. №2021118624 / Barskiy I.V., Bondar' D.V.; opublikovano 22.11.21.

Litvinov Artyom Valerievich
Omsk Academy of the Ministry of Internal Affairs
of Russia
Adress: 644092, Russia, Omsk, Komarova Ave, 7
Candidate of Technical Sciences
E-mail: artyom_hawk@mail.ru

Andreev Peter Gennadievich
Orel law Institute of Ministry of internal Affairs
of Russia
Adress: 302027, Russia, Orel, Ignatova str., 2
Senior lecturer
E-mail: petya.and@yandex.ru

ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Научная статья
 УДК 621.822
 doi:10.33979/2073-7432-2024-4-2(87)-36-41

Д.О. ЛОМАКИН, М.В. КУЛЕВ

ВИБРОАКУСТИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ПОДШИПНИКОВ

Аннотация. В статье предложена система виброакустической диагностики подшипников, с помощью которой возможно определять техническое состояние подшипников и диагностировать неисправность.

Ключевые слова: виброакустическая диагностика, подшипник

Введение

По направлению основной силы нагрузки подшипники качения можно разделить на упорные и радиальные. Упорные подшипники применяются, когда преобладают осевые нагрузки, тогда как радиальные подшипники применяются, когда преобладают в основном радиальные нагрузки.

Материал и методы

Существует пять типов тел качения: шарик, цилиндрический ролик, игольчатый, конический ролик и сферический ролик.

Расчет частоты импульсов, возбуждаемых дефектом на теле качения и внешней и внутренней дорожке качения, можно обобщить. Отдельный тип конфигурации подшипника и тела качения задается углом контакта, который будет рассмотрен ниже. Параметры шариковых подшипников представлены на рисунке 1.

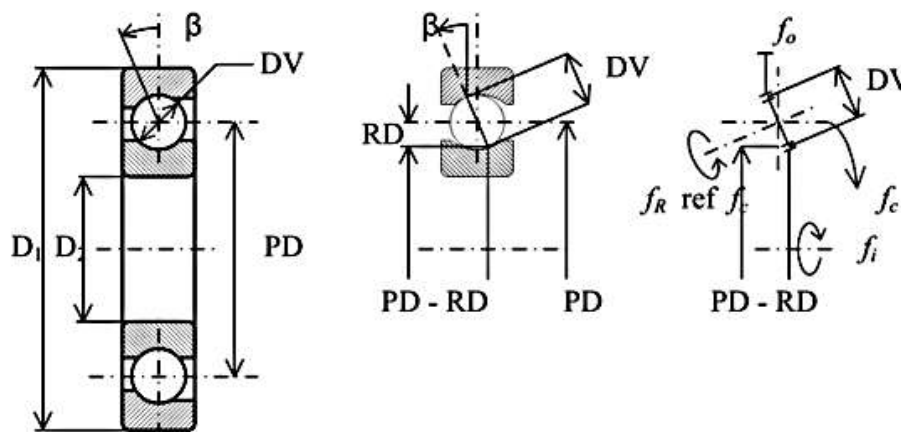


Рисунок 1 – Параметры шариковых подшипников

Основные размеры шарикового подшипника приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Размеры шарикового подшипника

Наименование	Обозначение
Наружный диаметр	D_1
Внутренний диаметр	D_2
Делительный диаметр	PD
Диаметр шарика	DV
Угол контакта	β
$DV \cos(\beta)$	RD
Количество шариков	n

Теория / Расчет

Двойное расстояние между осью подшипника и центром шарика называется делительным диаметром (PD). Этот параметр не относится к каталожным данным, но может быть рассчитан как среднее арифметическое внутреннего диаметра и наружного диаметра:

$$PD = \frac{D_1 + D_2}{2}, \tag{1}$$

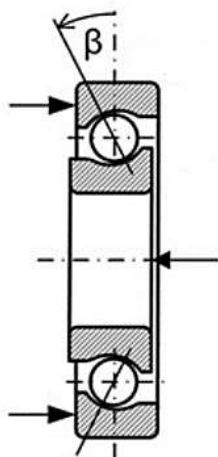


Рисунок 2 – Угол контакта шариков в результате воздействия осевой нагрузки

Угол контакта β определяется в плоскости, которая содержит ось подшипника и центр шарика подшипника, и измеряется между радиальным направлением и линией, соединяющей две точки контакта между шариком и внутренней и внешней дорожками качения (рис. 2).

Существует начальное значение угла β для устранения ослабления контакта между шариком и дорожкой качения. Для обеспечения плавного вращения шарикового подшипника между шариком и наружным кольцом имеется небольшая радиальная ослабленность, называемая радиальным люфтом. Угол контакта увеличивается, если шариковый подшипник подвергается осевой нагрузке.

Угол контакта подшипника с цилиндрическими роликами и коническими роликами не зависит от осевой нагрузки, для цилиндрического ролика угол β равен нулю, а для конического ролика такой же, как угол между осью подшипника и ролика, как показано на рисунке 3.

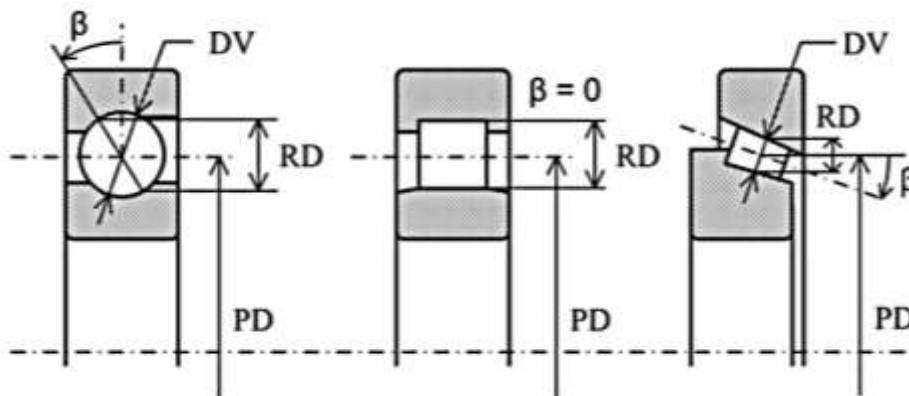


Рисунок 3 – Углы контакта шарика, цилиндрического и конического ролика

Для расчета частот, которые возбуждаются одним дефектом на дорожке качения или поверхности ролика, рассмотрим следующие частоты:

- частота вращения внутреннего кольца относительно корпуса подшипника f_i ;
- частота вращения наружного кольца относительно корпуса подшипника f_o ;
- частота вращения сепаратора подшипника относительно корпуса подшипника f_c ;
- частота вращения шарика относительно сепаратора подшипника f_R .

Знак частоты определяет направление вращения. Частота сепаратора f_c является скоростью вращения шарикового или общего роликового сепаратора. Частота f_o равна нулю, поскольку подшипник установлен в стенке корпуса редуктора. Существуют конфигурации двух соосных валов, для которых оба кольца подшипника вращаются, и поэтому частота f_o больше нуля.

Для качения без скольжения конфигурация виртуальных шестерен показана на рисунке 4. Частоты вращения шарика внутреннего и внешнего колец предполагаются относительно сепаратора, поэтому частота вращения сепаратора равна нулю.

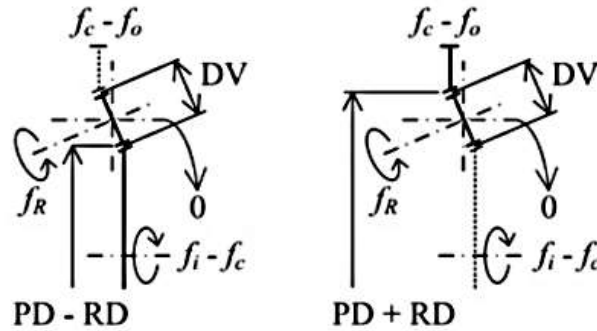


Рисунок 4 – Две пары виртуальных шестерен, моделирующих шарикоподшипник

Передаточные числа двух пар виртуальных шестерен в зацеплении определяются диаметрами этих шестерен, а не числами их зубьев. Расстояние в радиальном направлении от дорожки качения на внутреннем кольце обозначается RD и определяется по формуле:

$$RD = DV \cos(\beta), \quad (2)$$

где DV – диаметр шарика как элемента качения.

Соотношение между частотой вращения шарика и частотой вращения внутреннего кольца относительно сепаратора рассчитывается по формуле:

$$\frac{f_R}{f_i - f_c} = -\frac{PD - RD}{DV}. \quad (3)$$

Аналогично рассчитывается соотношение между частотой вращения внешнего кольца и частотой вращения шарика:

$$\frac{f_c - f_o}{f_R} = -\frac{DV}{PD + RD}. \quad (4)$$

Если уравнение (4) разделить на уравнение (3), то получим:

$$\frac{f_c - f_o}{f_i - f_c} = \frac{PD - RD}{PD + RD} = \frac{1 - \frac{RD}{PD}}{1 + \frac{RD}{PD}}. \quad (5)$$

Отношение RD/PD может быть обозначено параметром x:

$$x = \frac{RD}{PD} = \frac{DV}{PD} \cos(\beta). \quad (6)$$

Тогда уравнение (5) принимает вид:

$$\frac{f_c - f_o}{f_i - f_c} = \frac{1 - x}{1 + x}. \quad (7)$$

Прохождение элементов качения через локальный дефект вызывает импульсную силу, которая возбуждает слегка затухающую структурную вибрацию, называемую звоном, на высокой частоте. Вибрация конструкции подшипника обычно затухает до возникновения следующей импульсной силы. Повторяющаяся частота звона важна для локализации дефектов, то есть для определения того, какая дорожка качения повреждена или есть ли дефект на элементе качения. Структурная резонансная частота не имеет существенного значения, даже если амплитуда вибрации на этой частоте во много раз превышает компонент частотного спектра, соответствующий частоте повторяющегося звона.

Сигнал вибрации, генерируемый локальным дефектом на рабочей поверхности, состоит из последовательности слегка затухающих структурных колебаний. Поскольку структурные колебания слабо затухают, всплески вибрации быстро исчезают. Частота доминирующего компонента в частотном спектре – это частота вибрации в течение этих всплесков. Частота повторения всплесков обычно не распознается в частотном спектре.

Гораздо более важным для оценки частоты повторения всплесков в исходном сигнале является огибающая этого сигнала во временной области. Доминирующим компонентом в частотном спектре огибающей сигнала является частота повторения.

Результаты и обсуждение

В статье предложена система виброакустической диагностики подшипников (рис. 5). В основе предложенной системы виброакустической диагностики подшипников лежит

нейронная сеть, прошедшая предварительное обучение на записанных заранее данных вибрации и шума диагностируемого подшипника.

Обучение нейронной сети продолжается и на вновь получаемых данных о техническом состоянии подшипникового узла. В результате в искусственной нейронной сети формируются определенные правила, согласно которым становится возможным определить наличие неисправности в подшипниковом узле на основании измеренных характеристик виброакустических параметров.

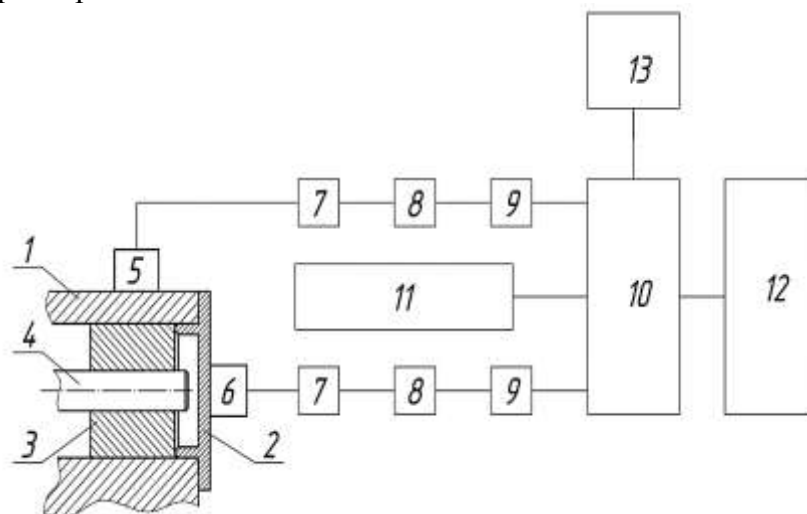


Рисунок 5 – Принципиальная схема системы виброакустической диагностики:

1 – корпус; 2 – крышка подшипника; 3 – подшипник; 4 – вал; 5 – вибродатчик; 6 – акустический датчик; 7 – усилитель сигнала; 8 – фильтр сигнала; 9 – преобразователь сигнала; 10 – центральный блок; 11 – база данных правил нейронной сети; 12 – пользовательский интерфейс; 13 – калибровочный блок

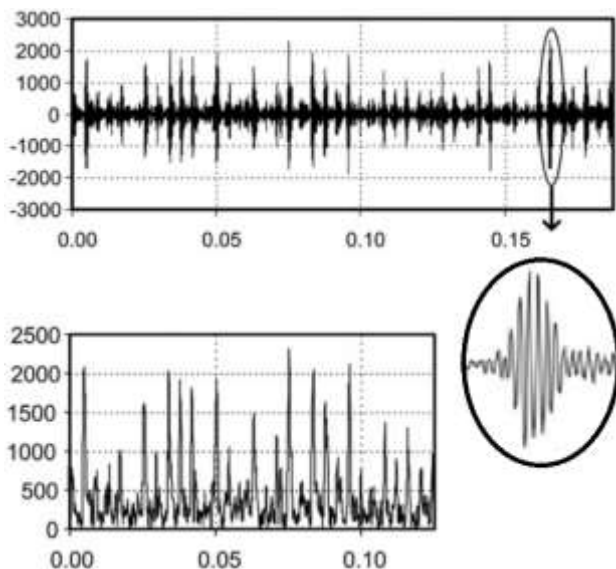


Рисунок 6 – Динамика сигнала вибрации, измеренного на подшипнике с локальным дефектом

Принцип работы системы виброакустической диагностики следующий: вибродатчики (5) и акустические датчики (6), установленные на корпусе (1) и крышке подшипника (2) через последовательно соединенные усилители сигнала (7), фильтры сигнала (8) и преобразователи сигнала (9) подключаются к центральному блоку (10), который имеет связь с базой данных правил нейронной сети (11) и с блоком, реализующим пользовательский интерфейс (12). Центральный блок (10) состоит из микропроцессора и сопутствующих устройств с установленной нейронной сетью в форме программного кода. Пользовательский интерфейс (12) состоит из видеодисплея и системы аудиооповещения. Калибровочный блок (13) подключается к центральному блоку (10), взаимодействует цент-

ральный блок (10) с пользовательским интерфейсом (12), а через усилители сигнала (7), фильтры сигнала (8) и преобразователи сигнала (9) с вибродатчиком (5) и акустическим датчиком (6).

Вывод

Пример, показывающий радиальный вибрационный сигнал, измеренный на внешнем кольце конического подшипника с локальным дефектом, приведен на рисунке 6.

С помощью предлагаемой системы виброакустической диагностики возможно определять техническое состояние подшипников и диагностировать неисправность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ ИСО 5347-0-95. Вибрация. Методы калибровки датчиков вибрации и удара [Электронный ресурс] / Портал общероссийского классификатора стандартов. URL: http://standartgost.ru/oks/246/1/267-vibratsii_izmereniya_udaraJ_vibratsii.
2. ГОСТ Р 52545.1-2006. Подшипники качения. Методы измерения вибрации. Основные положения [Электронный ресурс] / Портал Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии. URL: <http://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=128622>.
3. Неразрушающий контроль: Справочник / Под общ. ред. В.В. Клюева. М.: Машиностроение. 2005. 829 с.
4. Тебекин М.Д., Родичев А.Ю., Токмакова М.А., Родичева И.В. Анализ способов безразборной диагностики механических коробок передач легковых автомобилей // Мир транспорта и технологических машин. Орел: Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева. 2022. №1(76). С. 3-10.
5. Тебекин М.Д., Катунин А.А., Новиков А.Н. Технология диагностирования шаровых шарниров легковых автомобилей с помощью вибрационного способа // Информационные технологии и инновации на транспорте: сб. мат. второй Международной научно-практической конф. Орел: ОГУ им. И.С. Тургенева. 2016.
6. Система виброакустической диагностики подшипниковых узлов: пат. 2783172 Рос. Федерация, № 2021138180 / Родичев А. Ю., Новиков А.Н., Горин А.В., Тебекин М.Д.; заявл. 21.12.21; опубл. 09.11.22, Бюл. №31. 8 с.
7. Экспериментальная установка для диагностирования и испытания механических коробок передач легковых автомобилей. Пат. 2783190 Рос. Федерация, № 2021131397 / Новиков А.Н., Тебекин М.Д., Родичев А. Ю., Горин А.В.; заявл. 26.10.22; опубл. 09.11.22, Бюл. №31. 9 с.
8. Способ вибрационной диагностики роторных систем. Пат. 2753151 Рос. Федерация, № 2020131421 / Поляков Р.Н., Корнаев А.В., Казаков Ю.Н., Родичев А.Ю.; заявл. 23.09.20; опубл. 12.08.21, Бюл. №23. 8 с.
9. Дороничев А.В., Константинов К.В. Методы диагностики технического состояния подшипников качения // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке: Труды Пятой международной научной конференции творческой молодежи. В 6 т. Хабаровск: ДВГУПС. 2007. Т. 4. С. 248-251.
10. Петрухин В.В., Петрухин С.В. Основы вибродиагностики и средства измерения вибрации // Гриф УМО ВУЗов РФ. М.: Инфра-Инженерия. 2010. 176 с.
11. Федотов А.И. Диагностика автомобиля: учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров и магистров «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов». Иркутск: Иркутский гос. технический ун-т., 2012. 476 с.
12. G. D'Elia, E. Mucchi, M. Cocconcelli On the identification of the angular position of gears for the diagnostics of planetary gearboxes // Mechanical systems and signal processing. V. 83. 2017. P. 305-320.
13. S. Schmidt, P.S. Heyns, J.P. de Villiers. A novelty detection diagnostic methodology for gearboxes operating under fluctuating operating conditions using probabilistic techniques // Mechanical systems and signal processing. V.100. 2018. P. 152-166.
14. Weiguo Huang. Multi-source fidelity sparse representation via convex optimization for gearbox compound fault diagnosis // Journal of Sound and vibration. V. 496. 2021. P. 115879.
15. Foulard S., Ichchou M., Rinderknecht S., Perret-Liaudet J. Online and real-time monitoring system for remaining service life estimation of automotive transmissions – application to a manual transmission // Mechatronics. V. 30. 2015. P. 140-157.
16. Chuan Li. Gearbox fault diagnosis based on deep random forest fusion of acoustic and vibratory signals // Mechanical systems and signal processing. V. 76-77. 2016. P. 283-293.
17. Liu Hong, Jaspreet Singh, Dhupia. A time domain approach to diagnose gearbox fault based on measured vibration signals // Journal of Sound and vibration. V. 333. 2014. P. 2164-2180.
18. Gaigai Cai, Xuefeng Chen, Zhengjia He. Sparsity-enabled signal decomposition using tunable Q-factor wavelet transform for fault feature extraction of gearbox // Mechanical systems and signal processing. V. 41. 2013. P. 34-53.
19. Binqiang Chen. Fault feature extraction of gearbox by using overcomplete rational dilation discrete wavelet transform on signals measured from vibration sensors // Mechanical systems and signal processing. V. 33. 2012. P. 275-298.
20. Yaguo Lei, Dong Han, Jing Lin, Zhengjia He Planetary gearbox fault diagnosis using an adaptive stochastic resonance method // Mechanical systems and signal processing. V. 38. 2013. P. 113-124.

Ломакин Денис Олегович

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

Кулев Максим Владимирович

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

D.O. LOMAKIN, M.V. KULEV

VIBROACOUSTIC DIAGNOSTICS OF BEARINGS

Abstract. *The article proposes a system of vibroacoustic diagnostics of bearings, with the help of which it is possible to determine the technical condition of bearings and diagnose a malfunction.*

Key words: *vibroacoustic diagnostics, bearing.*

BIBLIOGRAPHY

- 1.GOST ISO 5347-0-95. Vibratsiya. Metody kalibrovki datchikov vibratsii i udara [Elektronnyy resurs] / Portal obshcherossiyskogo klassifikatora standartov. URL: http://standartgost.ru/oks/246/1/267-vibratsii_izmereniya_udaraJ_vibratsii.
- 2.GOST R 52545.1-2006. Podshipniki kacheniya. Metody izmereniya vibratsii. Osnovnye polozheniya [Elektronnyy resurs] / Portal Federal'nogo agentstva po tekhnicheskomu regulirovaniyu i metrologii. URL: <http://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=128622>.
- 3.Nerazrushayushchiy kontrol': Spravochnik / Pod obshch. red. V.V. Klyueva. M.: Mashinostroenie. 2005. 829 s.
- 4.Tebekin M.D., Rodichev A.YU., Tokmakova M.A., Rodicheva I.V. Analiz sposobov bezrazbornoy diagnostiki mekhanicheskikh korobok peredach legkovykh avtomobiley // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. Orel: Orlovskiy gosudarstvennyy universitet imeni I.S. Turgeneva. 2022. №1(76). S. 3-10.
- 5.Tebekin M.D., Katunin A.A., Novikov A.N. Tekhnologiya diagnostirovaniya sharovykh sharnirov legkovykh avtomobiley s pomoshch'yu vibratsionnogo sposoba // Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte: sb. mat. vtoroy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konf. Orel: OGU im. I.S. Turgeneva. 2016.
- 6.Sistema vibroakusticheskoy diagnostiki podshipnikovyykh uzlov: pat. 2783172 Ros. Federatsiya, № 2021138180 / Rodichev A. YU., Novikov A.N., Gorin A.V., Tebekin M.D.; zayavl. 21.12.21; opubl. 09.11.22, Byul. №31. 8 s.
- 7.Eksperimental'naya ustanovka dlya diagnostirovaniya i ispytaniya mekhanicheskikh korobok peredach legkovykh avtomobiley. Pat. 2783190 Ros. Federatsiya, № 2021131397 / Novikov A.N., Tebekin M.D., Rodichev A. YU., Gorin A.V.; zayavl. 26.10.22; opubl. 09.11.22, Byul. №31. 9 s.
- 8.Sposob vibratsionnoy diagnostiki rotornykh sistem. Pat. 2753151 Ros. Federatsiya, № 2020131421 / Polyakov R.N., Kornaev A.V., Kazakov YU.N., Rodichev A.YU.; zayavl. 23.09.20; opubl. 12.08.21, Byul. №23. 8 s.
- 9.Doronichev A.B., Konstantinov K.V. Metody diagnostiki tekhnicheskogo sostoyaniya podshipnikov kacheniya // Nauchno-tekhnicheskoe i ekonomicheskoe sotrudnichestvo stran ATR v XXI veke: Trudy Pyatoy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii tvorcheskoy molodezhi. V 6 t. Habarovsk: DVGUPS. 2007. T. 4. S. 248-251.
- 10.Petrukhin V.V., Petrukhin S.V. Osnovy vibrodiagnostiki i sredstva izmereniya vibratsii // Grif UMO VUZov RF. M.: Infra-Inzheneriya. 2010. 176 s.
- 11.Fedotov A.I. Diagnostika avtomobilya: uchebnik dlya studentov vuzov, obuchayushchikhsya po napravleniyu podgotovki bakalavrov i magistrrov «Ekspluatatsiya transportno-tekhnologicheskikh mashin i kompleksov». Irkutsk: Irkutskiy gos. tekhnicheskii un-t., 2012. 476 s.
- 12.G. D'Elia, E. Mucchi, M. Cocconcelli On the identification of the angular position of gears for the diagnostics of planetary gearboxes // Mechanical systems and signal processing. V. 83. 2017. P. 305-320.
- 13.S. Schmidt, P.S. Heyns, J.P. de Villiers. A novelty detection diagnostic methodology for gearboxes operating under fluctuating operating conditions using probabilistic techniques // Mechanical systems and signal processing. V.100. 2018. P. 152-166.
- 14.Weiguo Huang. Multi-source fidelity sparse representation via convex optimization for gearbox compound fault diagnosis // Journal of Sound and vibration. V. 496. 2021. R. 115879.
- 15.Foulard S., Ichchou M., Rinderknecht S., Perret-Liaudet J. Online and real-time monitoring system for remaining service life estimation of automotive transmissions - application to a manual transmission // Mechatronics. V. 30. 2015. P. 140-157.
- 16.Chuan Li. Gearbox fault diagnosis based on deep random forest fusion of acoustic and vibratory signals // Mechanical systems and signal processing. V. 76-77. 2016. P. 283-293.
- 17.Liu Hong, Jaspreet Singh, Dhupia. A time domain approach to diagnose gearbox fault based on measured vibration signals // Journal of Sound and vibration. V. 333. 2014. P. 2164-2180.
- 18.Gaigai Cai, Xuefeng Chen, Zhengjia He. Sparsity-enabled signal decomposition using tunable Q-factor wavelet transform for fault feature extraction of gearbox // Mechanical systems and signal processing. V. 41. 2013. P. 34-53.
- 19.Binqiang Chen. Fault feature extraction of gearbox by using overcomplete rational dilation discrete wavelet transform on signals measured from vibration sensors // Mechanical systems and signal processing. V. 33. 2012. P. 275-298.
- 20.Yaguo Lei, Dong Han, Jing Lin, Zhengjia He Planetary gearbox fault diagnosis using an adaptive stochastic resonance method // Mechanical systems and signal processing. V. 38. 2013. P. 113-124.

Lomakin Denis Olegovich

Oryol State University
Address: 302026, Russia, Orel, st. Moskovskaya, 77
Candidate of technical sciences
E-mail: forstudentwork@mail.ru

Kulev Maksim Vladimirovich

Orel State University
Address: 302026, Russia, Orel, Moscovskaya str., 77
Candidate of Technical Sciences
E-mail: maxim.ka@mail.ru

Научная статья
УДК 629.113.004
doi:10.33979/2073-7432-2024-4-2(87)-42-49

О.В. КРУПИЦА

ДИАГНОСТИКА СИСТЕМ ЗАЖИГАНИЯ ДВИГАТЕЛЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДУГОВОГО ПРОЦЕССА

Аннотация. Статья посвящена разработке математической и компьютерной модели, которая позволяет аналитически получить зависимости напряжения $U(t)$ и тока $i(t)$ в первичной и вторичной цепи зажигания в зависимости от параметров разрядного контура с учетом вольт-амперных характеристик искровых разрядов в системах зажигания бензиновых двигателей. Статья содержит результаты теоретического анализа, подкрепленные графическим цифровым моделированием в среде MATLAB. Проведенные эксперименты подтверждают целесообразность и возможность моделирования реальных объектов. Полученная математическая модель вторичного напряжения может использоваться в распределенных интеллектуальных системах удаленной диагностики транспортных средств по каналу WI-FI.

Ключевые слова: система зажигания, компьютерная модель, диагностика

Введение

Эффективность эксплуатации автомобиля один из важнейших показателей диагностики автомобиля. Кроме того, важным аспектом диагностики системы зажигания является проверка работы свечей зажигания и катушек зажигания. Проведение регулярной проверки и обслуживания данных элементов поможет избежать серьезных поломок и повысит эффективность эксплуатации автомобиля. Таким образом, диагностика системы зажигания играет важную роль в поддержании эффективности эксплуатации автомобиля и позволяет своевременно выявлять и устранять возможные неисправности, что в свою очередь улучшает безопасность и надежность автомобиля.

В статье разрабатывается математическая модель на базе систем нелинейных уравнений, описание которых формирует напряжение первичной и вторичной цепи. Автоматизация расчётов полученной модели осуществлялась с помощью прикладного программного обеспечения Matlab. Исследования экспериментальных характеристик системы зажигания проводилось по методике, предложенной в [10-15] с помощью специального диагностического оборудования, которое дает возможность получить временные характеристики напряжения на катушке и свечах зажигания.

Материал и методы

Диагностика всех основных типов систем зажигания двигателя содержащих элементы индуктивного и ёмкостного характера осложнена нелинейностью разрядных цепей. Разработка математической и компьютерной модели разрядных процессов может в значительно упростить диагностику фактического состояния системы зажигания ДВС. В [4-9] проведены экспериментальные исследования разрядных процессов в системе зажигания двигателя построены и аппроксимированы вольт-амперные характеристики искровых разрядов в свечах зажигания применительно к колебательному и униполярному типу разрядных процессов. Фундаментальной основой для разработки методологии моделирования и диагностики эффективности систем зажигания являются полученные вольт-амперные характеристики колебательного и униполярного разрядов

В статье решается задача разработки математической и компьютерной модели, которая позволит аналитически получить зависимости напряжения $U(t)$ и тока $i(t)$ в первичной и вторичной цепях зажигания в зависимости от параметров разрядного контура с учетом вольт-амперных характеристик искровых разрядов.

При разработке математической и компьютерной модели разрядных процессов в системе зажигания с учетом реальных вольт-амперных характеристик искровых разрядов нужно учитывать, что ток разряда в системах зажигания обычно изменяется по закону затухающей синусоиды из-за влияния различных физических процессов, происходящих в системе. При этом для каждого полупериода изменения тока существует своя вольт-амперная характеристика, которая отображает зависимость напряжения на емкости от силы тока.

Своевременное воспламенение топливно-воздушной смеси в цилиндре в результате искрового разряда очень важно с точки зрения работы двигателя внутреннего сгорания. Систему зажигания бензинового двигателя внутреннего сгорания можно представить в виде электрической схемы замещения изображенную на рисунке 1.

Для анализа приняты следующие обозначения и значения параметров системы зажигания, используемые для расчетов таблица 1.

Таблица 1 – Параметров системы зажигания

Параметры	Значения
1. Сопротивление на первичной обмотке (R_1), Ом	6,3
2. Сопротивление вторичной обмотки (R_2), Ом	$7,75 \cdot 10^3$
3. Сопротивление межэлектродного пространства (R_3) Ом	$1 \cdot 10^6$
4. Индуктивность первичной обмотки катушки (L_1), Гн	$10,7 \cdot 10^{-3}$
5. Индуктивность вторичной обмотки (L_2), Гн	46,7
6. Емкость первичной цепи (C_1), Ф	$45,7 \cdot 10^{-12}$
7. Внутренняя емкость катушки (C_2), пФ	170
8. Напряжение аккумуляторной батареи (U_{B1}), В	12,2
9. Коэффициент трансформации K	78,5

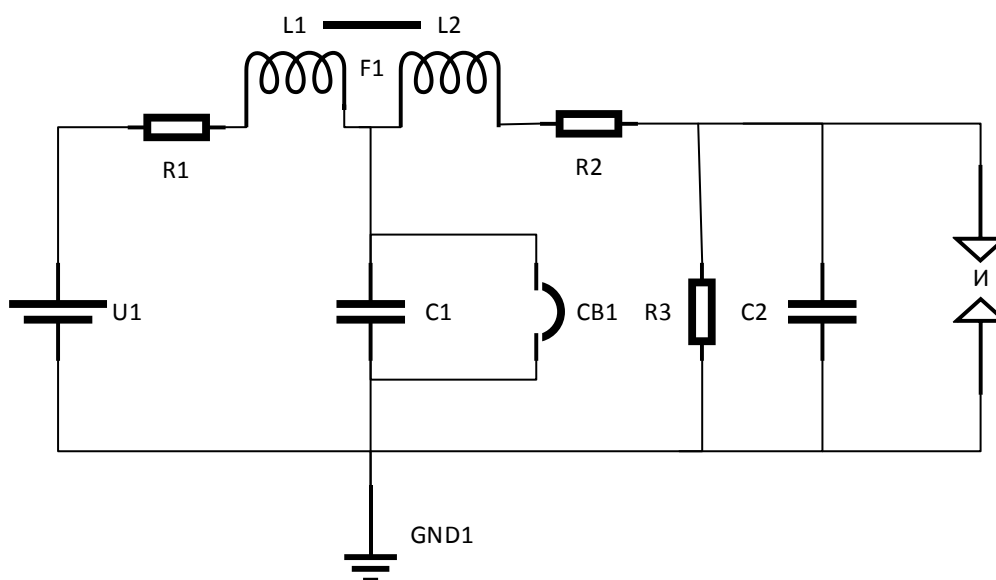


Рисунок 1 – Принципиальная электрическая схема замещения системы зажигания бензинового ДВС

Коммутация электрической цепи сопровождается переходными процессами, что связано с наличием в цепи индуктивности и емкости. Поэтому при работе системы зажигания могут наблюдаться следующие физические допущения [3]:

- контактный прерыватель (КП) принимается идеальным;
- преобразование импульса с первичной стороны на вторичную осуществляется по линейному закону (коэффициент трансформации $K = \text{const}$);
- высоковольтные провода считаются с нулевым сопротивлением;
- дуговой разряд на свече зажигания имеет свое сопротивление.

У искрового разряда как правило выделяют две фазы:

- короткий с большим током импульс относится к емкостной фазе;
- длительный импульс при низком значении тока характеризует индуктивную фазу горения дуги.

В первичной обмотке катушки зажигания осуществляется накопление энергии [6].

$$E_{k1max} = \frac{L_1 I_{1max}^2}{2}, \quad (1)$$

Накопление энергии E_{k1} в первичной цепи обмотки катушки зажигания происходит при замыкании контактов на прерывателе КП и возрастанию тока в этой цепи. В следствии появления тока в первичной цепи обмотки катушки зажигания создается магнитный поток $\Phi = LI$ и магнитное поле. Согласно закону электромагнитной индукции, возникающая самоиндукция будет противодействовать изменению тока в первичной цепи.

$$E_1 = -d\Phi/dt = -L_1 dI_1/dt, \quad (2)$$

ЭДС первичной и вторичной цепи катушки зажигания связаны:

$$E_2 = K_T E_1 = -K_T L_1 dI_1/dt, \quad (3)$$

где K_T - коэффициент трансформации.

Коэффициент трансформации катушки зажигания двигателя можно определить по формуле.

$$K_T = w_2/w_1, \quad (4)$$

где w_1 - количество витков первичной обмотки катушки зажигания;

w_2 - количество витков вторичной обмотки катушки зажигания.

Теория / Расчет

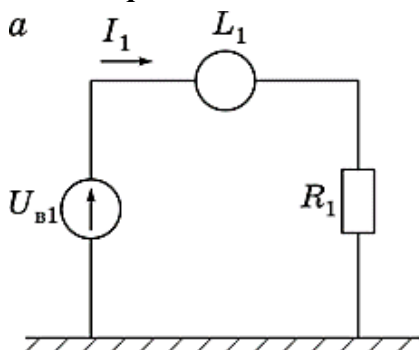


Рисунок 2 - Схема замещения системы зажигания при замкнутом контакте

Математическая модель переходного процесса при замкнутых контактах КП имеет вид:

$$\begin{cases} dI_1/dt = (U_{в1} - U_{д1}), \\ U_{д1} = R_1 I_1 \end{cases}, \quad (5)$$

Построим модель решения дифференциального уравнения переходного процесса (6), протекающего в первичной цепи при замыкании контактов прерывателя, в среде Matlab-Simulink.

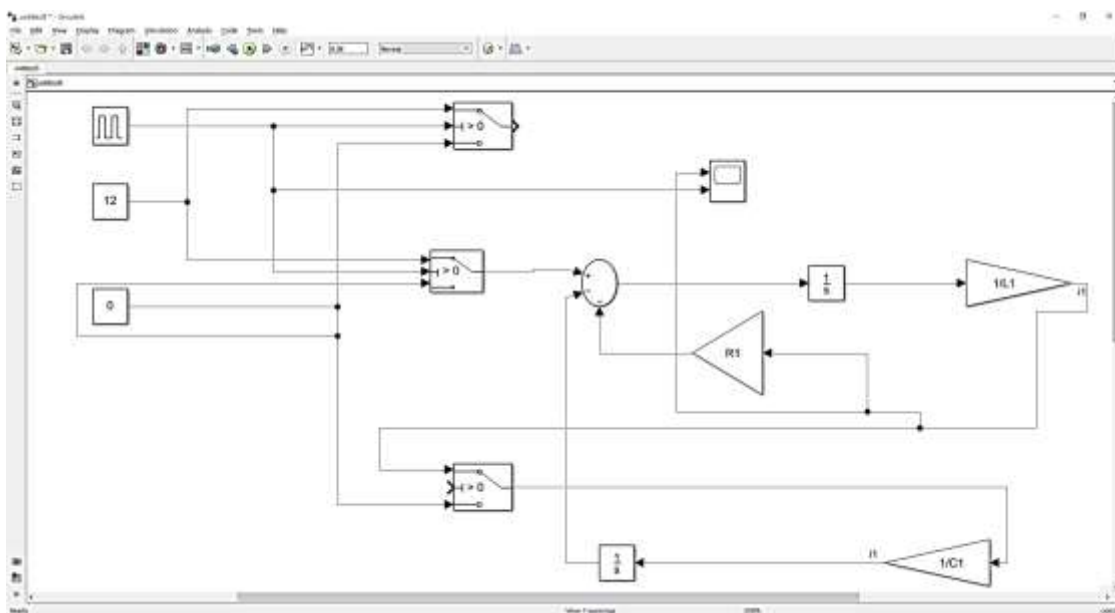


Рисунок 3 - Модель решения дифференциального уравнения переходного при замыкании контактов прерывателя, в среде Matlab-Simulink

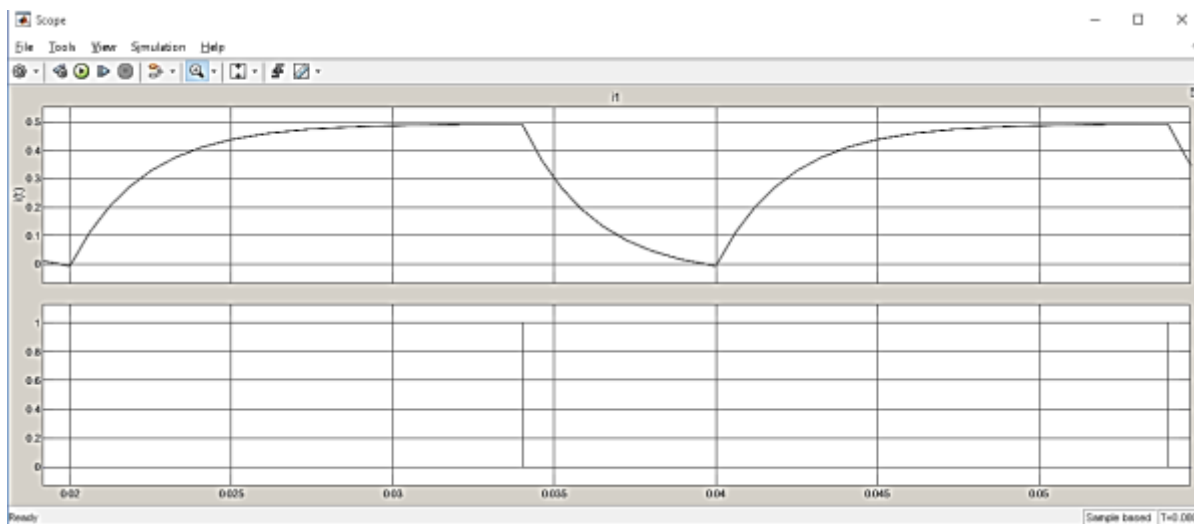


Рисунок 4 - График изменения тока $i(t)$ при замыкании контактов прерывателя, в среде Matlab-Simulink

Динамическая модель схемы замещения при разомкнутых контактах КП показана на рисунке 5.

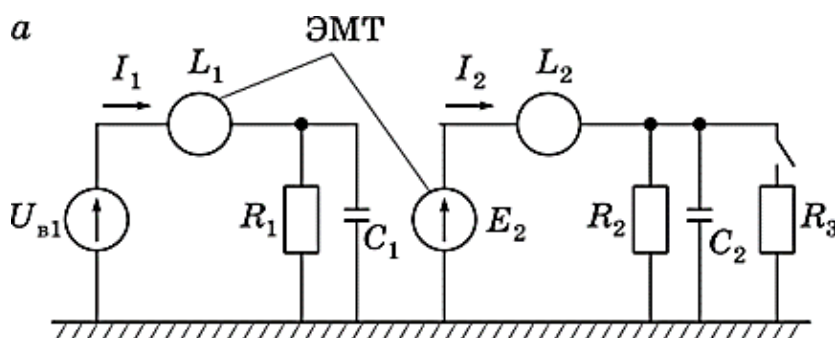


Рисунок 5 - Схема замещения системы зажигания при разомкнутых контактах

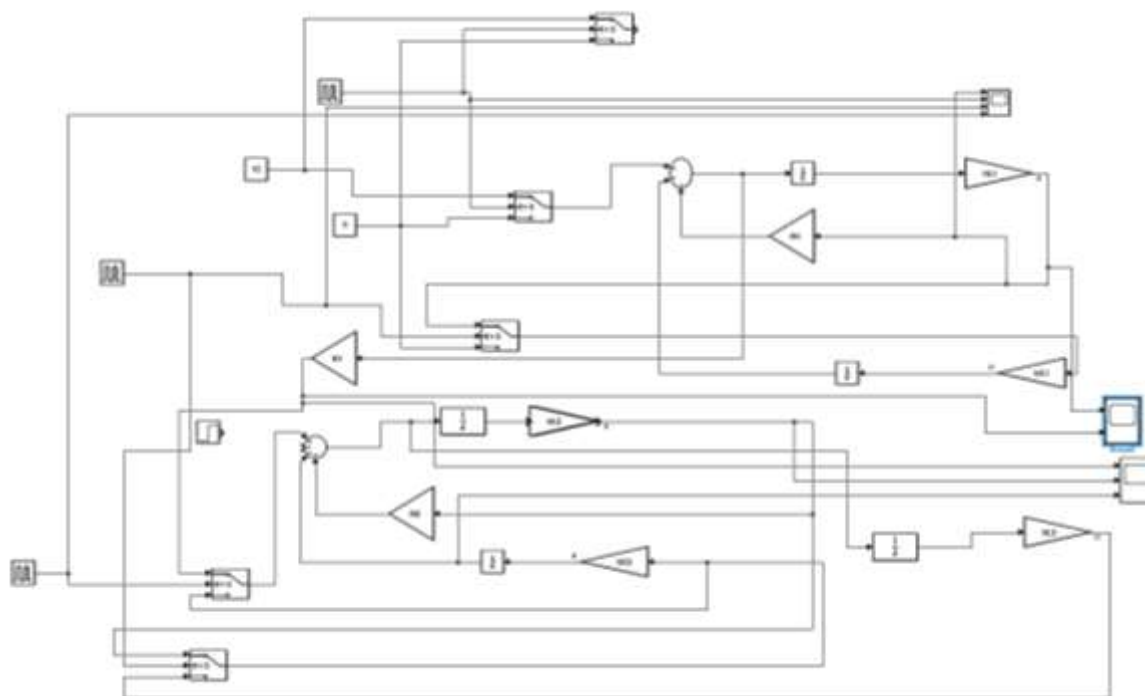


Рисунок 6 - Модель решения дифференциального уравнения переходного при замыкании контактов прерывателя, в среде Matlab-Simulink

Используя закон Кирхгофа для полной электрической цепи, получим математическую модель рабочего процесса системы зажигания двигателя:

$$\begin{cases} \frac{dI_1}{dt} = (U_{в1} - U_{y1} - U_{д1})/L_1 \\ \frac{dI_2}{dt} = (E_2 - U_{y2} - U_{д2} - U_{д3})/L_2; \\ \frac{dU_{y1}}{dt} = C_1^{-1}I_1 \\ \frac{dU_{y2}}{dt} = C_2^{-1}I_2 \\ E_2 = KE_1 = -KL_1 \frac{dI_1}{dt}; U_{д1} = R_1I_1; U_{д2} = R_2I_2; U_{д3} = R_3I_3. \end{cases} \quad (6)$$

В результате накопления энергии на конденсаторе C_2 возрастает напряженность U_y и при достижении порога $U_{y2} > U_{пр}$ подключается сопротивление R_3

Построим модель решения дифференциального уравнения переходного процесса (4-6), протекающий в первичной и вторичной цепи при замыкании и размыкании контактов прерывателя. Модель представлена на рисунке 6.

Для решения дифференциальных уравнений необходимо проинтегрировать функции (7). На рисунке 7 представлены графики напряжения и тока $u_2(t)$, $i_2(t)$ на выходе системы зажигания и осциллограммы тока при различных значениях магнитной связи между двумя обмотками катушки.

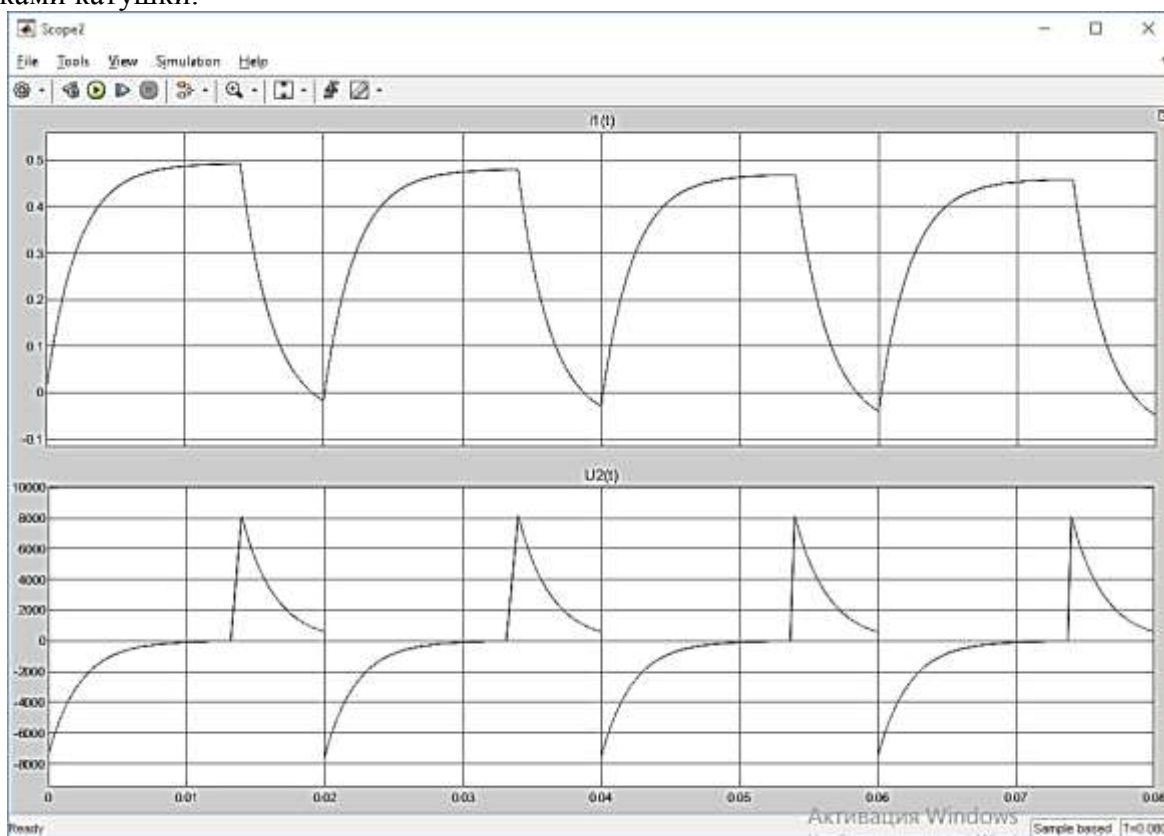


Рисунок 7 - Графики переходного процесса тока и напряжения $E_2(t)$ для полного цикла работы системы зажигания

Необходимо, чтобы энергия, накопленная во вторичной цепи катушки зажигания, была достаточной для создания искрового разряда и обеспечения правильной работы двигателя

На графике можно наблюдать резкое изменение напряжения ЭДС E_2 в момент искрового разряда, а затем постепенное уменьшение до нуля. Искровой разряд происходит при достижении напряженности U_{y2} значения напряжения пробоя $U_{пр}$, что приводит к выделению накопленной энергии и созданию искры.

Результаты и обсуждение

Для проведения эксперимента была использована специально разработанная матема-

тическая модель системы зажигания, которая была предварительно проверена на корректность в сравнении с классическими моделями. Результаты эксперимента показали хорошее соответствие между результатами цифрового моделирования и зарегистрированными формами волн напряжения и тока. Это подтверждает правильность построения цифровой модели катушки зажигания и ее способность точно предсказывать поведение данного устройства.

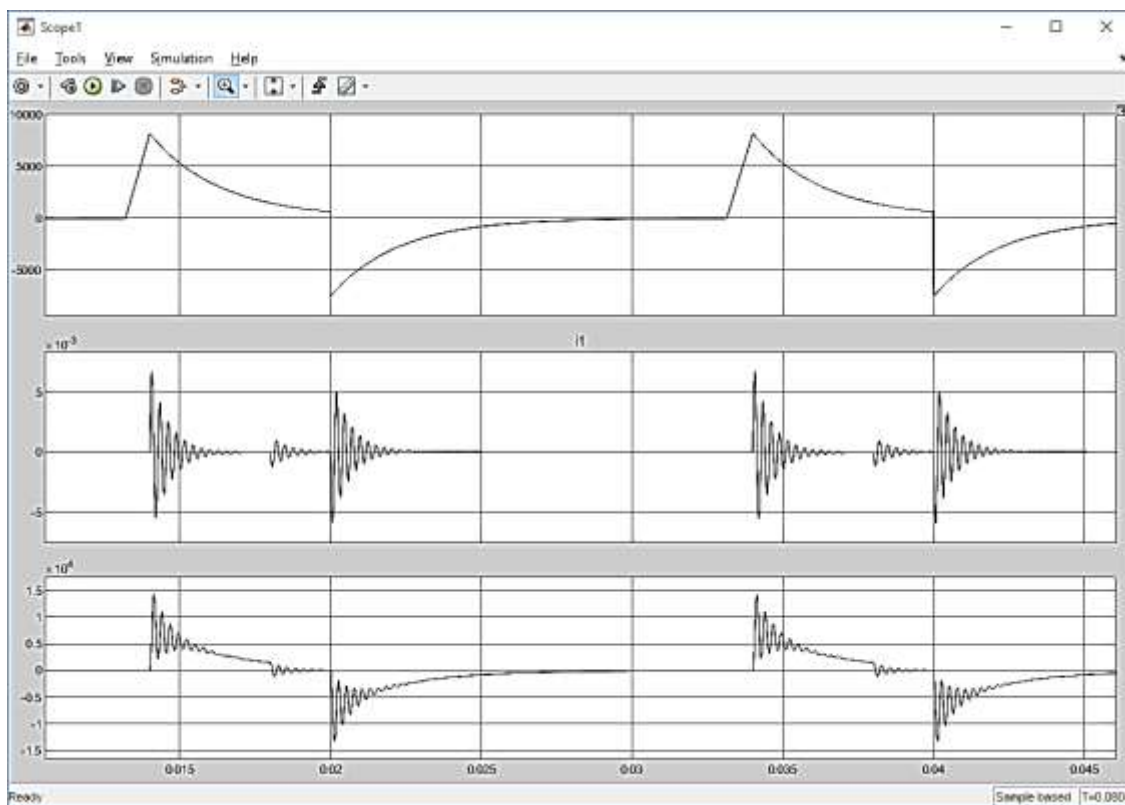


Рисунок 8 - Полученные графики напряжения $E_2(t)$, $U_{y2}(t)$, $U_{a2}(t)$ системы зажигания двигателя

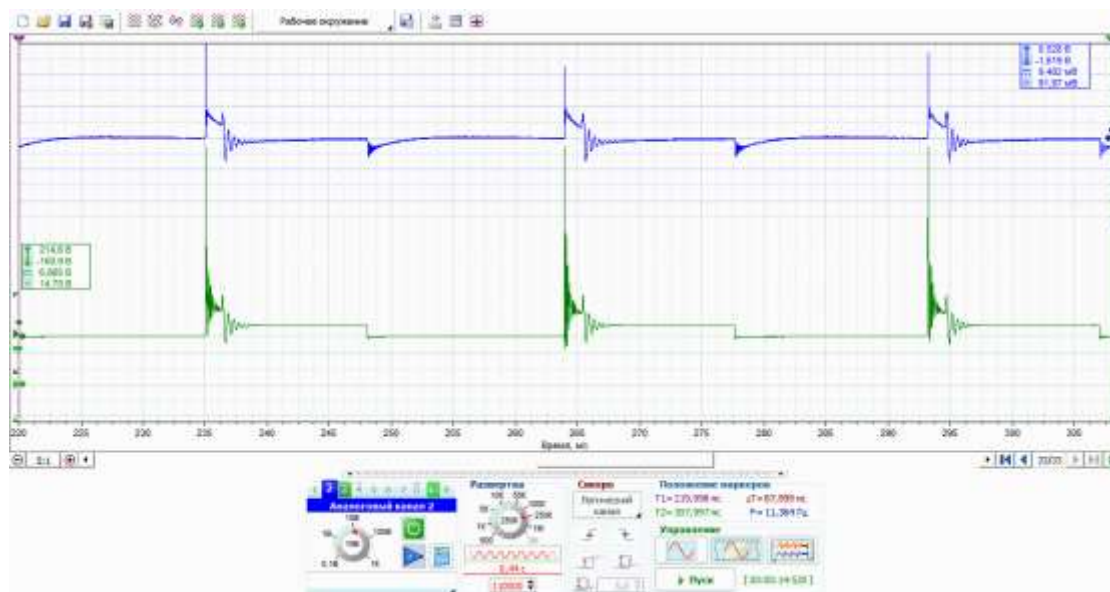


Рисунок 9 - Записанная осциллограмма кривой напряжения $u_2(t)$

Таким образом, экспериментальная проверка результатов цифрового моделирования позволяет убедиться в корректности работы модели и ее применимости для анализа и оптимизации работы систем зажигания.

Анализируя осциллограммы напряжения $u_2(t)$, и динамику их изменения можно наблюдать небольшое расхождение в амплитуде колебаний, которое может быть объяснено различными условиями проведения эксперимента и ограничениями численного моделирова-

ния. Тем не менее, общая тенденция поведения системы воспроизводится как в эксперименте, так и в численном моделировании, что подтверждает правильность выбора математической модели и параметров системы.

Выводы

Данные, представленные на рисунке 9, практически идентичны результатам численных экспериментов. Небольшие различия между реальными и смоделированными сигналами обусловлены наличием микроемкостей (например, между обмотками катушки) в тестируемой цепи. Дополнительным выводом из этого исследования является то, что форма тока на входе системы такая же, как и при классической связи, а величина степени связи сильно влияет на величину напряжения, индуцируемого во второй катушке.

Полученная математическая модель вторичного напряжения может использоваться в распределенных интеллектуальных системах удаленной диагностики транспортных средств по каналу WI-FI [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крупица О.В., Замота Т.Н., Панайотов К.К. Повышение эффективности работы автомобилей усовершенствованием методики диагностирования системы зажигания // Вестник ЛГУ им. В. Даля. 2021. №6(48). С.63-69.
2. Аулин В.В., Замота Т.Н., Панайотов К.К. Обоснование использования современных подходов для усовершенствования диагностирования систем и агрегатов автомобиля // Центральнoукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2019. Вип. 2(33). С. 65-76.
3. Крупица О.В., Замота Т.Н., Панайотов К.К., Караичев А.А. Распределенная интеллектуальная система удаленной диагностики транспортных средств по каналу WI-FI // Сборник тезисов докладов международной научно-практической конференции приуроченной 100-летию Луганского национального университета им. В. Даля. Луганск: ВНУ им. В. Даля. 2020. 100 с.
4. Крупица О.В. Математическая модель переходных процессов в системе зажигания двигателей внутреннего сгорания // Вестник ЛГУ им. В. Даля. №7(61). 2022. С. 85-95.
5. Замота Т.Н., Панайотов К.К., Крупица О.В. Усовершенствование системы технического обслуживания транспортных средств путем анализа потока отказов и выявления причин их появления // Вестник ЛГУ им. В. Даля. 2021. №6(48). С. 63-69.
6. Сычев А.М., Родионов А.И. Моделирование процессов в системе зажигания бензинового двигателя внутреннего сгорания // Актуальные вопросы организации автомобильных перевозок, безопасности движения и эксплуатации транспортных средств: Сборник научных трудов по материалам XVI Международной научно-технической конференции. Саратов: Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., 2021. С. 256-261. EDN YAMGCG.
7. Г. С. Корнилов, Нгуен Чунг Кыонг, Фам Хыу Тан, До Нгок Тоан. Математическое моделирование и оптимизация систем зажигания двигателей малой мощности // Системы управления и информационные технологии. 2006. №4-2(26). С. 245-248. EDN JWXAWX.
8. Шуханов С.Н., Алтухова Т.А., Алтухов С.В. Аналитическое описание искрообразования в системе зажигания поршневых бензиновых двигателей // Агротехника и энергообеспечение. 2022. №1(34). С. 55-62. EDN LMINUA.
9. Агуреев И.Е., Маливанов М.В., Радько А.Е., Хмелев Р.Н. Разработка математической модели системы управления автомобильным двигателем с искровым зажиганием // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2015. №5-1. С. 8-13. EDN TZKOAB.
10. Нефедьев А.И., Гусев В.Г., Нефедьев Д.И., Шаронова В.Г. Контроль параметров искрового разряда в двигателе внутреннего сгорания // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. №4(34). С. 51-57. DOI 10.21685/2307-5538-2020-4-6. EDN ZKOOZQ.
11. Кюрегян Н.С., Голенцов Д.А., Фланден В.С. Опыт исследований и перспективы применения системы диагностики разрядных процессов в свечах зажигания при запусках авиадвигателей // Двигатель. 2019. №2(122). С. 2-6. EDN IUPCRI.
12. Жеглов В.Н. Устройство для осуществления способа технического диагностирования двигателей внутреннего сгорания с комплексной системой управления // Контроль. Диагностика. 2010. №7. С. 54-55. EDN MSZCZH.
13. Гизатуллин Ф.А., Салихов Р.М. Влияние накопленной энергии в емкостных системах зажигания ГТД и частоты искровых разрядов на ресурс полупроводниковых свечей зажигания // Вестник машиностроения. 2017. №10. С. 27-28. EDN ZVZAOT.
14. Заморский В.В., Набиуллин И.И. Разработка модели системы управления ДВС с использованием нечеткого регулятора // Проблемы современной науки и образования. 2020. №7(152). С. 16-22. EDN TSCNSQ.
15. Абрамчук Ф.И., Кабанов А.Н., Швыдкий Д.В. Методика определения электрических величин системы искрового зажигания ДВС // Автомобильный транспорт (Харьков). 2013. №33. С. 67-70. EDN SBYFSN.

Крупица Олег Владимирович

Луганский государственный университет им. В. Даля

Краснодонский факультет инженерии и менеджмента (филиал)

Адрес: 294405, Россия, г. Краснодон, ул. Первоконная, 42, E-mail: kow1976@mail.ru

O.V. KRUPICA

DIAGNOSTICS OF ENGINE IGNITION SYSTEMS USING A MATHEMATICAL MODEL OF THE ARC PROCESS

Abstract. The article is devoted to the development of a mathematical and computer model that allows one to analytically obtain the dependences of voltage $U(t)$ and current $i(t)$ in the primary and secondary ignition circuits depending on the parameters of the discharge circuit, taking into account the current-voltage characteristics of spark discharges in the ignition systems of gasoline engines. The article contains the results of theoretical analysis, supported by graphical digital modeling in MATLAB. The experiments carried out confirm the feasibility and possibility of modeling real objects. The resulting mathematical model of secondary voltage can be used in distributed intelligent systems for remote diagnostics of vehicles via WI-FI channel

Keywords: ignition system, computer model, diagnostics

BIBLIOGRAPHY

1. Krupitsa O.V., Zamota T.N., Panayotov K.K. Povyshenie effektivnosti raboty avtomobiley usovershenstvovaniem metodiki diagnostirovaniya sistemy zazhiganiya // Vestnik LGU im. V. Dalya. 2021. №6(48). S.63-69.
2. Aulin V.V., Zamota T.N., Panayotov K.K. Obosnovanie ispol'zovaniya sovremennykh podkhodov dlya usovershenstvovaniya diagnostirovaniya sistem i agregatov avtomobilya // Tsentral' noukraïns'kiy naukoviy visnik. Tekhnichni nauki. 2019. Vip. 2(33). S. 65-76.
3. Krupitsa O.V., Zamota T.N., Panayotov K.K., Karaichev A.A. Raspredeleonnaya intellektual'naya sistema udalenoï diagnostiki transportnykh sredstv po kanalu WI-FI // Sbornik tezisev dokladov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii priurochennoy 100-letiyu Luganskogo natsional'nogo universiteta im. V. Dalya. Lugansk: VNU im. V. Dalya. 2020. 100 s.
4. Krupitsa O.V. Matematicheskaya model' perekhodnykh protsessov v sisteme zazhiganiya dvigateley vnutrennego sgoraniya // Vestnik LGU im. V. Dalya. №7(61). 2022. S. 85-95.
5. Zamota T.N., Panayotov K.K., Krupitsa O.V. Usovershenstvovanie sistemy tekhnicheskogo obsluzhivaniya transportnykh sredstv putem analiza potoka otkazov i vyyavleniya prichin ikh poyavleniya // Vestnik LGU im. V. Dalya. 2021. №6(48). S. 63-69.
6. Sychev A.M., Rodionov A.I. Modelirovanie protsessov v sisteme zazhiganiya benzinovogo dvigatelya vnutrennego sgoraniya // Aktual'nye voprosy organizatsii avtomobil'nykh perevozok, bezopasnosti dvizheniya i ekspluatatsii transportnykh sredstv: Sbornik nauchnykh trudov po materialam XVI Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. Saratov: Saratovskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet imeni Gagarina YU.A., 2021. S. 256-261. EDN YAMGCG.
7. G. S. Kornilov, Nguen Chung Kyong, Fam Hyu Tan, Do Ngok Toan. Matematicheskoe modelirovanie i optimizatsiya sistem zazhiganiya dvigateley maloy moshchnosti // Sistemy upravleniya i informatsionnye tekhnologii. 2006. №4-2(26). S. 245-248. EDN JWXAWX.
8. Shukhanov S.N., Altukhova T.A., Altukhov S.V. Analiticheskoe opisanie iskroobrazovaniya v sisteme zazhiganiya porshnevnykh benzinovykh dvigateley // Agrotekhnika i energoobespechenie. 2022. №1(34). S. 55-62. EDN LMIHUA.
9. Agureev I.E., Maliovanov M.V., Rad'ko A.E., Hmelev R.N. Razrabotka matematicheskoy modeli sistemy upravleniya avtomobil'nyim dvigatelem s iskrovym zazhiganiem // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. 2015. №5-1. S. 8-13. EDN TZKOAB.
10. Nefed'ev A.I., Gusev V.G., Nefed'ev D.I., Sharonova V.G. Kontrol' parametrov iskrovogo razryada v dvigatele vnutrennego sgoraniya // Izmerenie. Monitoring. Upravlenie. Kontrol'. 2020. №4(34). S. 51-57. DOI 10.21685/2307-5538-2020-4-6. EDN ZKOOZQ.
11. Kyuregyan N.S., Golentsov D.A., Flanden V.S. Opyt issledovaniy i perspektivy primeneniya sistemy diagnostiki razryadnykh protsessov v svechakh zazhiganiya pri zapuskakh aviadvigateley // Dvigatel'. 2019. №2(122). S. 2-6. EDN IUPCRI.
12. ZHeglov V.N. Ustroystvo dlya osushchestvleniya sposoba tekhnicheskogo diagnostirovaniya dvigateley vnutrennego sgoraniya s kompleksnoy sistemoy upravleniya // Kontrol'. Diagnostika. 2010. №7. S. 54-55. EDN MSZCZH.
13. Gizatullin F.A., Salikhov R.M. Vliyanie nakoplennoy energii v emkostnykh sistemakh zazhiganiya GTD i chastoty iskrovnykh razryadov na resurs poluprovodnikovnykh svechey zazhiganiya // Vestnik mashinostroeniya. 2017. №10. S. 27-28. EDN ZVZAOT.
14. Zamorskiy V.V., Nabiullin I.I. Razrabotka modeli sistemy upravleniya DVS s ispol'zovaniem nechetkogo regul'yatora // Problemy sovremennoy nauki i obrazovaniya. 2020. №7(152). S. 16-22. EDN TSCNSQ.
15. Abramchuk F.I., Kabanov A.N., SHvydkiy D.V. Metodika opredeleniya elektricheskikh velichin sistemy iskrovogo zazhiganiya DVS // Avtomobil'nyy transport (Har'kov). 2013. №33. S. 67-70. EDN SBYFSN.

Krupitsa Oleg Vladimirovich
Lugansk State University
Krasnodon Faculty of Engineering and Management (branch)
Address: 294405, Russia, Krasnodon, st. Pervokonnaya, 42
E-mail: kowl1976@mail.ru

Научная статья

УДК 629.33

doi:10.33979/2073-7432-2024-4-2(87)-50-56

С.В. КОРНЕЕВ, В.А. ЛИСИН, С.В. ДОРОШЕНКО, И.И. ШИРЛИН

МОБИЛЬНОЕ ДИАГНОСТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ КАК СРЕДСТВО ЛАБОРАТОРНОГО КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ РАБОТАЮЩИХ МАСЕЛ

***Аннотация.** Рассмотрена возможность использования мобильного оборудования для определения параметров работающих смазочных материалов для оценки текущего технического состояния узлов и агрегатов автомобильной техники. Проведена оценка точности измерений параметров работающих моторных масел мобильными приборами. Даны рекомендации по обеспечению необходимой точности измерений параметров работающего моторного масла.*

***Ключевые слова:** автомобильный транспорт, техническое обслуживание, работающие масла, диагностика технического состояния, точность лабораторных исследований*

Введение

Планово-предупредительная система технического обслуживания автомобильной техники теряет свою эффективность.

Ситуация обусловлена совокупностью факторов: использование смазочных материалов, рассчитанных на стандартные и увеличенные интервалы использования, запрос на снижение стоимости владения техникой за счет максимизации интервалов периодичности технического обслуживания, и внедрение автоматизированных систем управления технологическим процессом эксплуатации техники.

Развитие данной ситуации привело к тому, что автотранспортные предприятия постепенно переходят к комбинированной системе технического обслуживания, когда периодичность технических воздействий согласуется с ресурсом применяемых смазочных материалов, который определяется предварительно на основе оценки динамики ключевых физико-химических показателей и темпов накопления продуктов изнашивания и загрязнений.

Таким образом, наработка техники, при которой изменение одного или нескольких ключевых показателей работающего смазочного материала достигает величины браковочных значений, определяет ресурс масла и назначается интервалом его замены и, соответственно, обуславливает межсервисные интервалы.

Сложившаяся система имеет существенный недостаток, который влияет на надежность техники, так как в условиях реальной эксплуатации техники на увеличенных интервалах могут возникать скрытые неисправности узлов и агрегатов, которые оказывают существенное влияние на ресурс смазочного материала (рис. 1) и не могут быть своевременно выявлены обычными методами. Поэтому, при увеличении межсервисных интервалов необходимо внедрять методы оперативной диагностики, например, определение состояния узлов и агрегатов по параметрам работающего масла.

Компания ООО «Газпромнефть-СМ» разработала и успешно применяет сервис оперативной оценки состояния техники по параметрам работающего моторного масла.

Эксперты компании, используя уникальный комплект мобильного диагностического оборудования и запатентованное программное обеспечение, с 2014 года исследовали более 60 000 проб на 1100 площадках своих партнёров. Накопленный опыт реализации технического сервиса масштабирован сетью из 32 эксперт центров на территории РФ, стран ближнего и дальнего зарубежья.

Комплект мобильного диагностического оборудования включает в себя: вискозиметр, ИК-спектрометр и xRf-спектрометр. Приборы комплекта позволяют оперативно, точно и с минимальными затратами определять физико-химические показатели моторных масел, степень их загрязнения посторонними веществами, механическими примесями и элементами износа.

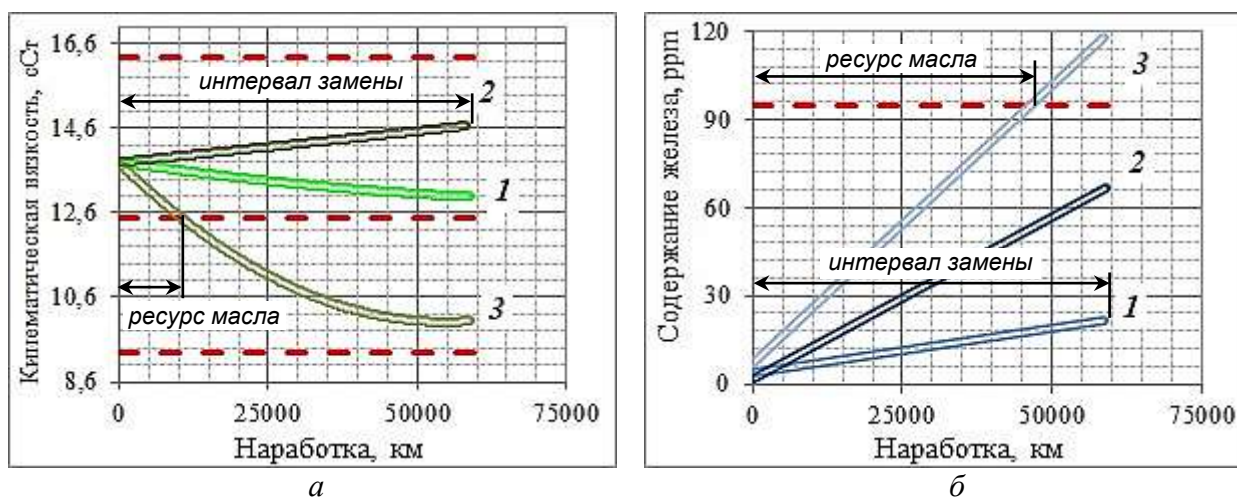


Рисунок 1 – Влияние отклонений в работе системы питания двигателя на параметры и ресурс моторного масла:

а – изменение кинематической вязкости; *б* – изменение скорости изнашивания деталей;

1 – нормальная работа системы; 2 – загрязнение масла сажей (до 4,2 %); 3 – загрязнение масла топливом (до 3,2 %)

Совокупность полученных данных позволяет с высокой точностью диагностировать состояние механизмов и систем двигателя, определять текущий запас эксплуатационных свойств моторного масла и прогнозировать его ресурс до замены.

Достоверность полученных результатов обеспечивается использованием апробированных методов исследования, регулярной поверкой используемого оборудования, периодической оценкой сходимости результатов измерений приборами комплекта мобильного диагностического оборудования и независимыми лабораториями.

Для определения параметров моторных масел, используются следующие методы (табл.1).

Таблица 1 – Методы определения параметров работающего масла

№ п/п	Показатель масла	Метод измерения	Паспортная погрешность прибора
1	Содержание гликоля	ASTM E2412	не более 3 %
2	Содержание сажи	ASTM D7889	не более 3 %
3	Содержание воды	ASTM D6304 (корреляция)	не более 3 %
4	Степень окисления	ASTM D7889	не более 3 %
5	Степень нитрования	ASTM D7889	не более 3 %
6	Степень сульфатации	ASTM D7889	не более 3 %
7	Щелочное число	ASTM D4739 (корреляция), ASTM D2896 (корреляция)	не более 3 %
8	Кислотное число	ASTM D664 (корреляция)	не более 3%
9	Кинематическая вязкость	ASTM D8092	не более 3%
10	Содержание мех. примесей и металлов	DIN EN 61010-1	не более 10 %; отдельные элементы не более 20 %

Каждый используемый прибор внесен в Государственный реестр средств измерений, имеет «Свидетельство об утверждении типа средства измерения», проходит ежегодную поверку, подтвержденную сертификатом соответствия.

Цель работы: дать оценку точности измерений параметров работающего моторного масла мобильным диагностическим оборудованием.

Материал и методы

Параметры моторных масел класса SAE 10W-40, уровень свойств по API SG/CD, работающих в дизельном и бензиновом двигателях, полученные в ходе исследований проб мобильным диагностическим оборудованием и оборудованием независимого исследовательского центра.

Теория

Далее и ниже рассмотрим вопрос верификации результатов исследований, полученных мобильным диагностическим оборудованием, в сравнении с результатами измерений, полученных на стационарных приборах независимыми лабораториями на примере исследования проб работающих моторных масел.

Двигатель автомобиля является наиболее сложным и ответственным узлом, к тому же чаще всего, именно ресурс моторного масла определяет интервалы технического обслуживания, поэтому точность определения ключевых параметров работающего моторного масла представляется важной научно-технической задачей.

К ключевым показателям моторного масла, относятся [13]:

- кинематическая вязкость (характеризует вязкостно-температурные свойства);
- щелочное число (характеризует нейтрализующие, моющие и диспергирующие свойства);
- концентрация железа (характеризует скорость изнашивания деталей двигателя).

Другие параметры рассматриваются при отклонении ключевых показателей за границы допустимых значений, для уточнения причин выявленных отклонений.

Допустимые значения ключевых показателей устанавливаются производителями техники [1], а при их отсутствии – назначаются на основании общепринятых рекомендаций [14].

Результаты и обсуждение

Для оценки точности измерений показателей работающего моторного масла, были отобраны пробы (из систем смазки бензинового и дизельного двигателя). Объем каждой пробы был разделен на 20 частей, из которых одна половина была исследована с помощью мобильных приборов (МДО), вторая – отправлена в независимый исследовательский центр (НИЦ). Полученные результаты представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 – Результаты исследований проб работавшего масла бензинового двигателя

Показатель работающего масла	Численное значение показателя										Среднее значение	Величина погрешности			
	Проба 1	Проба 2	Проба 3	Проба 4	Проба 5	Проба 6	Проба 7	Проба 8	Проба 9	Проба 10		Случайная погрешность	Приборная погрешность	Полная погрешность	Относительная погрешность
Измерения НИЦ															
КВ100 ¹	10,84	10,84	10,86	10,87	10,87	10,87	10,85	10,87	10,84	10,89	10,86	0,036	0,038	0,052	0,482
КВ40 ²	65,88	65,87	66,32	65,87	66,36	66,35	65,88	66,32	65,95	66,38	66,12	0,512	0,231	0,562	0,850
ТВN ³	6,51	6,81	6,60	6,49	6,60	6,60	6,71	6,68	6,63	6,67	6,63	0,199	0,199	0,281	4,243
Железо ⁴	93,00	105,00	107,00	99,00	106,00	106,00	98,00	93,00	103,00	94,00	100,40	12,059	3,012	12,429	12,379
Измерения МДО															
КВ100 ¹	10,80	10,70	11,00	10,90	10,90	10,90	10,80	10,90	10,80	11,00	10,87	0,207	0,326	0,386	3,553
КВ40 ²	65,90	65,80	66,40	65,90	66,30	66,30	65,90	66,30	65,90	66,40	66,11	0,539	1,983	2,055	3,109
ТВN ³	6,20	6,10	6,20	6,20	6,20	6,20	6,30	6,20	6,20	6,20	6,20	0,103	0,186	0,213	3,428
Железо ⁴	79,00	77,00	70,00	73,00	73,00	73,00	76,00	75,00	69,00	70,00	73,50	7,145	7,350	10,250	13,946

КВ100¹ – кинематическая вязкость при 100° С, сСт;

КВ40² – кинематическая вязкость при 40° С, сСт;

ТВN³ – щелочное число, мг КОН/г;

Железо⁴ – концентрация железа, ppm

Таблица 3 – Результаты исследований проб работавшего масла дизельного двигателя

Показатель работающего масла	Численное значение показателя										Среднее значение	Величина погрешности			
	Проба 1	Проба 2	Проба 3	Проба 4	Проба 5	Проба 6	Проба 7	Проба 8	Проба 9	Проба 10		Случайная погрешность	Приборная погрешность	Полная погрешность	Относительная погрешность
Измерения НИЦ															
КВ100 ¹	12,93	12,93	12,95	12,93	12,96	12,96	12,93	12,95	12,96	12,97	12,95	0,033	0,045	0,390	3,011
КВ40 ²	86,67	86,65	87,18	86,67	87,18	87,19	86,67	88,54	87,19	87,18	87,11	1,194	0,305	2,873	3,298
ТВН ³	5,78	5,76	5,71	5,70	5,74	5,73	5,77	5,70	5,72	5,74	5,74	0,060	0,172	0,182	3,177
Железо ⁴	47,00	48,00	50,00	52,00	50,00	49,00	49,00	46,00	48,00	46,00	48,50	4,020	1,455	4,275	8,815
Измерения МДО															
КВ100 ¹	13,20	13,20	12,90	13,20	13,00	12,90	12,90	12,80	12,80	12,70	12,96	0,389	0,389	0,550	4,243
КВ40 ²	86,10	86,10	83,70	86,30	84,70	83,70	83,50	83,20	83,40	82,00	84,27	3,098	2,528	3,999	4,745
ТВН ³	6,70	6,70	6,70	6,70	6,60	6,60	6,60	6,70	6,70	6,70	6,67	0,102	0,200	0,225	3,369
Железо ⁴	37,00	37,00	37,00	38,00	34,00	41,00	39,00	37,00	39,00	38,00	37,70	3,869	3,770	5,402	14,329

КВ100¹ – кинематическая вязкость при 100°С, сСт;

КВ40² – кинематическая вязкость при 40°С, сСт;

ТВН³ – щелочное число, мг КОН/г;

Железо⁴ – концентрация железа, ppm

Анализ результатов расчета погрешностей измерений независимой лаборатории и мобильных приборов, показывает сопоставимую точность определения численных значений показателей работающего масла – случайная погрешность для измерений щелочного числа, соответственно, равны 0,199 мг КОН/г и 0,103 мг КОН/г (для бензинового двигателя) и 0,06 мг КОН/г и 0,102 мг КОН/г (для дизеля). Случайные погрешности при определении концентрации железа для НИЦ и МДО, соответственно, 12 ppm и 7 ppm (для бензинового двигателя), 4 ppm и 3,8 ppm (для дизеля).

Таблица 4 – Сравнение результатов исследований МДО с результатами измерений НИЦ

Показатель работающего масла	Отклонение численного значения показателя										Среднее отклонение	Относительное отклонение
	Проба 1	Проба 2	Проба 3	Проба 4	Проба 5	Проба 6	Проба 7	Проба 8	Проба 9	Проба 10		
Бензиновый двигатель												
Δ ¹ КВ100	0,04	0,14	-0,14	-0,03	-0,03	-0,03	0,05	-0,03	0,04	-0,11	-0,01	-0,09
ΔКВ40	-0,02	0,07	-0,08	-0,03	0,06	0,05	-0,02	0,02	0,05	-0,02	0,01	0,01
ΔТВН	0,31	0,71	0,40	0,29	0,40	0,40	0,41	0,48	0,43	0,47	0,43	6,49
ΔЖелезо	14,00	28,00	37,00	26,00	33,00	33,00	22,00	18,00	34,00	24,00	26,90	26,79
Дизельный двигатель												
ΔКВ100	-0,27	-0,27	0,05	-0,27	-0,04	0,06	0,03	0,15	0,16	0,27	-0,01	-0,10
ΔКВ40	0,57	0,55	3,48	0,37	2,48	3,49	3,17	5,34	3,79	5,18	2,84	3,26
ΔТВН	-0,92	-0,94	-0,99	-1,00	-0,86	-0,87	-0,83	-1,00	-0,98	-0,96	-0,94	-16,30
ΔЖелезо	10,00	11,00	13,00	14,00	16,00	8,00	10,00	9,00	9,00	8,00	10,80	22,27

Δ¹ – разность численных значений показателя, полученного в НИЦ и с помощью МДО

Анализ средних значений, полученных приборами стационарной лаборатории и мобильными приборами, показывает:

- численные значения кинематической вязкости при 100°С совпадают до второго знака после запятой;

- численные значения щелочного числа и концентрации железа имеют устойчивое смещение, что позволяет повысить воспроизводимость измерений средствами МДО за счет введения поправки (табл. 4).

Анализ отклонений численных значений показателей работающего масла, полученных приборами НИЦ и МДО, позволяет сформулировать следующие рекомендации:

1) при использовании приборов мобильного диагностического оборудования, необходимо строго следовать методике проведения измерений.

2) перед измерением параметров работающего масла, необходимо провести измерение пробы свежего масла той же партии, чтобы получить поправочные значения на основе известных значений из паспорта качества продукта.

3) целесообразно повторять измерение кинематической вязкости не менее трех раз. В качестве измеренного значения следует использовать среднее арифметическое от полученных измерений.

Выводы

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1) использование мобильного диагностического оборудования для оценки текущего состояния узлов и агрегатов техники позволяет оперативно и с достаточной точностью выявлять возможные скрытые неисправности узлов и агрегатов.

2) численные значения основных параметров работающего моторного масла, полученные приборами независимого испытательного центра, имеют достаточную воспроизводимость мобильными приборами.

3) для обеспечения высокой точности измерений мобильными строгое следование методике лабораторных исследований и выполнение рекомендаций.

Таким образом, комплект мобильного диагностического оборудования, как средство лабораторного контроля, по количеству измеряемых параметров не уступает возможностям оборудования стационарных лабораторий. При этом, позволяет в кратчайшие сроки решать вопросы диагностики техники непосредственно на месте её эксплуатации с точностью, достаточной для формирования рекомендаций по решению практических задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Cummins: Бюллетень по техобслуживанию №4388840. 2015.
2. Абашкин Р.И., Алехин А.В. Изменение моторного масла в процессе эксплуатации в двигателях внутреннего сгорания // Наука и Образование. 2022. Т. 5. №2.
3. Авлиёкулов Ж.С., Нарзиев С.О., Магдиев Ш.П. Исследование периодичности замены моторного масла в условиях эксплуатации // Вестник науки и образования. 2021. №9-3 (112). С. 16-19.
4. Бакулина В.Д., Корнеев С.В., Дорошенко С.В., Ширлин И.И. Оценка влияния отдельных физико-химических показателей моторных масел на содержание продуктов износа при эксплуатации двигателей автомобилей // Динамика систем, механизмов и машин. 2022. Т. 10. № 4. С. 2-6
5. Бойков Д.В., Бугай Т.Б., Воронов Г.В. Оценка способности моторных масел удерживать сажу в мелкодисперсном взвешенном состоянии в дизеле ЯМЗ-652 // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. 2018. №2. С. 30-33.
6. Гимбицкая Л.А., Гимбицкий В.А. К вопросу о загрязнениях моторных масел // НАУКА РОССИИ: ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ: Сборник научных трудов по материалам XXIX международной научной конференции. Екатеринбург. 2021. С. 88-92.
7. Денисов А.С., Носов А.О., Кожинская А.В., Платонов В.В. Оценка состояния дизельного двигателя по параметрам рабочего масла // АвтоГазоЗаправочный комплекс + Альтернативное топливо. 2021. Т. 20. №5. С. 222-224.
8. Зазуля А.Н., Белов С.А. Изменение свойств моторного масла во время эксплуатации в дизельном двигателе // Современные методы технической диагностики и неразрушающего контроля деталей и узлов. 2020. №1. С. 5-8.
9. Зленко М.А., Теренченко А.С. Топливо в моторном МАСЛЕ // Автомобильная промышленность. 2022. №6. С. 25-32.
10. Корнеев С.В., Пашукевич С.В., Жаворонкова Я.В., Бакулина В.Д., Ярмович Я.В. Влияние дизельного топлива на окисляемость моторных масел в автомобильных двигателях // Химическая промышленность сегодня. 2019. №6. С. 38-41.

11. Корнеев С.В., Пашукевич С.В., Рыбальский Д.С., Бакулина В.Д., Буравкин Р.В., Мачехин Н.Ю., Ширлин И.И. Влияние качества дизельного топлива на работу двигателя // Омский научный вестник. 2017. №2(152). С. 13-16.
12. Малютин А.И. Изменение кинематической вязкости моторного масла при эксплуатации двигателей // Естественные и технические науки. 2018. №4(118). С. 157-160.
13. Мачехин Н.Ю., Ширлин И.И., Пашукевич С.В. Особенности эксплуатации техники при использовании высококачественных моторных масел с увеличенными интервалами замены. Научный рецензируемый журнал «Вестник СибАДИ». 2019. №16(4). С. 446-454.
14. Морозова Т.С. Разработка и внедрение метода прогнозирования надежности строительных машин по результатам анализа моторных масел и рабочих жидкостей: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04. М., 1978. 172 с.
15. Остриков В.В., Сазонов С.Н., Афоничев Д.Н., Козлов В.Г. Изменение вязкости моторного масла как показатель технического состояния двигателя внутреннего сгорания и свойств смазочного материала // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2019. Т. 12. №3(62). С. 54-61.
16. Рахманов А.А. Влияние эксплуатационных условий изменения свойств моторных масел и рабочих жидкостей // Вестник науки. 2023. Т. 2. №4(61). С. 199-203.

Корнеев Сергей Васильевич

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)
Адрес: 644050, Россия, г. Омск, ул. Проспект Мира, 5
Д.т.н., профессор кафедры Автоматизация и энергетическое машиностроение
E-mail: svkorneev51@mail.ru

Лисин Виталий Александрович

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)
Адрес: 644050, Россия, г. Омск, ул. Проспект Мира, 5
К.т.н., доцент кафедры Автомобильный транспорт
E-mail: lisinvitaly@mail.ru

Дорошенко Станислав Владимирович

ООО «Газпромнефть-СМ»
Адрес: 125167, Россия, г. Москва, ул. Ленинградский проспект, 37А, корп. 4
Начальник инженерно-технического управления
E-mail: doroshenko.sv@gazprom-neft.ru

Ширлин Иван Иванович

ООО «Газпромнефть-СМ»
Адрес: 125167, Россия, г. Москва, ул. Ленинградский проспект, 37А, корп. 4
К.т.н., главный специалист отдела технической поддержки автотракторной продукции
E-mail: shirlin.ii@gazprom-neft.ru

S.V. KORNEEV, V.A. LISIN, S.V. DOROSHENKO, I.I. SHIRLIN

MOBILE DIAGNOSTIC EQUIPMENT AS A MEANS OF LABORATORY CONTROL OF THE PARAMETERS OF WORKING LUBRICANTS

***Abstract.** The possibility of using mobile equipment to determine the parameters of working lubricants to assess the current technical condition of components and assemblies of automotive equipment is considered. An assessment of the accuracy of measurements of the parameters of working motor oils by mobile devices has been carried out. Recommendations are given to ensure the necessary accuracy of measurements of the parameters of the running engine oil.*

***Keywords:** road transport, technical maintenance, working lubricants, diagnostics of equipment, accuracy of laboratory tests*

BIBLIOGRAPHY

1. Cummins: Byulleten` po tekhnobsluzhivaniyu №4388840. 2015.
2. Abashkin R.I., Alekhin A.V. Izmenenie motornogo masla v protsesse ekspluatatsii v dvigatelyakh vnutrennego sgoraniya // Nauka i Obrazovanie. 2022. Т. 5. №2.
3. Avliiokulov ZH.S., Narziev S.O., Magdiev SH.P. Issledovanie periodichnosti zameny motornogo masla v usloviyakh ekspluatatsii // Vestnik nauki i obrazovaniya. 2021. №9-3 (112). S. 16-19.

4. Bakulina V.D., Korneev S.V., Doroshenko S.V., Shirlin I.I. Otsenka vliyaniya otdeľnykh fiziko-khimicheskikh pokazateley motornykh masel na sodержание produktov iznosa pri ekspluatatsii dvigateley avtomobiley // *Dinamika sistem, mekhanizmov i mashin*. 2022. T. 10. № 4. S. 2-6
5. Boykov D.V., Bugay T.B., Voronov G.V. Otsenka sposobnosti motornykh masel uderzivat` sazhu v melkodispersnom vzveshennom sostoyanii v dizele YAMZ-652 // *Mir nefteproduktov. Vestnik neftyanykh kompaniy*. 2018. №2. S. 30-33.
6. Gimbitskaya L.A., Gimbitskiy V.A. K voprosu o zagryazneniyakh motornykh masel // *NAUKA ROSSII: TSELI I ZADACHI: Sbornik nauchnykh trudov po materialam XXIX mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii*. Ekaterinburg. 2021. S. 88-92.
7. Denisov A.S., Nosov A.O., Kozhinskaya A.V., Platonov V.V. Otsenka sostoyaniya dizel'nogo dvigatelya po parametram rabocheho masla // *AvtoGazoZapravochnyy kompleks + Al'ternativnoe toplivo*. 2021. T. 20. №5. S. 222-224.
8. Zazulya A.N., Belov S.A. Izmenenie svoystv motornogo masla vo vremya ekspluatatsii v dizel'nom dvigatele // *Sovremennye metody tekhnicheskoy diagnostiki i nerazrushayushchego kontrolya detaley i uzlov*. 2020. №1. S. 5-8.
9. Zlenko M.A., Terenchenko A.S. Toplivo v motornom MASLE // *Avtomobil'naya promyshlennost`*. 2022. №6. S. 25-32.
10. Korneev S.V., Pashukevich S.V., ZHavoronkova YA.V., Bakulina V.D., YArmovich YA.V. Vliyanie dizel'nogo topliva na okislyaemost` motornykh masel v avtomobil'nykh dvigatelyakh // *Himicheskaya promyshlennost` sego-dnya*. 2019. №6. S. 38-41.
11. Korneev S.V., Pashukevich S.V., Rybal'skiy D.S., Bakulina V.D., Buravkin R.V., Machekhin N.YU., Shirlin I.I. Vliyanie kachestva dizel'nogo topliva na rabotu dvigatelya // *Omskiy nauchnyy vestnik*. 2017. №2(152). S. 13-16.
12. Malutin A.I. Izmenenie kinematcheskoy vyazkosti motornogo masla pri ekspluatatsii dvigateley // *Estestvennye i tekhnicheskije nauki*. 2018. №4(118). S. 157-160.
13. Machekhin N.YU., Shirlin I.I., Pashukevich S.V. Osobennosti ekspluatatsii tekhniki pri ispol'zovanii vysokokachestvennykh motornykh masel s uvelichennymi intervalami zameny. *Nauchnyy retsenziruemyy zhurnal "Vestnik SibADI"*. 2019. №16(4). S. 446-454.
14. Morozova T.S. Razrabotka i vnedrenie metoda prognozirovaniya nadezhnosti stroitel'nykh mashin po rezul'tatam analiza motornykh masel i rabochikh zhidkostey: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.05.04. M., 1978. 172 s.
15. Ostrikov V.V., Sazonov S.N., Afonichev D.N., Kozlov V.G. Izmenenie vyazkosti motornogo masla kak pokazatel` tekhnicheskogo sostoyaniya dvigatelya vnutrennego sgoraniya i svoystv smazochnogo materiala // *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2019. T. 12. №3(62). S. 54-61.
16. Rakhmanov A.A. Vliyanie ekspluatatsionnykh usloviy izmeneniya svoystv motornykh masel i rabochikh zhidkostey // *Vestnik nauki*. 2023. T. 2. №4(61). S. 199-203.

Korneev Sergey Vasilevich

Siberian State Automobile and Highway University (SibADI)
Address: 644050, Russia, Omsk, Prospekt Mira, 5
Doctor of Technical Sciences
E-mail: svkorneev51@mail.ru

Doroshenko Stanislav Vladimirovich

Gazpromneft-Lubricants, LTD
Address: 125167, Russia, Moscow
Head of Engineering and Technical Department
E-mail: doroshenko.sv@gazprom-neft.ru

Lisin Vitaliy Aleksandrovich

Siberian State Automobile and Highway University (SibADI)
Address: 644050, Russia, Omsk, Prospekt Mira, 5
Candidate of Technical Sciences
E-mail: lisinvitaly@mail.ru

Shirlin Ivan Ivanovich

Gazpromneft-Lubricants, LTD
Address: 125167, Russia, Moscow
Candidate of Technical Sciences
E-mail: shirlin.ii@gazprom-neft.ru

Научная статья

УДК 656.1

doi:10.33979/2073-7432-2024-4-2(87)-57-61

Л.О. САВИН, С.Н. ЛАЗАРЕВ, А.А. СТАТИНОВА

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ АВАРИЙНОСТИ ПРИ УСЛОВИИ ВОДИТЕЛЬ-ЖЕНЩИНА

***Аннотация.** В статье проведен краткий анализ мероприятий, направленных на повышение эффективности функционирования системы дорожного движения в Российской Федерации. Представлены количественные соотношения аварийности среди водителей-женщин и водителей-мужчин в 2023 году. Поднята проблема низкой динамики снижения аварийности среди водителей-женщин.*

***Ключевые слова:** безопасность дорожного движения, стратегия безопасности дорожного движения, водитель, аварийность, статистический анализ*

Введение

Безопасность дорожного движения является одним из основных направлений социальной политики Российской Федерации (РФ). Так, 8 января 2018 года распоряжением Правительства РФ № 1-р была утверждена Стратегия безопасности дорожного движения в РФ на 2018-2024 годы, учитывающая долгосрочные прогнозы (до 2030 года) по развитию России в различных направлениях (рис. 1) [2]. Основными направлениями для формирования и реализации государственной политики в области безопасности дорожного движения на федеральном, региональном, муниципальном и межотраслевом уровнях являются:

- изменение поведения участников дорожного движения с целью безусловного соблюдения норм и правил в дорожном движении;
- повышение защищенности от дорожно-транспортных происшествий (ДТП) и их последствий наиболее уязвимых участников дорожного движения, прежде всего детей и пешеходов;
- совершенствование улично-дорожной сети по условиям безопасности дорожного движения, включая развитие работ по организации дорожного движения;
- совершенствование организационно-правовых механизмов допуска транспортных средств и их водителей к участию в дорожном движении;
- совершенствование системы управления безопасностью дорожного движения;
- развитие системы оказания помощи и спасения пострадавших в результате дорожно-транспортных происшествий.

Материал и методы

С каждым годом в правила дорожного движения вносится все больше изменений, направленных на повышение состояния безопасности дорожного движения [6]. Наряду с этим, ужесточаются наказания за нарушения правил дорожного движения и эксплуатации транспортных средств. Так, введены и (или) увеличены штрафы за управление транспортным средством с поврежденными ремнями безопасности и некоторыми другими неисправностями. За повторное управление транспортным средством в состоянии алкогольного опьянения, выезда на встречную полосу движения, превышения скорости движения более, чем на 60 км/час, предусмотрено уголовное наказание с безальтернативным лишением прав управления транспортными средствами. Кроме того, современные системы видеонаблюдения оснащены искусственным интеллектом, который не только фиксирует транспорт нарушителя, но и анализирует состояние и поведение самого водителя [8]: пристегнут ли он ремнем безопасности или нет, отвлекается ли он при движении на разговор по телефону, который не оборудован техническим устройством, позволяющим вести переговоры без помощи рук и другие [11].

В логистических компаниях и в автопарках, обслуживающих граждан, в транспортных средствах устанавливают электронные системы, контролирующие водителя на состояние усталости.



Рисунок 1 - Основные направления реализации Стратегии безопасности дорожного движения в Российской Федерации

Теория

По данным ГИБДД [12], публикуемых в открытых источниках, общее число ДТП за 2023 год составило 132466 происшествий, из них совершенные водителями-мужчинами – 91779, водителями-женщинами – 17012. На рисунке 2 представлены статистические данные количества ДТП в 2020 и 2023 годах.

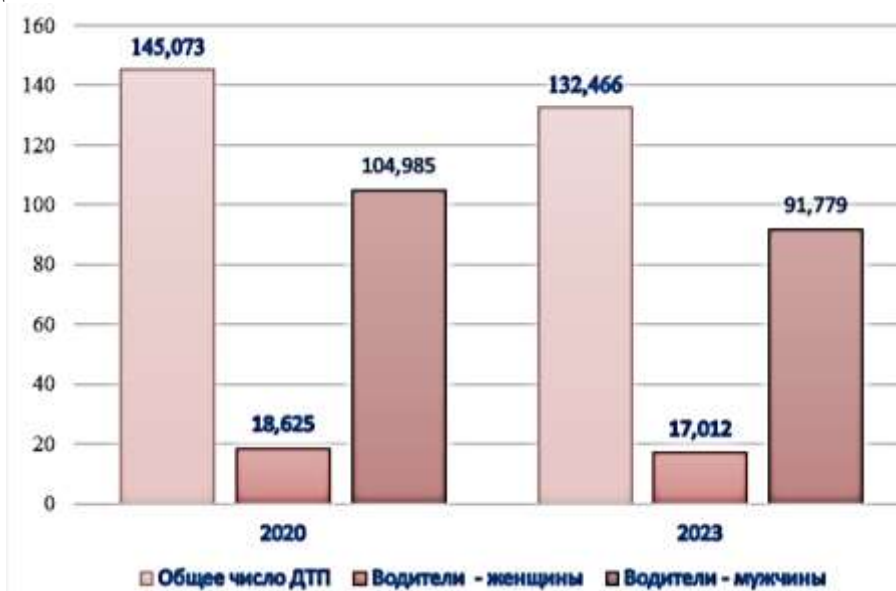


Рисунок 2 - Динамика количества ДТП на 2020 и 2023 годы

Проведя сравнительный анализ количества ДТП, совершенных в 2020 [7] и 2023 [12] годах, можно отметить, что общее их количество снизилось на 17 %. В том числе, изменилось количественное соотношение происшествий, совершенных водителями-мужчинами и водителями-женщинами: количество ДТП при участии водителей мужского пола значительно снизилось, а динамика в отношении водителей женского пола не так заметна. Таким образом, можно сделать вывод, что снижение общего числа ДТП связано в большей мере со снижением аварийности среди водителей-мужчин.

В то же время, низкая динамика снижения дорожных происшествий из числа прекрасного пола может быть связана с их поведением на дороге [5], низкими навыками управления транспортными средствами. Ведь бытует мнение «Женщина за рулём – машина без водите-

ля». На первый взгляд, приведенные выше факты подтверждают потенциальную опасность водителя-женщины, но так ли это на самом деле?

По данным Росстата [13] на первое января 2023 года численное соотношение мужского и женского населения составило соответственно 68092712 к 78354712 человек. Заметно, что женщин гораздо больше, чем мужчин. Кроме того, современные реалии таковы, что женщины все больше занимаются делами, которые на первый взгляд присущи только мужчинам [14]. Так, например, в [13] приведены сведения о том, что на законодательном уровне был значительно уменьшен список профессий, к которым не допускались женщины. Список был сужен с порядка 400 профессий до 100 [7]. Для женщин-водителей расширился спектр возможностей управления многими видами транспорта, в том числе и грузовыми автомобилями.

В связи с этим можно предположить, что женщин-водителей стало значительно больше на дороге за счет увеличения примерно на 75 % численности возможных для них профессий.

Результаты и обсуждение

Производя анализ каких-либо социальных явлений сегодня важно учитывать факт проведения специальной военной операции (СВО) на территории Украины. В сентябре 2022 года была проведена частичная мобилизация, по результатам которой было мобилизовано порядка 300000 человек (302503), большая часть из которых составляют мужчины [9] (рис. 3). Также продолжается отток мужского населения и в добровольном порядке. Таким образом, можно предположить, что общее число мужчин, участвующих в дорожном движении в качестве водителей сокращается. Данная тенденция приводит к увеличению числа женщин-водителей на дорогах, а, следовательно, и к увеличению аварийности при их участии.



Рисунок 3 - Соотношение числа мужчин и женщин, зарегистрированных в РФ, учитывая мобилизованных

По сведениям ГИБДД [12], летальность ДТП при участии водителей-женщин и водителей-мужчин значительно различаются. Анализ показал, что женщины гораздо реже, чем мужчины совершают ДТП, в которых имеются пострадавшие (рис. 4).

Соотнося друг с другом данные о количестве ДТП, их травматизм, летальность и численное соотношение мужского и женского пола за рулём, можно говорить о том, что низкая динамика по сокращению ДТП среди женщин-водителей не свидетельствует об их манере вождения [4], а является следствием сокращения водителей-мужчин на дороге.

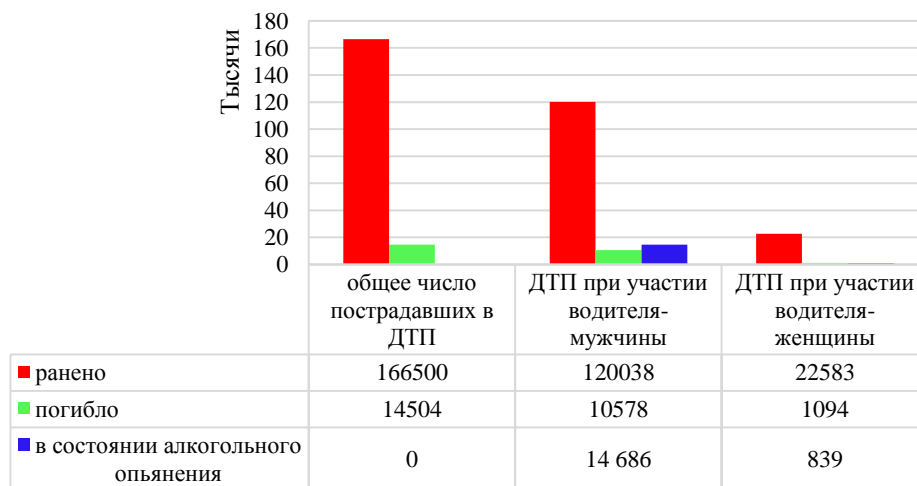


Рисунок 4 - Показатели дорожно-транспортного травматизма в 2023 году

Таким образом, вышеприведенный статистический анализ свидетельствует о том, что факт женской аварийности не представляет собой особой опасности для жизни и здоровья участников дорожного движения. ДТП, в которых виновником являются водители-женщины, реже заканчиваются серьезными травмами. В большинстве своем они связаны с причинением материального ущерба.

То есть, несмотря на низкую динамику снижения аварийности среди женщин-водителей по сравнению с мужчинами, данная категория водителей продолжает оставаться более безопасной для жизни и здоровья людей на дороге.

В основу действий по обеспечению безопасности дорожного движения на 2021-2030 годы заложен безопасный системный подход, заключающийся в комплексном воздействии на функционирование дорожно-транспортной системы [10], состоящей из безопасной дороги, безопасного транспортного средства, безопасного участника дорожного движения и эффективного реагирования после ДТП. В этой системе участник дорожного движения является ключевой фигурой, требующей непрерывного воздействия с целью привития безопасного поведения на дороге. В свою очередь, методы этого воздействия должны выбираться исходя из категории граждан – участников дорожного движения, в частности, водителей.

Вывод

Одной из главных целей реализации Стратегии безопасности дорожного движения является снижение смертности и травматизма на дорогах до минимума [3]. По этой причине непрерывный анализ динамики аварийности среди водителей-женщин и мужчин на фоне роста числа водителей женского пола, а также формирование на основе этого анализа методов воздействия на участников дорожного движения требует особого внимания при перспективном определении путей реализации стратегии «Россия без ДТП».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гуменюк Г.Х., Кустов П.В. К вопросу о факторах, оказывающих воздействие на безопасность дорожного движения // Сборник статей по материалам ежегодной всероссийской научно-практической конференции (Сорокинские чтения): в 3-х томах. 2016. С. 36-43.
2. Об утверждении Стратегии безопасности дорожного движения в Российской Федерации на 2018-2024 годы [Электронный ресурс]: Распоряжение Правительства РФ от 08.01.2018 №1-р. Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс». URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_288413/29ae80d4126afbe29d49bcf357ffd9c22be36b51.
3. Верещак С.Б., Верещак А.В., Белов Е.Л. Обеспечение безопасности участников дорожного движения в контексте стратегии безопасности дорожного движения в Российской Федерации // Сборник материалов VIII Международной научно-практической конференции, посвященной 25-летию Конституции Российской Федерации. 2018. С. 188-193.
4. Баранов Ю.Н., Ставцева А.А., Тарусова М.С., Милина М.Ю. Определение психотипа у водителей - как фактор повышения безопасности дорожного движения // Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции. 2018. С. 52-54.
5. Астрейко Н.С. Стиль вождения автомобиля: половые различия и психологические предикторы // Журнал Белорусского государственного университета. Философия. Психология. 2019. №2. С. 01-107.
6. Степанов И.В., Никишкин А.В., Степановских В.В. Безопасность дорожного движения, проблемы аварийности и пути повышения безопасности // Сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2020. С. 202-205.
7. Савин Л.О., Лазарев С.Н., Иванова А.А. Анализ безопасности дорожного движения при условии водитель-женщина // Автомобили, Транспортные Системы И Процессы: Настоящее, прошлое и будущее: Сборник статей 3-й Международной научно-технической конференции. Курск, 2021.
8. Воронов А.М., Леонов С.И. Перспективные направления применения инновационных технологий обеспечения безопасности дорожного движения в контексте транспортной безопасности современной России // Актуальные проблемы административного права и процесса. 2021. №1. С. 30-36.
9. Итоги деятельности Вооруженных Сил Российской Федерации в 2023 году [Электронный ресурс]. URL: <https://itogi2023.mil.ru/?ysclid=lu5sj1io72474160452>
10. Былинин И.А., Казаков Я.Р. К вопросу о пропаганде безопасности дорожного движения: современные проблемы и перспективы // Современная наука. 2023. №3. С. 11-13.
11. Маливанов И.А., Гальцев Ю.М. Повышение безопасности дорожного движения посредством внедрения новых технологий в систему обеспечения безопасности дорожного движения // Сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции. Стерлитамак, 2024. С. 44-46.
12. Официальный сайт ГИБДД России [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gibdd.ru>.
13. Сведения о численности женщин и мужчин в России [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13215>.
14. Ильин Е.П. Пол и гендер: Питер, 2010. 688 с.

Савин Леонид Олегович

Академия ФСО

Адрес: 302015, Россия, г. Орёл, ул. Приборостроительная, 35

Сотрудник

E-mail: leonidys77@yandex.ru

Лазарев Сергей Николаевич

Академия ФСО

Адрес: 302015, Россия, г. Орёл, ул. Приборостроительная, 35

Сотрудник

E-mail: serg.orel@mail.ru

Статинова Анастасия Александровна

Академия ФСО

Адрес: 302015, Россия, г. Орёл, ул. Приборостроительная, 35

Сотрудник

E-mail: ms.statinova@mail.ru

L.O. SAVIN, S.N. LAZAREV, A.A. STATINOVA

THE PROBLEM OF LOW DYNAMICS OF ACCIDENT RATE REDUCTION AMONG WOMEN DRIVERS

Abstract. *The article considers the issue of road safety in the Russian Federation for 2023. The article analyzes current statistical data on the problem of changes in the quantitative ratio of accidents among female and male drivers and identifies some reasons for these changes.*

Keywords: *road safety, road safety strategy, driver, accident rate, statistical analysis*

BIBLIOGRAPHY

1. Gumenyuk G.H., Kustov P.V. K voprosu o faktorakh, okazyvayushchikh vozdeystvie na bezopasnost` dorozhnogo dvizheniya // Sbornik statey po materialam ezhegodnoy vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (Sorokinskie chteniya): v 3-kh tomakh. 2016. S. 36-43.
2. Ob utverzhdenii Strategii bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v Rossiyskoy Federatsii na 2018-2024 gody [Elektronnyy resurs]: Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 08.01.2018 №1-r. Dostup iz spravochno-pravovoy sistemy «Konsul'tantPlyus». URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_288413/29ae80d4126afbe29d49bcf357ffd9c22be36b51.
3. Vereshchak S.B., Vereshchak A.V., Belov E.L. Obespechenie bezopasnosti uchastnikov dorozhnogo dvizheniya v kontekste strategii bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v Rossiyskoy Federatsii // Sbornik materialov VIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 25-letiyu Konstitutsii Rossiyskoy Federatsii. 2018. S. 188-193.
4. Baranov YU.N., Stavtseva A.A., Tarusova M.S., Milina M.YU. Opredelenie psikhotipa u voditeley - kak faktor povysheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya // Sbornik statey po materialam mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 2018. S. 52-54.
5. Astreyko N.S. Stil` vozhdeniya avtomobilya: polovye razlichiya i psikhologicheskie prediktory // ZHurnal Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Filosofiya. Psikhologiya. 2019. №2. S. 01-107.
6. Stepanov I.V., Nikishkin A.V., Stepanovskikh V.V. Bezopasnost` dorozhnogo dvizheniya, problemy avarijnosti i puti povysheniya bezopasnosti // Sbornik materialov II Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh. 2020. S. 202-205.
7. Savin L.O., Lazarev S.N., Ivanova A.A. Analiz bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya pri uslovii voditel`zhenshchina // Avtomobili, Transportnye Sistemy I Protsestry: Nastoyashchee, proshloe i budushchee: Sbornik statey 3-y Mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii. Kursk, 2021.
8. Voronov A.M., Leonov S.I. Perspektivnye napravleniya primeneniya innovatsionnykh tekhnologiy obespecheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v kontekste transportnoy bezopasnosti sovremennoy Rossii // Aktual'nye problemy administrativnogo prava i protsesssa. 2021. №1. S. 30-36.
9. Itogi deyatelnosti Vooruzhennykh Sil Rossiyskoy Federatsii v 2023 godu [Elektronnyy resurs]. URL: <https://itogi2023.mil.ru/?ysclid=lu5sj1io72474160452>
10. Bylinin I.A., Kazakov YA.R. K voprosu o propagande bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya: sovremennye problemy i perspektivy // Sovremennaya nauka. 2023. №3. S. 11-13.
11. Malivanov I.A., Gal'tsev YU.M. Povyshenie bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya posredstvom vnedreniya novykh tekhnologiy v sistemu obespecheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya // Sbornik statey po itogam Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Sterlitamak, 2024. S. 44-46.
12. Ofitsial'nyy sayt GIBDD Rossii [Elektronnyy resurs]. URL: <http://www.gibdd.ru>.
13. Svedeniya o chislennosti zhenshchin i muzhchin v Rossii [Elektronnyy resurs]. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13215>.
14. Il'in E.P. Pol i gender: Piter, 2010. 688 s.

Savin Leonid Olegovich

Russian Federation Security Guard Service Federal Academy

Address: 302015, Russia, Orel, Priborostroitelnaya str., 35

Employee

E-mail: leonidys77@yandex.ru

Statinova Anastasia Alexandrovna

Russian Federation Security Guard Service Federal Academy

Address: 302015, Russia, Orel, Priborostroitelnaya str., 35

Employee

E-mail: ms.statinova@mail.ru

Lazarev Sergey Nikolaevich

Russian Federation Security Guard Service Federal Academy

Address: 302015, Russia, Orel, Priborostroitelnaya str., 35

Employee

E-mail: serg.orel@mail.ru

Научная статья

УДК 656.13

doi:10.33979/2073-7432-2024-4-2(87)-62-73

Д. ХУННА, В.В. ЗЫРЯНОВ, О.Ю. БУЛАТОВА, А.В. КУЛЕВ

ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ДВИЖЕНИЯ С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Аннотация. В статье рассматриваются возможности теории сложных сетей для оценки уязвимости дорожной сети и обеспечения безопасности дорожного движения. На первом шаге с помощью методом Space-L строится структура взвешенной сети автомобильных дорог, далее определяются показатели для измерения степени влияния транспортных узлов в этой взвешенной сети. Затем, основываясь на показателях, связанных с узлами, моделируется уязвимость магистральной сети при различных условиях движения и анализируется уязвимость сети автомобильных дорог в зависимости от времени в пути с использованием данных обследования автомобильных дорог и данных о плате за проезд в регионе провинции Шаньдун. Результаты показывают, что показатели влияния транспортных узлов на функционирование транспортной сети, взвешенные по времени в пути, могут всесторонне учитывать множество факторов сети автомобильных дорог. Блокировка одного узла может снизить эффективность сети до 2,6 %.

Ключевые слова: теория сложных сетей, время в пути, метод удаления, уязвимость транспортной сети, транспортные узлы

Введение

Социальное развитие и ускоренная урбанизация различных регионов существенно повлияли на развитие современных транспортных систем. Однако транспортные системы ежедневно подвергаются таким негативным факторам как дорожно-транспортные происшествия, инциденты, сложные метеоусловия, которые серьезно снижают эффективность эксплуатации автомобильных дорог. Поэтому углубленное исследование уязвимости сетей автомобильных дорог имеет решающее значение для понимания их эксплуатационных характеристик, а также для предотвращения потенциальных рисков и реагирования на них.

В последние годы концепции теории сложных сетей использовались для изучения уязвимости дорожных сетей при использовании различных видов транспорта. Сенкевич изучил сложные сетевые характеристики работы общественного транспорта в 22 городах Польши, доказав, что городские сети общественного транспорта ограничены по своим масштабам [1]. Муерджи провел статистический анализ сети автомобильных дорог Индии и пришел к выводу, что эта сеть характеризуется компактностью и отсутствием масштабирования [2]. Цзяо, используя сеть высокоскоростных железных дорог в качестве объекта исследования, преобразовал модель сети высокоскоростных железных дорог в структуру физической топологии с помощью метода построения сложных сетевых моделей и проанализировал пространственное распределение и надежность сети высокоскоростных железных дорог [3]. Ма построил городскую железнодорожную сеть общественного транспорта и проанализировал изменения в уязвимости сети в соответствии со стратегиями динамических ограничений [4]. Чжан, Димитров и Лопес применили сложные показатели сетевого анализа, такие как степень централизации и промежуточность, для определения ключевых узлов и анализа уязвимости железнодорожных транзитных сетей [5-7]. Дэн построил модель оценки уязвимости дорожной сети и определил уязвимость дорожной сети как чувствительность к нештатным ситуациям [8]. Шимула разработал модель программирования со смешанными целыми числами с точки зрения пассажиропотока и движения поездов для выявления критических звеньев и оценки уязвимости железнодорожных сетей [9]. Чжан и Ян предложили новый метод измерения надежности узлов для оценки важности узлов и проанализировали надежность сетей метро при различных стратегиях преднамеренных атак. Что касается исследований уязвимости дорожной сети, Эль-Рашиди предложил метод оценки уязвимости дорожной

сети путем все стороннего анализа транспортных потоков, дорожных условий и внешних факторов окружающей среды, создав модель оценки уязвимости дорожной сети [10-12]. Махаджан изучил уязвимость каскадных сбоев в системе дорожного движения, выявив и ранжировав ключевые факторы уязвимости с помощью метода DEMATEL и применив модель равновесного распределения пользователей для оптимизации распределения транспортных потоков [13]. Лю предложил метод оценки уязвимости сети автомобильных дорог провинции Альберта, сочетающий требования к трафику и характеристики дорожной структуры [14]. Эсфех предложил вероятностный метод анализа уязвимости дорожной сети, позволяющий всесторонне оценить производительность сети и возможности восстановления при различных сценариях сбоев [15].

При анализе уязвимости сети автомобильных дорог учитывается влияние топологической структуры сети, в то время как критический фактор времени в пути учитывается редко. Фактически, время в пути является одним из наиболее важных показателей для оценки уровня обслуживания сети автомобильных дорог и ключевым фактором, влияющим на выбор маршрута участниками дорожного движения [16]. Таким образом, исследование уязвимости сети автомобильных дорог с учетом времени в пути имеет важное теоретическое и практическое значение.

Материал и методы

В данной статье, основанной на традиционных методах построения сетевой топологии, предлагается взвешенная модель магистральной сети, которая учитывает такие факторы, как транспортный поток и скорость, с целью более точной оценки структуры и функций сети, выявления узлов, которые оказывают наибольшее влияние на уязвимость сети.

Построение взвешенной модели сети автомобильных дорог

Основываясь на теории сложных сетей, сеть абстрагируется как $G = (N, S, W)$, где N - набор узлов в сети автомобильных дорог, $N = \{1, 2, \dots, n\}$, и n - количество узлов в сети автомобильных дорог; S представляет собой набор взаимосвязей между узлами в сети автомобильных дорог, $S = \{S_{ij}\}$, где $i, j \in N$, указывает, что узел i подключен к узлу j , и указывает, что узел i не подключен к узлу j ; W - это набор весовых коэффициентов для участков автомобильных дорог, $W = (w_{ij})$.

Вес w_{ij} представляет собой время в пути по участку дороги, которое рассчитывается с использованием функции BPR. Формула выглядит следующим образом:

$$w_{ij} = t_{ij0} \times \left(1 + \alpha \left(\frac{Q}{C} \right)^\beta \right), \quad (1)$$

где t_{ij0} - время свободного движения по участку дороги, рассчитанное по следующей формуле:

$$t_{ij0} = \frac{L_{ij}}{V_{ij}}, \quad (2)$$

где L_{ij} - это фактическая длина участка дороги;

V_{ij} - расчетная скорость движения на участке дороги;

Q - объем движения, проходящий через участок дороги в данный момент времени;

C - это фактическая пропускная способность участка дороги;

α и β - параметры модели с базовыми значениями 0,15 и 4 соответственно.

2 Показатели степени влияния транспортных узлов на сеть автомобильных дорог

В данной статье предлагаются три показателя степени влияния транспортных узлов на дорожную сеть: взвешенный показатель степени влияния транспортного узла, взвешенный показатель взаимосвязей транспортных узлов и взвешенный показатель PageRank. Эти показатели отражают изменения характеристик функционирования транспортной сети, таких как плотность дорожного движения и выбор определенного маршрута водителями, что позволяет более точно оценивать влияние узлов на транспортную систему, даже если узлы имеют одинаковое количество возможных связей, но разное время в пути.

2.1 Взвешенный показатель степени влияния транспортного узла на функционирование транспортной системы

В теории сложных сетей степень влияния транспортного узла определяется количеством соединяющих его маршрутов, которые могут быть использованы для измерения ключевых узлов в сети. Однако в сети с большим количеством узлов может быть много узлов с одинаковой степенью влияния, что делает ее нечувствительной для построенной здесь сети автомагистралей. Поэтому в этой статье предлагается взвешенная степень влияния для узлов, определяемая как среднее время прохождения всех маршрутов, проходящих через узел. Если взвешенная степень влияния узла мала, это означает, что он тесно связан с другими узлами в сети и играет ключевую роль. Данный показатель рассчитывается по следующей формуле:

$$D_i = \frac{1}{f_i} \sum_{i,j \in N, i \neq j} w_{ij}, \quad (3)$$

где f_i - степень влияния транспортного узла i на транспортную систему.

2.2 Взвешенный показатель взаимосвязей транспортных узлов

Взвешенный показатель взаимосвязей транспортных узлов отражает центральное положение или степень влияния узлов в сети. Данный показатель отражает количество прохождения кратчайших маршрутов через данный узел при выполнении маршрута между другими узлами, где эти кратчайшие маршруты имеют наименьший общий вес. Таким образом, взвешенный показатель взаимосвязей транспортных узлов отображает контроль и влияние узла на транспортную сеть. Взвешенный показатель взаимосвязей транспортных узлов определяется следующим образом:

$$M_i = \frac{\sum_{i,j \in N, i \neq j} n_{ij}(q)}{\sum_{i,j \in N, i \neq j} n_{ij}}, \quad (4)$$

где n_{ij} количество кратчайших расстояний между узлами i и j ;

$n_{ij}(q)$ количество кратчайших расстояний, проходящих через узел i .

2.3 Взвешенное значение показателя PageRank

В последние годы алгоритм PageRank имеет широкое применение в различных сферах, включая социальные сети, биоинформатику и рекомендательные системы. В данной статье алгоритм PageRank применяется с целью анализа влияния отдельных транспортных узлов на транспортную систему следующим образом:

$$PR(i) = \frac{1-d}{N} + d \sum_{j=1}^N PR(j)/C_{out}(j), \quad (5)$$

где $PR(i)$ – значение PageRank для узла i ;

d – демпфирующий фактор (используется значение 0.85);

$PR(j)$ – количество узлов, связанных с узлом j ;

$C_{out}(j)$ - количество исходящих маршрутов от узла j .

3 Модель уязвимости взвешенной сети автомобильных дорог

В транспортной сети, взвешенной по показателю времени, кратчайшими маршрутами являются те, которые имеют наименьший общий вес. В данной статье для расчета этих показателей используется алгоритм Дейкстры.

3.1 Показатели уязвимости взвешенной сети автомобильных дорог

Эффективность работы транспортной сети

Сбои в работе узлов (например, на въездах, транспортных развязках) или на обочинах дорог, сетей автомагистралей (например, дорожно-транспортные происшествия, заторы) неизбежно влияют на эффективность работы сети. Эффективность работы сети автомагистралей может быть выражена следующим образом:

$$e = \frac{1}{N(N-1)} \sum_{i \neq j} \frac{1}{d_{ij}}, \quad (6)$$

где d_{ij} – минимально время прохождения маршрута между узлами i и j .

Относительный показатель эффективности сети Q выражается следующим образом:

$$Q = \frac{e'}{e}, \quad (7)$$

где e – показатель эффективности работа транспортной сети;

e' - показатель эффективности работы транспортной сети после сбоя.

Самая большая связная подсеть

Когда узлы (например, въезды, развязки) или обочины дорог в сети автомагистралей имеют сбой в работе, сеть может разделяться на несколько подсетей. Подсеть, содержащая наибольшее количество узлов, называется самой большой связанной подсетью. Размер самой большой связанной подсети напрямую отражает стабильность сети магистралей и ее способность противостоять атакам или сбоям в работе. Относительный размер самой большой связанной подсети G может быть выражен с помощью следующей формулы:

$$G = \frac{M'}{M}, \quad (8)$$

где M' - это количество узлов в самой большой связанной подсети после разрыва основной транспортной сети;

M - это количество узлов в самом большом связанном подграфе до разрыва.

Чем больше значение G , тем больше масштаб самой большой связанной подсети, выше стабильность сети магистралей и способность противостоять атакам или сбоям в работе. Таким образом, рассчитав значение G , мы можем оценить стабильность и сопротивляемость работы дорожной сети после сбоя.

3.2 Система оценки уязвимости взвешенной сети автомобильных дорог

Стратегии атак, основанные на методе удаления, можно разделить на два основных типа, которые предполагают удаление нескольких узлов или маршрутов в определенном порядке и последующее наблюдение за совокупными изменениями эффективности работы транспортной сети. Стратегии можно разделить на стратегии случайных атак и стратегии целенаправленных атак:

Стратегия случайной атаки: случайным образом выбираются узлы в сети для атаки. Этот метод имитирует производительность сети при случайных сбоях или атаках и может использоваться для оценки уязвимости сети.

Стратегия целенаправленной атаки: целенаправленно атакуются узлы на основе определенных параметров сети, используя два основных метода атаки: первоначальную стратегию атаки и стратегию жадной атаки.

Первоначальная стратегия атаки: в этом методе узлы в сети сортируются в соответствии с их первоначальными показателями (такими как степень влияния на транспортную сеть, расстояние между ними и т.д.), а затем последовательно атакуются в соответствии с этим порядком. Эта стратегия предполагает, что важные узлы в сети уже идентифицированы в начале атаки.

Стратегия жадной атаки: эта стратегия добавляет динамический процесс корректировки в дополнение к первоначальной стратегии атаки. После каждой атаки оставшиеся узлы в сети повторно оцениваются и сортируются, а следующая цель выбирается на основе нового рейтинга. Этот метод учитывает изменения в структуре сети по мере продвижения атаки, что делает ее более реалистичной.

Расчет

В этом разделе исследования все пункты взимания платы за пользование магистралями и развязки в провинции Шаньдун используются в качестве узлов и применяется метод моделирования Space-L для определения структуры топологии сети. На основе информации о дорожном движении на сети автомобильных дорог провинции Шаньдун в режиме реального времени, предоставленной департаментом транспорта провинции Шаньдун, составлена топологическая карта сети автомобильных дорог провинции Шаньдун (рис. 1). Модель сетевой топологии содержит 657 узлов и 725 маршрутов между узлами [17-20].

Используя данные об интенсивности движения с контрольно-пропускных пунктов на автомагистралях провинции Шаньдун за 11 октября 2021 года, эквивалентный объем трафика для каждого контрольно-пропускного пункта был рассчитан с учетом состава транспортного потока. Объединив эти данные с базовой информацией, собранной для различных автомагистралей провинции Шаньдун, было рассчитано время в пути для каждого участка дороги, как показано на рисунке 2. Время в пути использовалось в качестве граничного веса для

построения взвешенной сети. Согласно полученным данным, время в пути на 80% участков дорог в сети составляет от 0,03 до 0,2 часа.



Рисунок 1 – Топологическая карта сети скоростных автомагистралей провинции Шаньдун

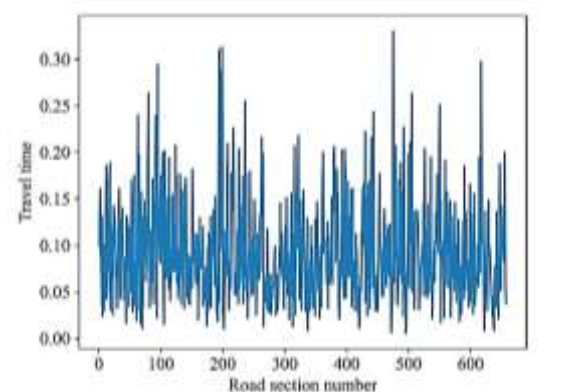


Рисунок 2 – Значения времени в пути для каждого участка дороги

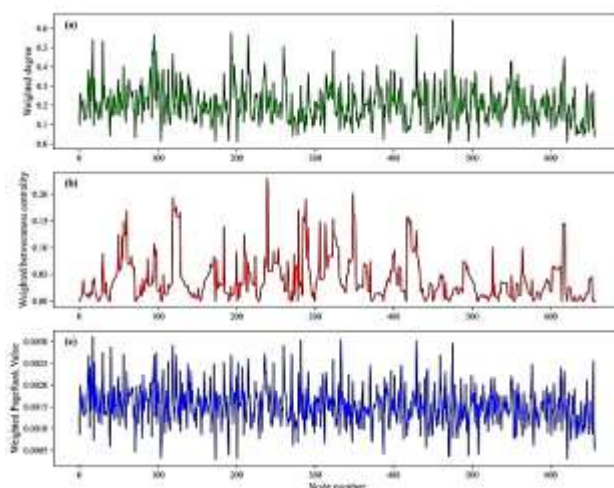


Рисунок 3 – Значения основных параметров узлов

Были рассчитаны для каждого узла показатели, имеющие наибольшее влияние, далее эти показатели были ранжированы по степени важности узла, 15 узлов, оказывающих наибольшее влияние на работу транспортной сети приведены в таблице 1.

Таблица 1- «Анализ 15 наиболее важных транспортных узлов провинции Шаньдун»

D		M		PR	
Узел	Значение	Узел	Значение	Узел	Значение
1	2	3	4	5	6
Пункт взимания платы на магистральном шоссе Чжоугэчжуан	0.008	Транспортная развязка Тан Ванг	0.229	Западная развязка Ляочэн	0.00310
Пункт взимания платы на магистральном шоссе Цзинань Синлун	0.009	Транспортная развязка Тан Ванг	0.202	Развязка Хуандао	0.00304
Пункт взимания платы на магистральном шоссе Гангкоу	0.010	Транспортная развязка Пэнцзя	0.201	Развязка Синлун	0.00302
Пункт взимания платы на магистральном шоссе Вайрдай и Биньхай	0.013	Транспортная развязка Синьжуанцзы	0.194	Развязка Дунпингу	0.00301
Пункт взимания платы на магистральном шоссе Жичжао	0.015	Транспортная развязка Хуайшу	0.190	Платная станция Нинцинью	0.00295

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6
Восточная развязка на горе Лин Чжу	0.018	Транспортная развязка Биньхай	0.177	Развязка Синьчжуанцзы	0.00291
Восточная Пункт взимания платы на магистральном шоссе Хайян	0.020	Южная транспортная развязка Сяосюйцзя	0.170	Развязка Пукуань	0.00290
Западная Пункт взимания платы на магистральном шоссе Дэчжоу	0.023	Транспортная развязка Шоугуан Западный	0.169	Развязка Дайинцзя	0.00287
Восточный пункт взимания платы на магистральном шоссе Хуандао	0.026	Транспортная развязка Цзянань	0.169	Развязка Рилань	0.00274
Южный узел Тангванга	0.027	Транспортная развязка Шоугуан Северный	0.168	Развязка Ван Гуань	0.00273
Восточный пункт взимания платы на магистральном шоссе на горе Лин Чжу	0.028	Восточный пункт взимания платы Шоугуан	0.167	Северная развязка Цихэ	0.00270
Северный пункт взимания платы на магистральном шоссе в Гаоцине	0.028	Узел Гоцзяпу	0.165	Пункт взимания платы за проезд в Ся-Янь	0.00270
Западный пункт взимания платы на магистральном шоссе в Янчжоу	0.028	Северный пункт взимания платы Вэйфан	0.160	Медиа-развязка	0.00270
Пункт взимания платы на магистральном шоссе в Тайбэе	0.029	Пункт взимания платы Бокс	0.159	Транспортный узел Чжуюань	0.00269
Пункт взимания платы на магистральном шоссе в Лингане	0.029	Северный пункт взимания платы Бокс	0.159	Развязка Цзилэ Биньчжоу	0.00268

Из представленного выше графического (рис. 2, рис. 3) и табличного материала, можно сделать следующие выводы:

1. Взвешенный показатель влияния узлов сети автомобильных дорог: максимальное значение взвешенного уровня влияния составляет приблизительно 0,320, а минимальное - приблизительно 0,008. Около 61,8 % узлов в сети имеют взвешенную степень влияния менее 0,10, что указывает на то, что большинство узлов имеют небольшие взвешенные степени влияния на работу транспортной сети и что узлы в сети тесно взаимосвязаны. Узлы, с имеющей низкую степень влияния на работу транспортной сети, в основном расположены в середине маршрутов и имеют функцию обеспечения связности региона. Если возникают помехи в функционировании транспортной сети, это может нарушить связность участка дороги и существенно повлиять на движение в регионе [21].

2. Взвешенная взаимосвязь узлов сети автомобильных дорог: максимальное значение взвешенной взаимосвязи в сети автомобильных дорог равно 0,229, а минимальное - 0. Имеется 44 узла со взвешенной разницей, равной 0, поскольку эти узлы в основном расположены в начальной или конечной точках автомагистралей в провинции Шаньдун и находятся на периферии всей сети автомагистралей, оказывая незначительное влияние на общую связность сети. По сравнению со взвешенными степенями влияния, общие значения взвешенной взаимосвязи ниже, но пики более заметны, что указывает на то, что определенные узлы контро-

лируют большое количество кратчайших маршрутов в сети.

3. Значения PageRank узлов сети: распределение значений PageRank относительно концентрированное, с максимальным значением 0,00310 и минимальным значением 0,00029. Большинство узлов имеют значения PageRank в диапазоне от 0,001 до 0,003, что указывает на то, что статус большинства узлов в сети относительно схож, и лишь несколько узлов имеют более высокие или более низкие значения PageRank. Поскольку в сети много узлов, а сумма всех значений PageRank равна 1, различия в значениях PageRank для отдельных узлов относительно невелики [22].

Анализ уязвимостей дорожной сети на основе узлов. Уязвимость сети при атаках на один узел

Для анализа уязвимости сети при использовании стратегии атаки с одним узлом были рассчитаны изменения эффективности функционирования транспортной сети и относительного размера самой большой связанной подсети после удаления каждого узла в сети (рис. 4).

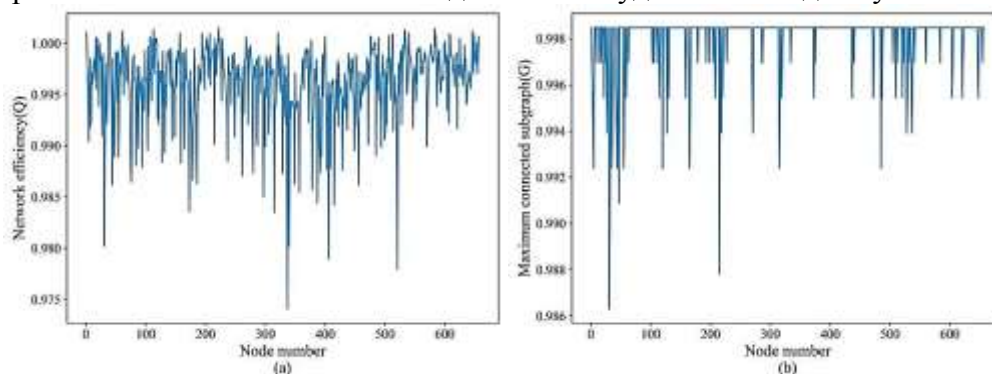


Рисунок – 4 Изменения в эффективности функционирования транспортной сети при использовании стратегии атаки на один узел

В рамках стратегии атаки с использованием одного узла, удаление определенных узлов иногда может привести к повышению эффективности сети, демонстрируя избыточность сети. Обычно это происходит из-за перераспределения и оптимизации сетевого трафика, вызванного атакой. В частности, когда узел подвергается атаке, сеть подвергается самонастройке, с целью поиска новых маршрутов и соединений для передачи данных. Этот процесс может привести к более эффективному использованию других узлов и маршрутов в сети, тем самым повышая общую эффективность транспортной сети. Кроме того, атака может также привести к удалению или оптимизации некоторых низкоэффективных узлов в сети, что еще больше повысит общую эффективность функционирования сети.

Используя формулы $\frac{(E-E_i)}{E}$ и $\frac{(G-G_i)}{G}$, было проанализировано влияние сбоя в работе отдельных узлов на эффективность функционирования сети магистралей, что привело к идентификации 12 основных узлов, влияющих на эффективность сети и ее структуру (табл. 2). Из таблицы видно, что удаление одного узла может снизить эффективность сети до 2,6 % и уменьшить размер самой большой соединенной подсети на 1,4 %. Такие узлы, как Tangwang Interchange, Dongpinghu Hub, Kongcun Hub, Tianzhuang Hub, Wendeng West Hub и Caozhou Hub, значительно влияют на эффективность и структуру сети, особенно на узел Tianzhuang, выход из строя которого приводит к снижению эффективности сети на 2 % и уменьшению размера самой большой соединенной подсети на 1,4 %.

Чтобы обеспечить научную достоверность результатов случайной атаки, в качестве конечного результата было взято среднее значение нескольких экспериментов. Как показано на рисунке 5, при атаках на случайные узлы эффективность сети и размер самой большой соединенной подсети постепенно снижаются по мере увеличения числа удаленных узлов. Это указывает на то, что по мере увеличения интенсивности атаки все большее воздействие оказывается на передачу информации и транспортный поток в сети. Когда число удаленных узлов превышает 180, относительный размер эффективности сети снижается до 0,17, а относительный размер самой большой соединенной подсети уменьшается до 0,1. Это означает, что

большинство ключевых узлов сети были удалены, что серьезно ухудшило ее соединенность маршрутов и эффективность функционирования транспортной сети.

Таблица 2 - 12 основных узлов, влияющих на эффективность сети и ее структуру

№ п/п	Узел	$\frac{(E - E_i)}{E}$	Узел	$\frac{(G - G_i)}{G}$
1	Tangwang Interchange	0.02593	Tianzhuang Hub	0.01370
2	Dongpinghu Hub	0.02208	Wendeng West Hub	0.01218
3	Kongcun Hub	0.02107	Caozhou Hub	0.00913
4	Tangwang East Hub	0.01984	Yiyuan North Toll Station	0.00913
5	Tianzhuang Hub	0.01979	Linyi South Hub	0.00761
6	Linyi South Hub	0.01651	Juxian Hub	0.00761
7	Xinzhuangzi Hub	0.01641	Chengwu Hub	0.00761
8	Taishan Hub	0.01581	Dezhou North Hub	0.00761
9	Duanjia Hub	0.01558	Rizhao Road Hub	0.00761
10	Laiwu Hub	0.01496	Zichuan Siyuanhu Hub	0.00761
11	Yujiazhuang Hub	0.01450	Yiyuan Toll Station	0.00761
12	Yucheng Hub	0.01429	Pingyi East Toll Station	0.00761

Уязвимость сети при атаках на случайные узлы

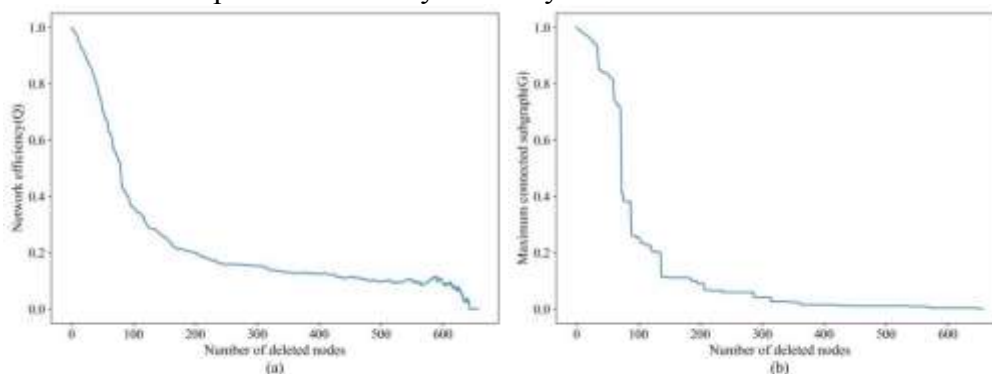


Рисунок 5 - Изменения в эффективности функционирования сети при использовании стратегии атаки на случайный узел

Уязвимость Сети при преднамеренных атаках на узлы

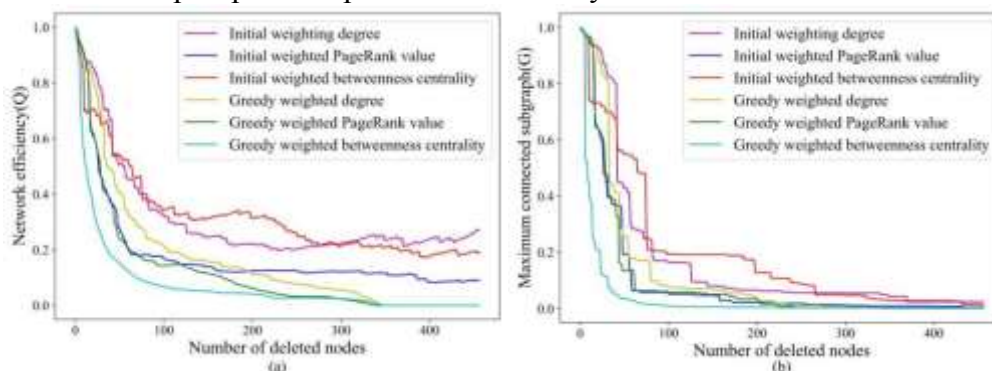


Рисунок 6 – Изменения эффективности функционирования транспортной сети при использовании стратегии преднамеренной атаки на узел

Результаты и обсуждение

В стратегии целенаправленной атаки на узлы для анализа влияния различных показателей на уязвимость сети магистралей было разработано шесть методов атаки на основе трех показателей: взвешенной степени влияния, взвешенной зависимости и взвешенного значения PageRank - в сочетании с начальной стратегией атаки и стратегией жадной атаки. Относительный уровень эффективности сети и самая большая подключенная подсеть при условиях преднамеренных атак показаны на рисунке 6 (с удалением 300 узлов в качестве порогового значения). Были получены следующие результаты:

1. Стратегия атаки, основанная на взвешенной степени: когда число атакованных уз-

лов достигает 100, стратегия атаки с использованием жадной взвешенной степени снижает эффективность сети почти на 65 % и сокращает размер крупнейшей подключенной подсети почти на 67 %. В таких условиях движение транспортных средств в транспортной сети максимально затруднено. Однако первоначальная стратегия атаки с взвешенной степенью защиты требует атаки почти на 125 узлов в сети магистралей для достижения того же эффекта.

2. Стратегия атаки, основанная на взвешенной взаимосвязи: когда число атакованных узлов достигает 30, стратегия атаки с использованием жадной взвешенной взаимосвязи снижает эффективность функционирования транспортной сети до 20 % от исходной эффективности, а самая большая соединенная подсеть уменьшается до 10 % от исходной сети. Для сравнения, первоначальная стратегия атаки с взвешенной зависимостью требует удаления более 200 узлов для достижения того же эффекта атаки. Это различие возникает по причине того, что стратегия жадной атаки со взвешенной зависимостью позволяет более точно измерить влияние узла на поведение транспортной сети, достигая результатов атаки при меньшем количестве удалений узлов. С другой стороны, первоначальная стратегия атаки с использованием взвешенной взаимосвязи не учитывает изменений в структуре сети, что требует удаления большего количества узлов для достижения того же эффекта.

3. Стратегия атаки, основанная на значении PageRank: При использовании как начального значения PageRank, так и стратегии атаки с использованием жадного значения PageRank кривые относительной эффективности сети и самой большой связанной подсети примерно одинаковы. Эти две стратегии атаки уступают по эффективности только жадной стратегии взвешенной зависимости.

Таким образом, сеть магистралей показывает определенную степень уязвимости к преднамеренным атакам. С точки зрения эффективности атаки, стратегия жадной атаки со взвешенной зависимостью показывает наилучшие результаты по уязвимости, в то время как первоначальная стратегия атаки с взвешенной зависимостью показывает наихудшие результаты. Таким образом, жадная стратегия превосходит первоначальную стратегию атаки.

Выводы

Основываясь на традиционном построении транспортной сети, в этой статье всесторонне рассматривается влияние поведения транспортного потока на функционирование транспортной сети, строится взвешенная по времени в пути сеть автомагистралей, устанавливаются соответствующие показатели влияния транспортных узлов на эффективность транспортной сети и моделируется уязвимость сети при различных стратегиях атак. Основные выводы заключаются в следующем:

1. Использование времени в пути в качестве весового коэффициента позволяет более точно оценить эффективность функционирования сети автомобильных дорог. По сравнению с традиционными показателями, влияющими на эффективность транспортной сети, показатели, взвешенные по времени в пути, позволяют более эффективно избежать условий транспортного затора и дают точную оценку влияния каждого узла и участка дороги.

2. В соответствии со стратегией атаки с использованием одного узла удаление определенных ключевых узлов может значительно снизить эффективность сети и размер самой большой подключенной подсети. В частности, отказ таких узлов, как Tangwang Interchange и Dongpinghu Hub, оказывает значительное влияние на эффективность транспортной сети, потенциально приводя к снижению эффективности сети до 2,6% и уменьшению размера крупнейшего подключенного подграфа на 1,4%. Эти результаты подчеркивают важность выявления и защиты ключевых узлов для поддержания стабильности работы транспортной сети и отдельных ее маршрутов.

3. При преднамеренных атаках на узлы, сравнивая первоначальные стратегии атаки, основанные на взвешенной степени, взвешенной зависимости и взвешенном значении PageRank, со стратегиями жадной атаки, было обнаружено, что стратегия жадной атаки со взвешенной зависимостью работает наилучшим образом. Это не только наносит больший ущерб самому крупному подключенному подграфу, но и учитывает влияние на эффектив-

ность сети. В отличие от этого, первоначальная стратегия атаки с использованием взвешенных различий дает худшие результаты.

Данное исследование имеет определенные ограничения. Например, в нем рассматриваются только пункты оплаты за пользование магистралями и развязки как узлы сети, не принимаются во внимание другие транспортные узлы (такие как зоны обслуживания, запра-вочные станции и т.д.). Кроме того, данные о транспортном потоке могут колебаться из-за различных факторов (например, метеорологические условия, праздничные дни и т.д.). В дальнейших исследованиях следует рассмотреть возможность использования большего количества источников данных и более точных методов анализа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sienkiewicz J., Hotyst J.A. Statistical analysis of 22 public transport networks in Poland // *Physical Review E Statistical Nonlinear & Soft Matter Physics*. 2005. №72. P. 46-127.
2. Mukherjee S. Statistical analysis of the road network of India // *Pramana*. 2012 №79(3). P. 483-491.
3. Jiao J.J., Zhang F.N., Liu J. A spatiotemporal analysis of the robustness of high-speed rail network in China // *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 2020. №89. 102584.
4. Ma F., Liang Y., Yuen K.F. Assessing the vulnerability of urban rail transit network under heavy air pollution: A dynamic vehicle restriction perspective // *Sustainable Cities and Society*. 2020. №52. P. 101851.
5. Боровской А.Е., Шевцова А. Г. Максимальная пропускная способность полосы при поворотном маневре // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2013. №2. С. 188-191.
6. Glagolev S., Shevtsova A., Shekhovtsova S. Basis for application of new-generation anti-icing materials as an efficient way to reduce the accident rate on roads in winter // *Transportation Research Procedia*. Vol. 36. Saint Petersburg: Elsevier B.V. 2018. P. 193-198. DOI 10.1016/j.trpro.2018.12.063.
7. Шевцова А.Г., Бурлуцкая А.Г., Юнг А.А. Оценка влияния параметров автомобилей на значение потока насыщения // *Интеллект. Инновации. Инвестиции*. 2022. №1. С. 126-134. DOI 10.25198/2077-7175-2022-1-126.
8. Deng Z.P., Huang D.R., Liu J.Y. An Assessment Method for Traffic State Vulnerability Based on a Cloud Model for Urban Road Network Traffic Systems // *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. 2020. №22(11). P. 7155-7168.
9. Passenger-centered vulnerability assessment of railway networks // *Transportation Research. Part B. Methodological*. 2020. №136. P. 30-61.
10. Zhang Jianhua, Wang Ziqi, Wang Shuliang. Vulnerability assessments of urban rail transit networks based on redundant recovery // *Sustainability*. 2020. №12(14). P. 5756.
11. Yang Yuhao, LIU Yongxue, Zhou Minxi. Robustness assessment of urban rail transit based on complex network theory: A case study of the Beijing subway // *Safety Science*. 2015. №79. P. 149-162.
12. El-Rashidy R.A., Grant-Muller S.M. An assessment method for highway network vulnerability // *Journal of Transport Geography*. 2014. №34. P. 34-43.
13. Mahajan K., Kim A.M. Vulnerability assessment of Alberta's provincial highway network // *Transportation research interdisciplinary perspectives*. 2020. №6. P. 100171.
14. Liu H., Wang J. Vulnerability assessment for cascading failure in the highway traffic system // *Sustainability*. 2018. №10(7). P. 2333.
15. Esfeh M.A., Kattan L., Lam W.H.K. Road network vulnerability analysis considering the probability and consequence of disruptive events: A spatiotemporal incident impact approach // *Transportation research. Part C: emerging technologies*. 2022. №136. P. 103549.
16. Zyryanov V. Methods for evaluation of mobility in modern cities // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019. Vol. 698. P. 6 DOI 10.1088/1757-899X/698/6/066048.
17. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения / В.В. Сильянов, А.Н. Новиков, С.В. Еремин, А.Г. Шевцова. 2-е издание, переработанное и дополненное. Москва-Орёл-Белгород: Белгородский Государственный Технологический Университет им. В. Г. Шухова, 2024. 331 с.
18. Подкопаев А.В., Гвоздецкий И.Н., Новиков А.Н., Шевцова А.Г. Разработка информационно-статистической системы для оценки показателей аварийности // *Управление деятельностью по обеспечению безопасности дорожного движения: состояние, проблемы, пути совершенствования: Сборник материалов XVIII Международной научно-практической конференции. В 2-х частях. Орёл: Орловский юридический институт МВД РФ им. В.В. Лукьянова*. 2024. С. 115-119. EDN GWSOHQ.
19. Булатова О.Ю. *Транспорт в современном обществе*. Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет, 2022. 75 с.
20. Толстой О.В., Шевцова А.Г. Метод повышения уровня безопасности местных автомобильных дорог // *Научный портал МВД России*. 2024. №1(65). С. 60-68.
21. Булатова О.Ю. Цифровая трансформация дорожной инфраструктуры в условиях движения высокоавтоматизированных транспортных средств в общем транспортном потоке // *Транспорт: наука, техника, управление*

ние. Научный информационный сборник. 2022. №2. С. 27-31. DOI 10.36535/0236-1914-2022-02-4.

22. Ли С., Зырянов В.В. Реализация интеллектуальной системы управления BRT в Г. Цзинань (КНР) // Мир транспорта и технологических машин. 2023. №3-3(82). С. 137-143. DOI 10.33979/2073-7432-2023-3-3(82)-137-143.

23. Цзянг Х., Зырянов В.В. Развитие методов организации дорожного движения на пересечениях // Техника и технологии наземного транспорта: Сборник трудов аспирантов (с международным участием). Омск: Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ). 2022. С. 64-69.

Дэй Хунна

Донской институт ШТУ-ДГТУ

Адрес: 5001, Китай, Цзинань, Хайтанг Роуд

К.т.н., доцент, зав. кафедрой «Транспорт»

E-mail: 276140258@qq.com

Зырянов Владимир Васильевич

Донской государственный технический университет

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

Д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Организация перевозок и дорожного движения»

E-mail: tolbaga@mail.ru

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

Кулев Андрей Владимирович

Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева

Адрес: 302026 г. Орел, ул. Комсомольская, 95

К.т.н., доцент, доцент кафедры сервиса и ремонта машин

E-mail: andrew.ka@mail.ru

D. HUNNA, V.V. ZYRYANOV, O.YU. BULATOVA, A.V. KULEV

TRAFFIC CONDITIONS ASSESSMENT IN ORDER TO ENSURE ROAD SAFETY

Abstract. *The article examines the possibilities of the theory of complex networks for assessing the vulnerability of the road network and ensuring road safety. At the first step, the structure of a weighted highway network is built using the Space-L method, then indicators are determined to measure the degree of influence of transport hubs in this weighted network. Then, based on the indicators associated with the nodes, the vulnerability of the backbone network is modeled under various traffic conditions and the vulnerability of the highway network is analyzed depending on travel time using data from the highway survey and toll data in the Shandong Province region. The results show that indicators of the impact of transport hubs on the functioning of the transport network, weighted by travel time, can comprehensively take into account many factors of the highway network. Blocking a single node can reduce network efficiency by up to 2.6 %.*

Keywords: *theory of complex networks, travel time, removal method, vulnerability of the transport network, transport nodes*

BIBLIOGRAPHY

1. Sienkiewicz J., Hotyst J.A. Statistical analysis of 22 public transport networks in Poland // Physical Review E Statistical Nonlinear & Soft Matter Physics. 2005. №72. R. 46-127.
2. Mukherjee S. Statistical analysis of the road network of India // Pramana. 2012 №79(3). R. 483-491.
3. Jiao J.J., Zhang F.N., Liu J. A spatiotemporal analysis of the robustness of high-speed rail network in China // Transportation Research Part D: Transport and Environment. 2020. №89. 102584.
4. Ma F., Liang Y., Yuen K.F. Assessing the vulnerability of urban rail transit network under heavy air pollution: A dynamic vehicle restriction perspective // Sustainable Cities and Society. 2020. №52. R. 101851.
5. Borovskoy A.E., Shevtsova A. G. Maksimal'naya propusknaya sposobnost' polosy pri povorotnom manevre // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova. 2013. №2. S. 188-191.

6. Glagolev S., Shevtsova A., Shekhovtsova S. Basis for application of new-generation anti-icing materials as an efficient way to reduce the accident rate on roads in winter // *Transportation Research Procedia*. Vol. 36. Saint Petersburg: Elsevier B.V. 2018. P. 193-198. DOI 10.1016/j.trpro.2018.12.063.
7. Shevtsova A.G., Burlutskaya A.G., YUng A.A. Otsenka vliyaniya parametrov avtomobiley na znachenie potoka nasyshcheniya // *Intellekt. Innovatsii. Investitsii*. 2022. №1. S. 126-134. DOI 10.25198/2077-7175-2022-1-126.
8. Deng Z.P., Huang D.R., Liu J.Y. An Assessment Method for Traffic State Vulnerability Based on a Cloud Model for Urban Road Network Traffic Systems // *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. 2020. №22(11). R. 7155-7168.
9. Passenger-centered vulnerability assessment of railway networks // *Transportation Research. Part B. Methodological*. 2020. №136. R. 30-61.
10. Zhang Jianhua, Wang Ziqi, Wang Shuliang. Vulnerability assessments of urban rail transit networks based on redundant recovery // *Sustainability*. 2020. №12(14). R. 5756.
11. Yang Yuhao, LIU Yongxue, Zhou Minxi. Robustness assessment of urban rail transit based on complex network theory: A case study of the Beijing subway // *Safety Science*. 2015. №79. R. 149-162.
12. El-Rashidy R.A., Grant-Muller S.M. An assessment method for highway network vulnerability // *Journal of Transport Geography*. 2014. №34. R. 34-43.
13. Mahajan K., Kim A.M. Vulnerability assessment of Alberta's provincial highway network // *Transportation research interdisciplinary perspectives*. 2020. №6. R. 100171.
14. Liu H., Wang J. Vulnerability assessment for cascading failure in the highway traffic system // *Sustainability*. 2018. №10(7). R. 2333.
15. Esfeh M.A., Kattan L., Lam W.H.K. Road network vulnerability analysis considering the probability and consequence of disruptive events: A spatiotemporal incident impact approach // *Transportation research. Part C: emerging technologies*. 2022. №136. R. 103549.
16. Zyryanov V. Methods for evaluation of mobility in modern cities // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019. Vol. 698. P. 6 DOI 10.1088/1757-899X/698/6/066048.
17. Teoriya transportnykh potokov v proektirovani doro g i organizatsii dvizheniya / V.V. Sil'yanov, A.N. Novikov, S.V. Eremin, A.G. Shevtsova. 2-e izdanie, pererabotannoe i dopolnennoe. Moskva-Oriol-Belgorod: Belgorodskiy Gosudarstvennyy Tekhnologicheskii Universitet im. V. G. Shukhova, 2024. 331 s.
18. Podkopaev A.V., Gvozdevskiy I.N., Novikov A.N., Shevtsova A.G. Razrabotka informatsionno-statisticheskoy sistemy dlya otsenki pokazateley avariynosti // *Upravlenie deyatelnost'yu po obespecheniyu bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya: sostoyanie, problemy, puti sovershenstvovaniya: Sbornik materialov XVIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. V 2-kh chastyakh. Oriol: Orlovskiy yuridicheskii institut MVD RF im. V.V. Luk'yanova*. 2024. S. 115-119. EDN GWSOHQ.
19. Bulatova O.YU. Transport v sovremennom obshchestve. Rostov-na-Donu: Donskoy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet, 2022. 75 s.
20. Tolstoy O.V., Shevtsova A.G. Metod povysheniya urovnya bezopasnosti mestnykh avtomobil'nykh dorog // *Nauchnyy portal MVD Rossii*. 2024. №1(65). S. 60-68.
21. Bulatova O.YU. Tsifrovaya transformatsiya dorozhnoy infrastruktury v usloviyakh dvizheniya vysokoavtomatizirovannykh transportnykh sredstv v obshchem transportnom potoke // *Transport: nauka, tekhnika, upravlenie. Nauchnyy informatsionnyy sbornik*. 2022. №2. S. 27-31. DOI 10.36535/0236-1914-2022-02-4.
22. Li S., Zyryanov V.V. Realizatsiya intellektual'noy sistemy upravleniya BRT v G. TSzinaan` (KNR) // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. 2023. №3-3(82). S. 137-143. DOI 10.33979/2073-7432-2023-3-3(82)-137-143.
23. TSzyang H., Zyryanov V.V. Razvitie metodov organizatsii dorozhnogo dvizheniya na peresecheniyakh // *Tekhnika i tekhnologii nazemnogo transporta: Sbornik trudov aspirantov (s mezhdunarodnym uchastiem). Omsk: Sibirskiy gosudarstvennyy avtomobil'no-dorozhnyy universitet (SibADI)*. 2022. S. 64-69.

Dey Hunna

Don State University ShTU-DSTU
Address: 5001, China, Jinan, Haitang Road
Candidate of Technical Sciences
E-mail: 276140258@qq.com

Zyryanov Vladimir

Don State Technical University
Address: 344003, Russia, Rostov-on-Don, Gagarina sq., 1
Doctor of Technical Sciences
E-mail: tolbaga@mail.ru

Bulatova Olga Yurievna

Don State Technical University
Address: 344011, Russia, Rostov-on-Don
Candidate of Technical Sciences
E-mail: mip.rnd@yandex.ru

Kulev Andrey Vladimirovich

Oryol State University named after I. S. Turgenev
address: 302026, Russia, Orel, Komsomolskaya str.,
Candidate of Technical Sciences
E-mail: andrew.ka@mail.ru

Научная статья
УДК 656.1
doi:10.33979/2073-7432-2024-4-2(87)-74-82

С.Е. БЕБИНОВ, Л.С. ТРОФИМОВА

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ ДЛЯ ОЦЕНИВАНИЯ СФОРМИРОВАННОСТИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ НАВЫКОВ С УЧЕТОМ ОСОБЕННОСТЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПАССАЖИРСКОГО АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Аннотация. На основании результатов проведенных исследований предлагается устанавливать соответствие персонала пассажирского автомобильного транспорта квалификационным и профессиональным требованиям, через измеряемые показатели, характеризующие условия эксплуатации подвижного состава. Бальная оценка измеряемых показателей имеет вероятностный характер и для разных условий эксплуатации под влиянием внешней среды принимает интервальные значения. В связи с различиями шкал оценивания разных измеряемых показателей существует проблема их сравнения и интерпретации. Использование теории нечетких множеств позволяет оценить показатели в виде коэффициентов, соответствующих количеству баллов для их дальнейшего анализа методами математической статистики.

Ключевые слова: измеряемый показатель, коэффициент сформированности, профессиональные навыки, условия эксплуатации подвижного состава, функция принадлежности показателя

Введение

Ранее проведенными исследованиями авторами определен новый подход суть которого состоит в интеграции выработки подвижного состава с профессиональными и квалификационными требованиями к персоналу как компоненту системы «персонал-автобус-дорога-среда» (ПАДС). Данный подход способствует выполнению плановых показателей в соответствии с требованиями муниципального контракта на регулярные перевозки пассажиров и багажа с учетом условий эксплуатации.

Разработана математическая модель, содержание которой дает возможность осуществлять планирование результатов выполнения условий контракта, которые достигнет каждый работник определенной группы персонала в соответствии с квалификационными и профессиональными требованиями.

Задача научных исследований связана с необходимостью определения коэффициентов, соответствующих оценке, полученной за сформированность профессиональных навыков определенного уровня у каждой группы персонала автомобильного транспорта, необходимых для выполнения установленных требований. Исследование практики оценивания показало, что сформированность профессиональных навыков определяется количеством баллов, как правило, изменяющихся от начального значения до 100 баллов.

Исследованиями установлено, результат выполнения установленных требований к работнику отдельной группы персонала автомобильного транспорта определяется выработкой автобуса, и произведением коэффициентов, соответствующих оценкам, полученным за сформированность профессиональных навыков определенной группы (1) [1]:

$$P_{i,c,x,j} = Q_{i,c,x,j} \cdot \prod_{y=1}^y (K_{k,x,i} f(N_{k,x,i})) \cdot D_j \cdot C_j, \quad (1)$$

где $P_{i,c,x,j}$ – результат выполнения i -х требований c -м работником x -й группы персонала автомобильного транспорта по j -му контракту, руб.;

$L_{i,c,x,j}$ – выполнение работы автобуса, участвующего в j -м контракте, достигнутая при выполнении i -х требований c -м работником x -й группы персонала автомобильного транспорта, км;

D_j – период выполнения j -го контракта, дни;

$K_{k,x,i}$ – коэффициент, соответствующий оценке, полученной за сформированность профессиональных навыков k -й группы у x -й группы персонала для выполнения i -х требований муниципального контракта на перевозку пассажиров и багажа;

$N_{k,x,i}$ – количество баллов, полученных за сформированность профессиональных навыков k -й группы у x -й группы персонала для выполнения i -х требований муниципального контракта на перевозку пассажиров и багажа;

C_j – стоимость выполнения j -го муниципального контракта на выполнение работ, связанных с осуществлением регулярных перевозок пассажиров и багажа автобусами, руб.;

$у$ – группа профессиональных навыков;

$У$ – количество групп профессиональных навыков.

Как показали проведенные исследования развития теоретических положений пассажирских автомобильных перевозок, характеристики работы автобусов зависят от величины технико-эксплуатационных показателей, таких как: техническая скорость, скорость сообщения, эксплуатационная скорость, максимальная скорость на маршруте, тягово-скоростная динамичность, сменный пробег, регулярность движения по маршруту в соответствии с графиком. Вероятность выполнения этих показателей не ниже планового уровня при проведении тестирования работников, а также натурное наблюдение за работой подвижного состава и персонала позволяет определить сформированность профессиональных навыков персонала автомобильного транспорта.

В ранее выполненных исследованиях определено, что величины технико-эксплуатационных показателей зависят от условий эксплуатации, поэтому для их определения применяют методы теории вероятностей и математической статистики. Планирование выполняется по верхним и нижним границам доверительных интервалов математического ожидания технико-эксплуатационных показателей с доверительной вероятностью 0,95. Проблемой является классификация вероятностных технико-эксплуатационных показателей по уровням сформированности профессиональных навыков.

Анализ выполненных научных работ свидетельствует, что для оценки сформированности профессиональных навыков широко применяются методы теории нечетких множеств.

При определении показателей оценивания работников автомобильного транспорта возникает проблема приведения результатов к единому показателю, в связи с несовместимостью шкал оценивания. В исследованиях В.В. Пыряева, С.В. Волгиной [2] уровень соответствия каждого работника исследуемым профессиональным требованиям предлагается выявлять методом парных сравнений, а затем с использованием метода свертки определять степень соответствия исследуемых свойств персонала по значениям функций принадлежности нечетких множеств.

М.В. Анисимова, В.С. Артеева, А.Е. Схведиани, С.Д. Попова [3] применили методы нечеткой логики для оценки степени соответствия нечетких значений переменной «соответствия компетенций» требованиям работодателей.

А.А. Федченко, И.В. Филимонова, В.Н. Ярышина [4] разработали инструментальный дифференцированный подход к управлению вознаграждением персонала в зависимости от его влияния на эффективность деятельности организации с использованием методов лингвистического и экспертного измерения с применением нечетких множеств.

Научные работники делают вывод о необходимости минимизации производственных и технологических издержек на платформе теории нечетких множеств для решения любых производственных задач и задач по управлению кадрами предприятий на транспорте [5, 6].

Широко применяются методы нечетких множеств для проведения анализа дорожно-транспортных происшествий в автотранспортных предприятиях с участием водителей [7]. Ю.А. Заяц, Т.М. Заяц, Н.А. Загородний, А.В. Шабанов [8] доказали необходимость применения методов нечеткой логики для определения результатов выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту, зависящих от освоения трудовых функций слесарей.

Ю.О. Чернышев [9] пришел к выводу, что моделирование задач, содержащих элементы неопределенности и субъективности наиболее успешно осуществлять с использованием методов теории нечетких множеств.

М. Deveci, S. C. Öner, F. Canitez, M. Öner [10] предложили систему количественной оценки для преобразования требований пассажиров в спецификации качества обслуживания. Авторы [10] применяли интервально-значимую интуиционистскую нечеткую методологии *QFD* для лиц, принимающих решения в качестве операторов общественного транспорта, чтобы они могли эффективно использовать свои ресурсы для удовлетворения потребностей людей в мобильности.

М. Woźniak, A. Zielonka, A. Sikora [11] применяли модуль нечеткой логики второго типа для оценки ожиданий от вождения разных транспортных средств передвигающимся по участкам улично-дорожной сети, имеющим различия характеристик транспортных потоков.

А.Н. Полетайкин, В.В. Подколзин, Н.В. Кулешова, Е.Ю. Кунц [12, 13] выявили индикаторы, необходимые для построения дескрипторной схемы компетенции, позволяющей распознать результаты обучения, представленные требованиями к знаниям, умениям и практическим навыкам. Применение метода нечеткой логики и экспертных суждений преподавателей, ответственных за контрольное испытание, позволяет установить взаимосвязь нечетких характеристик сформированности компетенций с результатами обучения. Итоги использования оптимального комплекса методов реализации поэтапной процедуры вывода с помощью пакета Matlab Fuzzytech отражены в работе Е. Кунц с соавторами [14].

Оценка уровня профессиональных навыков персонала пассажирского автомобильного транспорта, распределенного по видам выполняемых работ к различным группам, осуществляется измеряемыми показателями, величина которых зависит от существующих условий эксплуатации подвижного состава и имеющих разные шкалы оценивания. Цель данной статьи заключается в использовании теории нечетких множеств для оценки сформированности показателей в виде коэффициентов, соответствующих количеству баллов, полученных за имеющийся у персонала уровень профессиональных навыков для их дальнейшего анализа методами математической статистики.

Материал и методы

В ранее проведенных исследованиях [1, 15] авторами дается обоснование показателей подготовки и переподготовки персонала пассажирского автомобильного транспорта, учитывающие существующее влияние внешней среды на условия эксплуатации. В результате разработана новая система «персонал-автобус-дорога-среда» (ПАДС), определяющая структурное взаимодействие водителя автобуса, слесаря и контролера технического состояния.

В настоящей работе выполнено исследование нормального нечеткого множества, в качестве универсального множества определено количество баллов для оценки группы профессиональных навыков персонала пассажирского автомобильного транспорта.

Для водителей и слесарей, выполняющих работу, направленную на достижение установленных условий муниципального контракта на перевозку пассажиров и багажа, определены семь групп профессиональных навыков [1], представленных на рисунке 1.

Функцией принадлежности нечеткого множества являются коэффициенты, соответствующие количеству баллов для оценки группы профессиональных навыков персонала пассажирского автомобильного транспорта.

Четким сингльтоном является:

1) количество баллов для оценки профессиональных навыков, соответствующее математическому ожиданию измеряемого показателя, характеризующего условия эксплуатации подвижного состава для перевозки пассажиров в рамках муниципального контракта полученное экзаменуемым водителем, являющееся элементом универсального множества;

2) степень принадлежности измеряемого показателя, определяемая коэффициентом, отвечающему количеству баллов оценки профессиональных навыков и соответствующему математическому ожиданию измеряемого показателя, характеризующего условия эксплуата-

ции подвижного состава для перевозки пассажиров и багажа в рамках муниципального контракта.

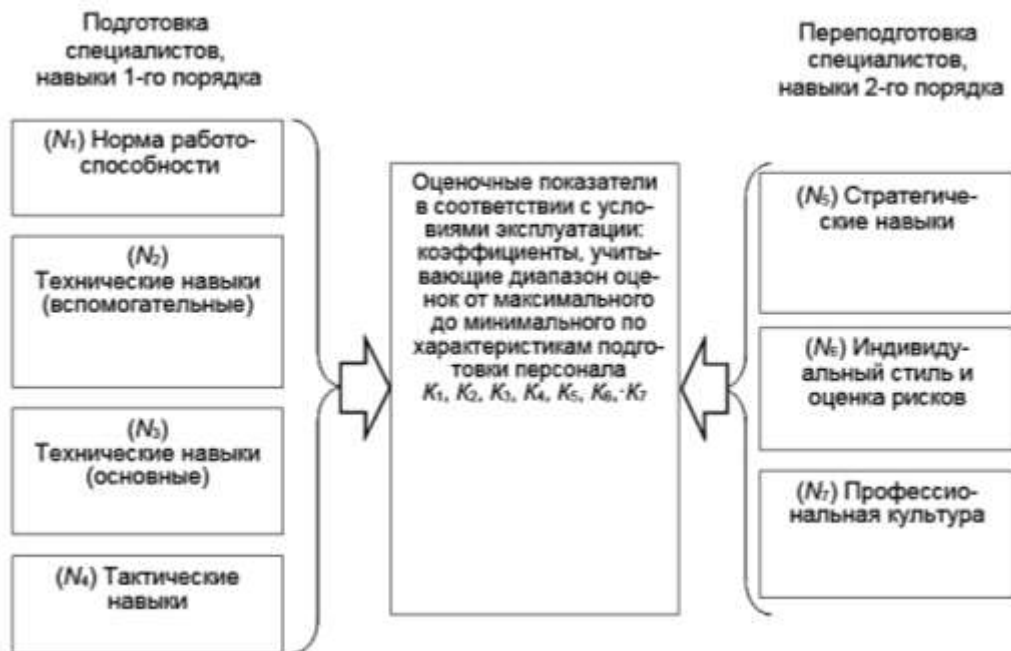


Рисунок 1 – Схема классификации профессиональных навыков и оценочных показателей персонала пассажирского автомобильного транспорта [1]

Количество баллов, полученное при оценке профессиональных навыков персонала, является подмножеством множества баллов, которое может быть получено при оценке профессиональных навыков работников.

Результаты и обсуждение

В качестве объектов соответствия работников квалификационным и профессиональным требованиям, составляющим универсальное множество, выбраны группы k -х навыков N_k , оцениваемые количеством баллов $N_{k,x,i}$, необходимых для выполнения i -х условий муниципального контракта на перевозку пассажиров и багажа x -й группой персонала пассажирского автомобильного транспорта. Множество задается количеством баллов, минимальное ($N_{k,x,i,min}$) и максимальное ($N_{k,x,i,max}$) значения которых определяются экзаменатором (рис. 2).

Количество баллов $N_{k,x,i}$ k -й группы профессиональных навыков x -й группы персонала, для выполнения i -х требований муниципального контракта на перевозку пассажиров и багажа, определяемых через измеряемый показатель, характеризующий условия эксплуатации подвижного состава, имеет вероятностный характер и для разных условий эксплуатации под влиянием внешней среды, будет принимать интервальные значения.

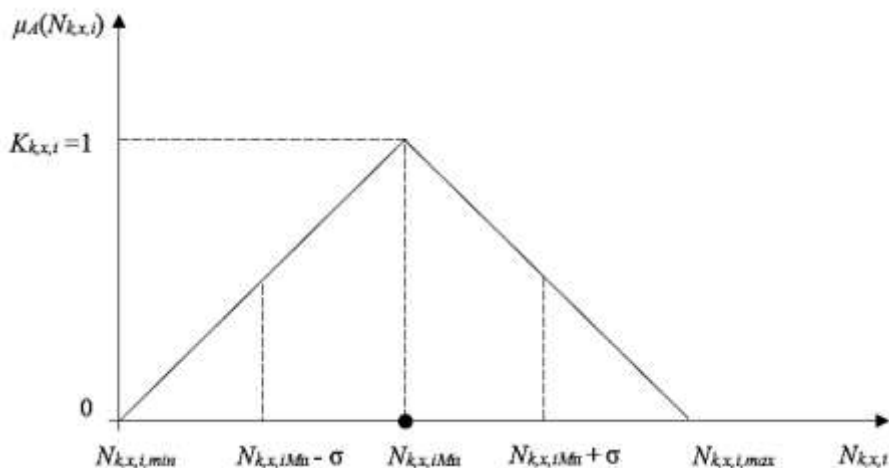


Рисунок 2 – Профиль количества баллов $N_{k,x,i}$ k -й группы навыков у x -й группы персонала, позволяющих выполнить i -е требования муниципального контракта на перевозку пассажиров и багажа

Количество баллов k -й группы профессиональных навыков у x -й группы персонала, для выполнения i -х требований муниципального контракта на перевозку пассажиров и багажа считается достаточным для подтверждения соответствия профессиональным и квалификационным требованиям ($N_{k,x,i \text{ треб}}$), если сотрудник в ходе проверки навыков обеспечивает значения измеряемого показателя $[N_{k,x,iMп} - \sigma, N_{k,x,iMп} + \sigma]$, соответствующее границам доверительного интервала с вероятностью 0,95.

Функция $\mu_A(N_{k,x,i})$ определяет коэффициенты $K_{k,x,i}$ множества A , соответствующий количеству баллов $N_{k,x,i}$, полученных за сформированность профессиональных навыков k -й группы у x -й группы персонала автомобильного транспорта, необходимых для выполнения i -х требований муниципального контракта на отрезке $[0, 1]$. Функция $\mu_A(N_{k,x,i}) = 1$, если количество баллов ($N_{k,x,iMп}$), определяющих сформированность профессиональных навыков k -й группы у x -й группы персонала автомобильного транспорта, необходимых для выполнения i -х требований муниципального контракта на перевозку пассажиров и багажа отвечает значениям соответствующим математическому ожиданию ($Mп$) измеряемого показателя, характеризующего условия эксплуатации подвижного состава (2. 3).

$$N_{k,x,i,Mп} = \frac{N_{k,x,i,max} - N_{k,x,i,min}}{2}, \tag{2}$$

где $N_{k,x,iMп}$ – количество баллов, определяющих сформированность профессиональных навыков k -й группы у x -й группы персонала автомобильного транспорта, необходимых для выполнения i -х требований муниципального контракта на перевозку пассажиров и багажа, соответствующее математическому ожиданию измеряемого показателя, характеризующего условия эксплуатации подвижного состава;

$N_{k,x,i,max}$ – максимальное количество баллов, полученных за сформированность k -й группы профессиональных навыков у x -й группы персонала, для выполнения i -х требований муниципального контракта на перевозку пассажиров и багажа;

$N_{k,x,i,min}$ – минимальное количество баллов, полученных за сформированность k -й группы профессиональных навыков у x -й группы персонала, для выполнения i -х требований муниципального контракта на перевозку пассажиров и багажа.

$$\mu_A(N_{k,x,i}) = \begin{cases} 1, & \text{если } N_{k,x,i} = N_{k,x,i,Mп}, \\ \frac{N_{k,x,i} - N_{k,x,i,min}}{N_{k,x,i,Mп} - N_{k,x,i,min}}, & N_{k,x,i,min} \leq N_{k,x,i} \leq N_{k,x,iMп}, \\ \frac{N_{k,x,i,max} - N_{k,x,i}}{N_{k,x,i,max} - N_{k,x,i,Mп}}, & N_{k,x,iMп} \leq N_{k,x,i} \leq N_{k,x,i,max}, \\ N_{k,x,i \text{ треб}} & \text{если } N_{k,x,iMп} - \sigma \leq N_{k,x,i} \leq N_{k,x,iMп} + \sigma. \end{cases} \tag{3}$$

где $N_{k,x,i}$ – баллы, определяющие сформированность профессиональных навыков k -й группы у x -й группы персонала автомобильного транспорта, необходимых для выполнения i -х требований муниципального контракта на перевозку пассажиров и багажа;

$N_{k,x,i \text{ треб}}$ – количество баллов k -й группы профессиональных навыков у x -й группы персонала, для выполнения i -х требований муниципального контракта на перевозку пассажиров и багажа достаточное для подтверждения соответствия профессиональным и квалификационным требованиям;

$N_{k,x,iMп} - \sigma$ – минимальное количество баллов k -й группы профессиональных навыков у x -й группы персонала, для выполнения i -х требований муниципального контракта на перевозку пассажиров и багажа достаточное для подтверждения соответствия профессиональным и квалификационным требованиям;

$N_{k,x,iMп} + \sigma$ – максимальное количество баллов k -й группы профессиональных навыков у x -

й группы персонала, для выполнения i -х требований муниципального контракта на перевозку пассажиров и багажа достаточное для подтверждения соответствия профессиональным и квалификационным требованиям.

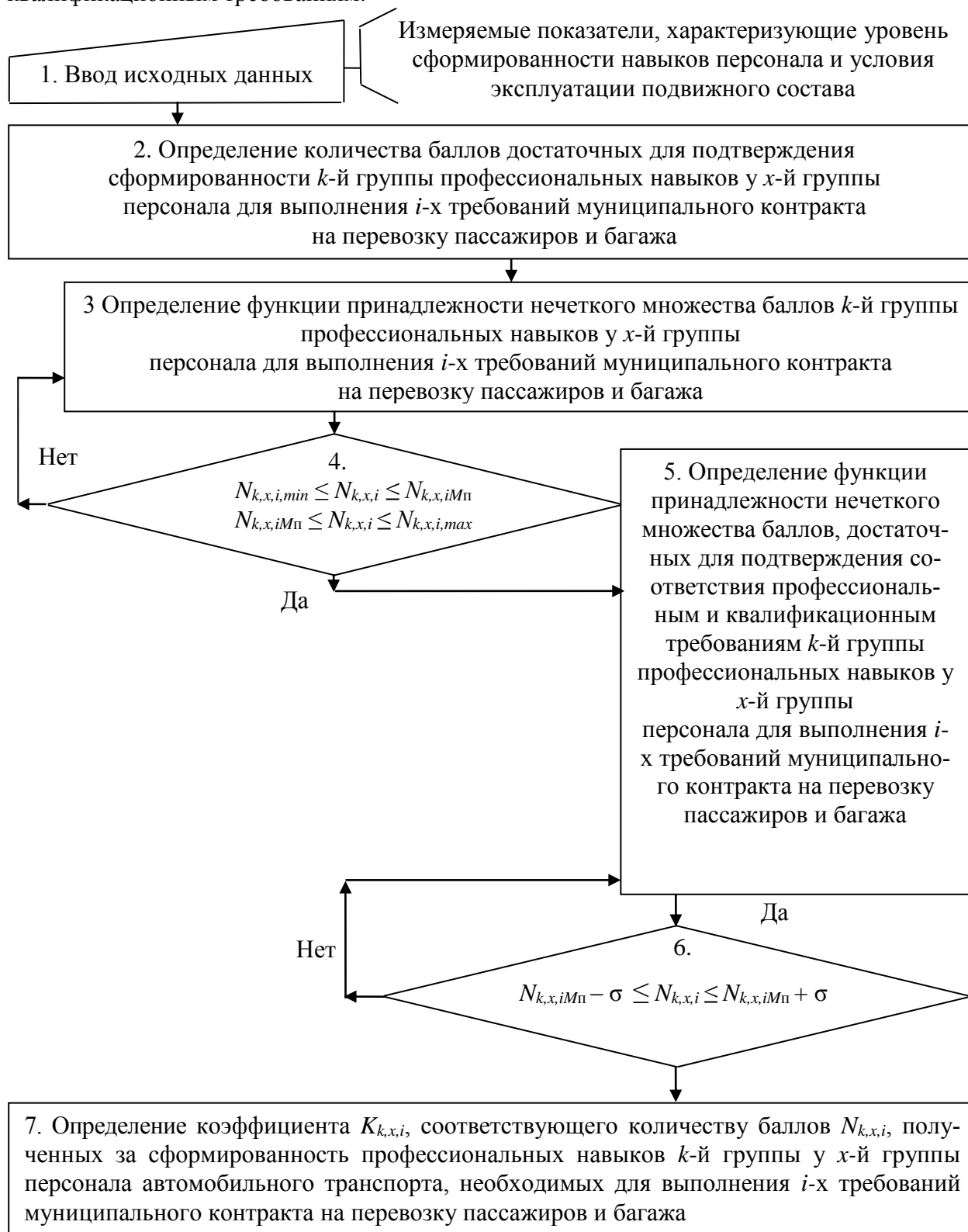


Рисунок 3 – Алгоритм методики определения коэффициента, соответствующего количеству баллов, полученных за сформированность профессиональных навыков персонала автомобильного транспорта, необходимых для выполнения требований муниципального контракта на перевозку пассажиров и багажа

Алгоритм применения метода нечетких множеств позволяет определить количество баллов сформированности профессиональных навыков через измеряемый показатель, харак-

теризующий условия эксплуатации подвижного состава. Показатель имеет вероятностный характер и для разных условий эксплуатации под влиянием внешней среды будет принимать интервальные значения (рисунок 3). Полученные баллы составляют нечеткое множество, функция принадлежности которого обозначает коэффициент сформированности профессиональных навыков работника.

Обеспечение производительности труда в существующих условиях работы не ниже планового уровня определяется новой концепцией, устанавливающей требования к работникам пассажирского автомобильного предприятия. Для этого бальная оценка измеряемого показателя устанавливает границы сформированности профессиональных навыков достаточные для подтверждения соответствия квалификационным и профессиональным требованиям в пределах доверительного интервала с вероятностью 0,95.

Выводы

1. Уровень соответствия персонала пассажирского автомобильного транспорта квалификационным и профессиональным требованиям определяется количеством баллов профессиональных навыков, необходимых для выполнения требований муниципального контракта на перевозку пассажиров и багажа, устанавливаемых через измеряемый показатель, характеризующий условия эксплуатации подвижного состава.

2. Существует проблема приведения результатов оценки измеряемых у работников характеристик к единому показателю для объективного определения соответствия работников квалификационным и профессиональным требованиям. Количественная оценка профессиональных навыков различных групп персонала пассажирского автомобильного транспорта имеет значительные отличия в зависимости от содержания выполняемой деятельности.

3. Использование теории нечетких множеств представляет сформированность показателей в виде коэффициентов, соответствующих количеству баллов, полученных за имеющийся у персонала уровень профессиональных навыков для их дальнейшего анализа методами математической статистики.

4. Количество баллов, полученных при оценке профессиональных навыков групп персонала, составляет подмножество множества баллов, которые могут быть получены при оценке профессиональных навыков работников. Бальная оценка измеряемого показателя определяет границы достаточные для подтверждения соответствия имеющихся у работника навыков квалификационным и профессиональным требованиям в пределах доверительного интервала с вероятностью 0,95.

5. Результаты проведенного исследования применимы для определения соответствия персонала пассажирского автомобильного предприятия квалификационным и профессиональным требованиям в существующих условиях эксплуатации подвижного состава.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бебинов С.Е., Трофимова Л.С. Теоретическое обоснование для разработки показателей совершенствования подготовки и переподготовки персонала пассажирского автомобильного транспорта // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. 2024. Т. 21. №1(95). С. 48-61. DOI 10.26518/2071-7296-2024-21-1-48-61. EDN QFTVNE.

2. Пыряев В.В., Волгина С.В. Отбор водителей по надежности и профессиональной пригодности на основе теории нечетких множеств // Экономика труда. 2019. Т. 6. №2. С. 1019-1028. DOI 10.18334/et.6.2.40794.

3. Анисимова М.В., Артеева В.С., Схведиани А.Е., Попова С.Д. Оценка соответствия специалиста «инженер-экономист в сфере транспорта» требованиям работодателя методом нечеткой логики // Инновации и инвестиции. 2023. №10. С. 320-323.

4. Федченко А.А., Филимонова И.В., Ярышина В.Н. Система оценки эффективности деятельности работников с целью их вознаграждения в условиях неопределенности // Управление. 2022. Т. 13. №6. С. 56-69. DOI 10.29141/2218-5003-2022-13-6-5.

5. Кравченко А.Е. Методика оценки конкурентного потенциала субъектов перевозочного бизнеса, осуществляющих гибкие транспортные услуги пассажирским автомобильным транспортом в курортных зонах // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. 2013. №1. С. 80-83.

6. Агапова Е.Г., Попова Т.М. Математическая модель задачи логистики с переменным тарифом //

International Journal of Advanced Studies. 2021. Т. 11. №2. С. 7-20. DOI 10.12731/2227-930X-2021-11-2-7-20.

7. Кашканов А.А. Математические методы обоснования решений в автотехнической экспертизе дорожно-транспортных происшествий // Автомобильный транспорт (Харьков). 2018. №43. С. 78-89. DOI 10.30977/AT.2219-8342.2018.43.0.78.

8. Заяц Ю.А., Заяц Т.М., Загородний Н.А., Шабанов А.В. Теоретические подходы к оценке уровня технической готовности автомобильного транспорта // Мир транспорта и технологических машин. 2022. №3-4(78). С. 27-34. DOI 10.33979/2073-7432-2022-4(78)-3-27-34.

9. Чернышев Ю.О., Кубил В.Н., Требухин А.В. Обзор нечетких задач маршрутизации транспорта // Advanced Engineering Research (Rostov-on-Don). 2020. Т. 20. №3. С. 325-331. DOI 10.23947/2687-1653-2020-20-3-325-331.

10. Deveci M., Öner S.C., Canitez F., Öner M. Evaluation of service quality in public bus transportation using interval-valued intuitionistic fuzzy QFD methodology // Research in Transportation Business & Management. Vol. 33. 2019. 100387. DOI 10.1016/j.rtbm.2019.100387.

11. Woźniak M., Zielonka A., Sikora A. Driving support by type-2 fuzzy logic control model, Expert Systems with Applications. Vol. 207, 2022. 117798.

12. Полетайкин А.Н., Подколзин В.В., Кулешова Н.В., Кунц Е.Ю. Нечеткая дескрипторная модель оценивания выраженности индикаторов достижения компетенций // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. 2019. №3(47). С. 55-69. DOI 10.21672/2074-1707.2019.47.3.055-069.

13. Кунц Е.Ю., Полетайкин А.Н., Шевцова Ю.В. Реализация модели нечеткого оценивания сформированности компетенций с помощью пакета Matlab // Новые информационные технологии в образовании и науке. 2020. №3. С. 66-72. DOI 10.17853/2587-6910-2020-03-66-72.

14. Кунц Е.Ю., Полетайкин А.Н., Шевцова Ю.В. Реализация модели нечеткого оценивания сформированности компетенций с помощью пакета Matlab // Новые информационные технологии в образовании и науке. 2020. №3. С. 66-72. DOI 10.17853/2587-6910-2020-03-66-72.

15. Бебинов С.Е., Трофимова Л.С., Жигадло А.П. концепция для разработки требований к персоналу пассажирского автомобильного транспорта, совершенствования подготовки и переподготовки // Мир транспорта и технологических машин. 2023. №3-5(82). С. 118-129. DOI 10.33979/2073-7432-2023-3-5(82)-118-129. EDN OMHOYF.

Бебинов Сергей Евгеньевич

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)

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

К.п.н., доцент кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте»

E-mail: bebinov.ru@gmail.com

Трофимова Людмила Семеновна

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)

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

Д.т.н., доцент, профессор кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте»

E-mail: trofimova_ls@mail.ru

S.E. BEBINOV, L.S. TROFIMOVA

APPLICATION OF FUZZY SET METHODS TO ASSESS THE DEVELOPMENT OF PROFESSIONAL SKILLS, TAKEN INTO ACCOUNT OF THE FEATURES OF OPERATING PASSENGER ROAD TRANSPORT

***Abstract.** Based on the results of the research, it is proposed to establish the compliance of passenger road transport personnel with qualification and professional requirements through measurable indicators characterizing the operating conditions of rolling stock. The scoring of the measured indicators is probabilistic in nature and for different operating conditions under the influence of the external environment takes interval values. Due to differences in rating scales for different measured indicators, there is a problem of their comparison and interpretation. The use of fuzzy set theory makes it possible to evaluate indicators in the form of coefficients corresponding to the number of points for their further analysis using mathematical statistics methods.*

***Keywords:** measured indicator, formation coefficient, professional skills, operating conditions of rolling stock, indicator membership function*

BIBLIOGRAPHY

1. Bebinov S.E., Trofimova L.S. Teoreticheskoe obosnovanie dlya razrabotki pokazateley sovershenstvovaniya podgotovki i perepodgotovki personala passazhirskogo avtomobil'nogo transporta // Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo avtomobil'no-dorozhnogo universiteta. 2024. T. 21. №1(95). S. 48-61. DOI 10.26518/2071-7296-2024-21-1-48-61. EDN QFTVHE.
2. Pyryaev V.V., Volgina S.V. Otbor voditeley po nadezhnosti i professional'noy prigodnosti na os-nove teorii nechetkikh mnozhestv // Ekonomika truda. 2019. T. 6. №2. S. 1019-1028. DOI 10.18334/et.6.2.40794.
3. Anisimova M.V., Arteeva V.S., Skhvediani A.E., Popova S.D. Otsenka sootvetstviya spetsialista «inzhenerekonomist v sfere transporta» trebovaniyam rabotodatelya metodom nechetkoy logiki // Innovatsii i investitsii. 2023. №10. S. 320-323.
4. Fedchenko A.A., Filimonova I.V., Yaryshina V.N. Sistema otsenki effektivnosti deyatel'nosti rabotnikov s tsel'yu ikh voznagrazhdeniya v usloviyakh neopredelennosti // Upravlenets. 2022. T. 13. №6. S. 56-69. DOI 10.29141/2218-5003-2022-13-6-5.
5. Kravchenko A.E. Metodika otsenki konkurentnogo potentsiala sub"ektov perevozochnogo biznesa, osushchestvlyayushchikh gibkie transportnye uslugi passazhirskim avtomobil'nym transportom v kurortnykh zonakh // Transport: nauka, tekhnika, upravlenie. Nauchnyy informatsionnyy sbornik. 2013. №1. S. 80-83.
6. Agapova E.G., Popova T.M. Matematicheskaya model' zadachi logistiki s peremennym tarifom // International Journal of Advanced Studies. 2021. T. 11. №2. S. 7-20. DOI 10.12731/2227-930X-2021-11-2-7-20.
7. Kashkanov A.A. Matematicheskie metody obosnovaniya resheniy v avtotekhnicheskoy ekspertize dorozhno-transportnykh proisshestviy // Avtomobil'nyy transport (Har'kov). 2018. №43. S. 78-89. DOI 10.30977/AT.2219-8342.2018.43.0.78.
8. Zayats YU.A., Zayats T.M., Zagorodniy N.A., Shabanov A.V. Teoreticheskie podkhody k otsenke urovnya tekhnicheskoy gotovnosti avtomobil'nogo transporta // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2022. №3-4(78). S. 27-34. DOI 10.33979/2073-7432-2022-4(78)-3-27-34.
9. Chernyshev YU.O., Kubil V.N., Trebukhin A.V. Obzor nechetkikh zadach marshrutizatsii transporta // Advanced Engineering Research (Rostov-on-Don). 2020. T. 20. №3. S. 325-331. DOI 10.23947/2687-1653-2020-20-3-325-331.
10. Deveci M., Oner S.C., Cantez F., Oner M. Evaluation of service quality in public bus transportation using interval-valued intuitionistic fuzzy QFD methodology // Research in Transportation Business & Management. Vol. 33. 2019. 100387. DOI 10.1016/j.rtbm.2019.100387.
11. Woniak M., Zielonka A., Sikora A. Driving support by type-2 fuzzy logic control model, Expert Systems with Applications. Vol. 207, 2022. 117798.
12. Poletaykin A.N., Podkolzin V.V., Kuleshova N.V., Kunts E.YU. Nechetkaya deskriptornaya model' otsenivaniya vyrazhennosti indikatorov dostizheniya kompetentsiy // Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii. 2019. №3(47). S. 55-69. DOI 10.21672/2074-1707.2019.47.3.055-069.
13. Kunts E.YU., Poletaykin A.N., Shevtsova YU.V. Realizatsiya modeli nechetkogo otsenivaniya sformirovannosti kompetentsiy s pomoshch'yu paketa Matlab // Novye informatsionnye tekhnologii v obrazovanii i nauke. 2020. №3. S. 66-72. DOI 10.17853/2587-6910-2020-03-66-72.
14. Kunts E.YU., Poletaykin A.N., Shevtsova YU.V. Realizatsiya modeli nechetkogo otsenivaniya sformirovannosti kompetentsiy s pomoshch'yu paketa Matlab // Novye informatsionnye tekhnologii v obrazovanii i nauke. 2020. №3. S. 66-72. DOI 10.17853/2587-6910-2020-03-66-72.
15. Bebinov S.E., Trofimova L.S., ZHigadlo A.P. kontseptsiya dlya razrabotki trebovaniy k personalu passazhirskogo avtomobil'nogo transporta, sovershenstvovaniya podgotovki i perepodgotovki // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2023. №3-5(82). S. 118-129. DOI 10.33979/2073-7432-2023-3-5(82)-118-129. EDN OMHOYF.

Bebinov Sergey Evgenyevich

Siberian State Automobile and Road University (SibADI)

Address: 644080, Russia, Omsk, Mira Ave., 5

Candidate of Pedagogical Sciences

E-mail: bebinov.ru@gmail.com

Trofimova Liudmila Semenovna

Siberian State Automobile and Highway University (SibADI)

Address: 644080, Russia, Omsk, Mira Ave., 5

Doctor of Technical Sciences

E-mail: trofimova_ls@mail.ru

А.Ю. РОДИЧЕВ, Ю.Н. КАЗАКОВ, И.В. РОДИЧЕВА, Л.А. САВИН

ПРИНЦИПЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ ОСЕЙ БАЛАНСИРОВ ЗАДНИХ МОСТОВ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

***Аннотация.** Рассмотрены особенности конструкций и применения балансирной подвески многоосных автотранспортных средств. На основе статистических данных проведен анализ ресурсных характеристик и причин потери работоспособности опор скольжения балансиров задних мостов. Разработана математическая модель и программа расчета грузоподъемности подшипников скольжения балансиров с возвратно-вращательным режимом работы. Представлены результаты расчета полей давлений смазочного материала в рабочей зоне подшипников и значения грузоподъемности в зависимости от углов качения подвески. Сделаны рекомендации по снижению уровня износа антифрикционных втулок ступиц поперечных осей балансиров грузовых автомобилей.*

***Ключевые слова:** статистические данные, математическая модель, программа и результаты расчета, интенсивность износа, подшипники скольжения, антифрикционные покрытия*

Введение

В трехосных грузовых автомобилях и многоосных прицепах транспортных средств широко применяется балансирная подвеска, сочетающая в себе высокую эффективность и надежность, а также удобство обслуживания и высокий уровень ремонтпригодности. Отличительной особенностью данного типа подвески является наличие тележки с расположенными недалеко друг от друга задними мостами, рессорами и набором реактивных штанг, позволяющей обеспечить свободное качение на несущей оси балансира, что исключает кручение и крен рамы транспортного средства. При этом благодаря рессорам и реактивным штангам мосты могут независимо перемещаться в вертикальной плоскости, что позволяет компенсировать динамические нагрузки на элементы конструкции и плавно преодолевать неровности дороги [1-8].

Подвеска грузовых автотранспортных средств испытывает при эксплуатации большие нагрузки, измеряемые десятками тонн, что создает трудности особенно при некачественном состоянии дорожного полотна. Срок службы многих сложнагруженных деталей и узлов ограничен. Статистика эксплуатации многоосных грузовых автомобилей свидетельствует о достаточно частом выходе из строя балансиров, крепежных элементов, рессор, уплотнений и других элементов. Любая неисправность задней подвески требует немедленного устранения и может быть причиной серьезных аварий.

Материал и методы

В общем случае балансирное устройство включает поперечную несущую ось 1, которая крепится с помощью кронштейнов к раме автомобиля и служит опорой, соединенной с балками мостов ступицы (башмака), в которой размещена антифрикционная втулка 2 подшипника скольжения (рис. 1). Сверху на балансирах стремянками фиксируются рессоры, также опирающиеся на балки мостов.

Опорные узлы, включающие концевые участки несущей оси, корпус башмака, каналы подачи смазочного материала, уплотнения и крепежные элементы, в значительной степени можно считать «критическими» элементами подвески, определяющими надежность и ресурс транспортных средств, межремонтный интервал, эксплуатационные расходы и другие показатели. Одной из основных причин выхода из строя балансирной подвески является износ антифрикционных втулок. Конструктивные особенности этих узлов не позволяют своевре

менно выявлять износ этих деталей, что в процессе эксплуатации приводит к увеличению радиального зазора между опорными поверхностями, динамических нагрузок в элементах конструкции с последующим разрушением подшипника.

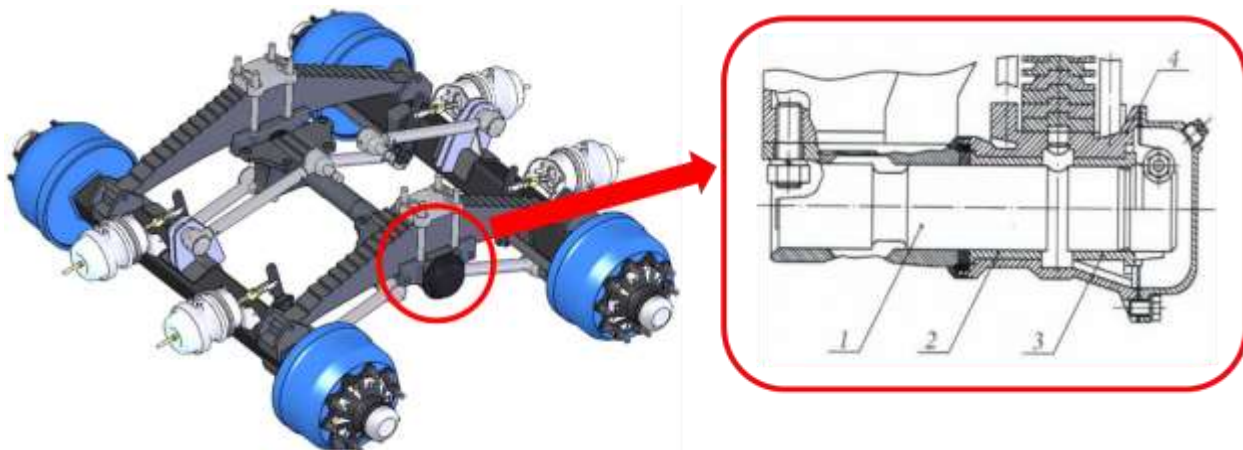


Рисунок 1 – Балансирная подвески автомобиля и схема установки подшипников скольжения

Задача обеспечения безопасности, длительного ресурса и экономической эффективности эксплуатации грузовых автомобилей предполагает периодическую проверку износа подшипников осей балансиров, что требует значительных затрат времени и материальных ресурсов, что ведет к снижению эффективности эксплуатации транспортных средств. Следует отметить, что при проведении технического обслуживания и ремонта подвески сложно обеспечить монтаж опор оси балансира с высокой точностью, прежде всего их соосного расположения вследствие достаточно большого межопорного расстояния и малого зазора [9-14].

Цель данной статьи заключается в теоретическом исследовании физических процессов и причин износа поверхностей втулок подшипников при возвратно-вращательном режиме работ на основе результатов вычислительного эксперимента, проведенного с использованием разработанной математической модели и специальной программы расчета. На основании полученных результатов сформированы рекомендации по повышению износостойкости качающихся опор скольжения балансиров.

Теория

Подшипники скольжения осей балансиров обладают в определенной мере уникальными особенностями. В первую очередь это большие нагрузки, составляющие десятки тонн, а также возвратно-вращательные (качающиеся) движения поверхностей трибосопряжения, что значительно отличается от режима трения радиальных опор вращающихся валов и осей. Условия работы опор скольжения осей балансиров можно проследить на основе представленной на рисунке 2 структурно-функциональной схемы. Качение балансира происходит с определенным углом отклонения относительно вертикальной оси Y (максимальный угол α). Угловые скорости относительного скольжения опорных поверхностей и углы поворота башмака представлены на рисунке 4. При наличии смазочного материала в конфузорно-диффузорном зазоре происходит формирование зоны повышенных давлений в результате сдвига слоев масла, что создает предпосылку формирования несущей способности в результате действия гидродинамического клина и разделения поверхностей трения [15-16]. В данном случае реализуется режим жидкостного трения, предполагающее разделение поверхностей. Для изучения влияния геометрических, кинематических, реологических и рабочих параметров на величину грузоподъемности подшипника скольжения оси балансира была разработана математическая модель и специальная программа расчета. Моделируется течение жидкости в канале между двумя соосными цилиндрами. Для сохранения смазочного материала в рабочей зоне подшипника используются уплотнения. В представленной конструкции

нет каналов регулярной подачи масла и отсутствует слив на торцах втулки, что должно быть учтено при выборе граничных условий при расчете давлений.

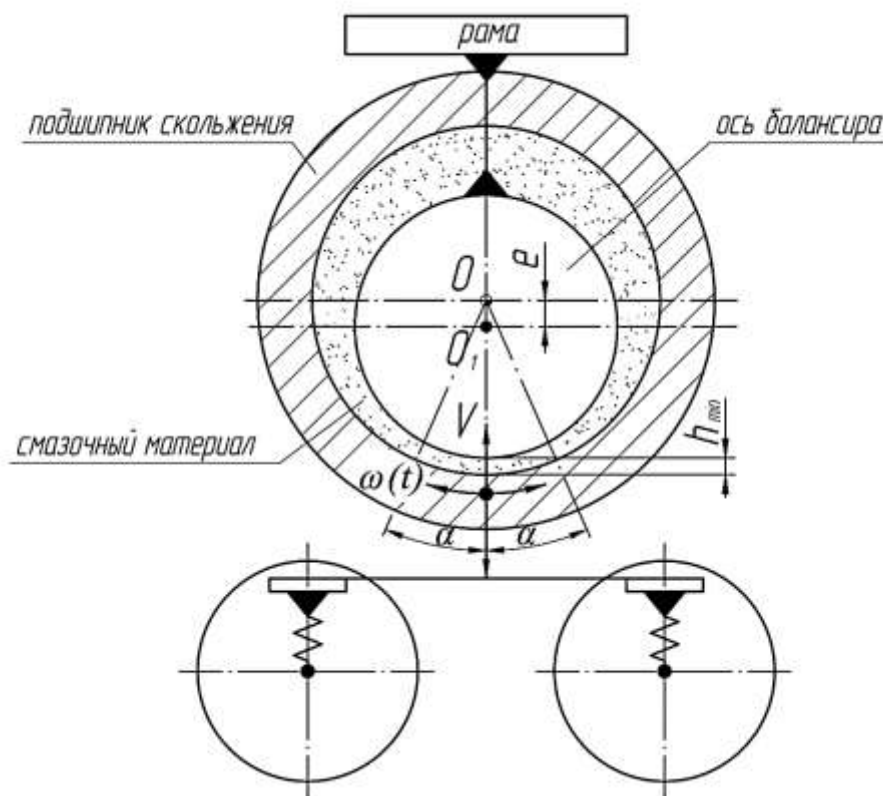


Рисунок 2 – Структурно функциональная схема работы балансирующей подвески

В данной постановке решается двумерная задача течения жидкости между двумя цилиндрами. Математическая модель данной конфигурации подшипника базируется на основе модифицированного уравнения Рейнольдса в цилиндрических координатах, которое было получено путем совместного решения уравнений движения и неразрывности среды [17-19]:

$$h^3 \frac{\partial}{\partial \beta_1} \left(\beta_1 \frac{\partial p}{\partial \beta_1} \right) + \frac{1}{\beta_1} \frac{\partial}{\partial \beta_2} \left(h^3 \frac{\partial p}{\partial \beta_2} \right) = 6\omega r \mu \frac{\partial h}{\partial \beta_2}, \quad (1)$$

где ω - угловая скорость,

μ - вязкость смазочного вещества,

r - радиус вала,

β_1 и β_2 - радиальная и угловая координаты соответственно,

h - функция зазора,

p - давление смазочного вещества.

Функция радиального зазора в окружном направлении в цилиндрических координатах будет иметь следующий вид:

$$h = h(\beta_2) = h_0 - X_1 \sin(\beta_2) - X_2 \cos(\beta_2), \quad (2)$$

где X_i - координаты положения центра вала в опоре,

h_0 - средний радиальный зазор, равный половине разности диаметров оси и втулки.

Значение диаметрального зазора можно рассчитать на основе принимаемой посадки в соединении оси и втулки. Например, посадка H11/c8 при диаметре Ø88 мм имеет следующие отклонения: $S_{\min} = 0 - (-0,170) = 17$ мкм, $S_{\max} = +0,220 - (-0,224) = 0,444$ мм = 444 мкм. В этом случае при выполнении расчетов радиальный зазор целесообразно принять равным половине среднего значения зазора в посадке, в данном случае $h_0 = 230$ мкм.

Интегрирование поля давлений полученного на базе решения уравнения (1) в совокупности с (2) позволяет получить значения гидродинамических сил:

$$R_x = - \int_{\beta_2^-}^{\beta_2^+} \int_{\beta_1^-}^{\beta_1^+} p \cos \varphi \beta_1 d\beta_1 d\beta_2, \quad (3)$$

$$R_y = - \int_{\beta_2^-}^{\beta_2^+} \int_{\beta_1^-}^{\beta_1^+} p \sin \varphi \beta_1 d\beta_1 d\beta_2,$$

где φ – угол положения окрестности точки;

β_i на поверхности внутреннего цилиндра в координатах X_j .

В свою очередь общую грузоподъемность подшипника можно найти как векторную сумму сил реакций подшипника:

$$W = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} \quad (4)$$

Момент силы трения в подшипнике определяется по формуле [20-24]:

$$M = -r \int_{\beta_2^-}^{\beta_2^+} \int_{\beta_1^-}^{\beta_1^+} \left(\frac{\partial p}{\partial \beta_2} \frac{h}{2\beta_1} + \frac{u_2 \mu}{h} \right) \beta_1 d\beta_1 d\beta_2; \quad (5)$$

Представленная математическая модель цилиндрического подшипника была реализована в программной среде разработки Matlab. Для решения уравнения Рейнольдса использовался численный метод – метод конечных разностей. Расчеты проводились с учетом геометрических и рабочих параметров системы. Для определения положения вала в подшипнике и значений его скорости в каждый момент времени использовалось графическое дифференцирование, результаты которого представлены на рисунке 3.

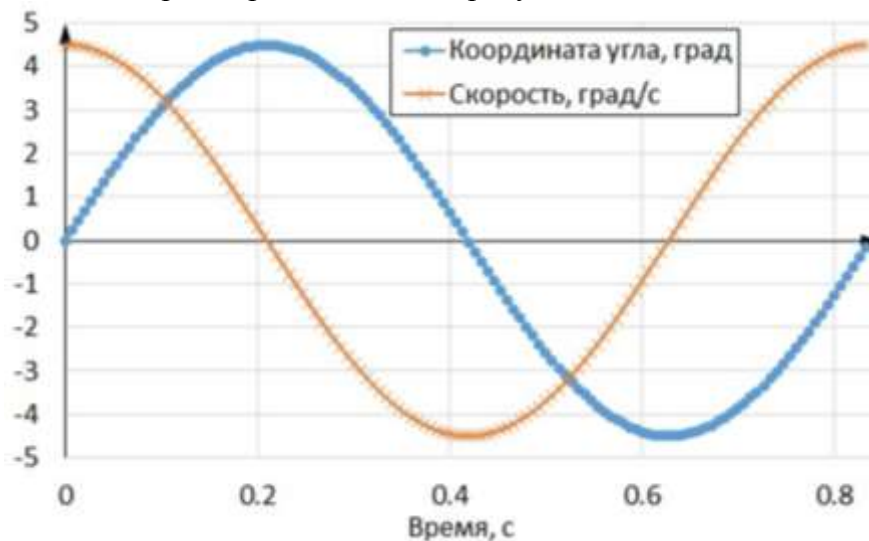


Рисунок 3 - График изменения скорости в зависимости от угла поворота балансира

Расчеты проводились для опоры со следующими параметрами: диаметр вала $d = 88$ мм, длина подшипника $L = 80$ мм, скорость перемещения подшипника скольжения ω варьировалась от 0 рад/с до 4,5 рад/с, средний зазор смазочного слоя h_0 был также изменяемым параметром и изменялся от 170 мкм до 440 мкм, эксцентриситет положения ротора $e=0,5...0,99$, в качестве смазочной жидкости использовалось трансмиссионное масло ТАП-15В с динамической вязкостью $\mu = 0,142$ Па·с. На рисунке 4 представлено 3Д изображение поля давлений исследуемого подшипника, которое дает качественную картину результата моделирования гидродинамического процесса. Поле давлений представляет собой трехмерную плоскость, где по длине подшипника дублируется функция расчетного давления. Можно отметить постепенное увеличение давления, но окружной координате в направлении скольжения с последующим резким снижением в диффузорной части канал. При относительном эксцентриситете $e = 0,8$ и угловой скорости 4,5 рад/с максимальное значение давления в смазочном слое составляет при заданных параметрах $P_{max} = 0,25$ Мпа. Это слишком малое значение для формирования гидродинамической реакции, которое может обеспечить жидкостный режим работы подшипника балансира.

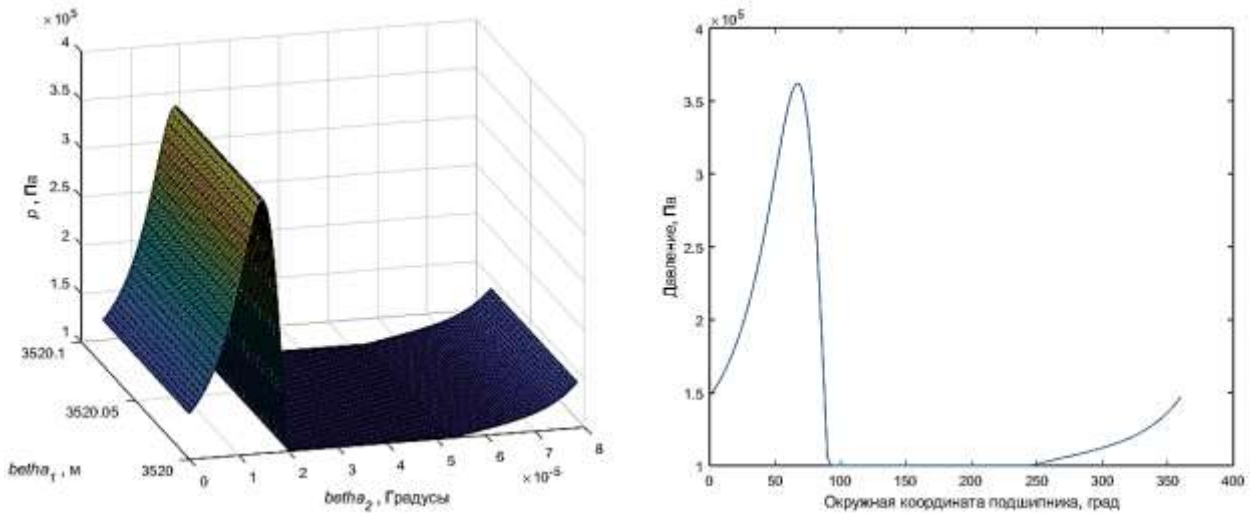


Рисунок 4 – 3Д изображение поля давлений для подшипника

Для более детального анализа полей давлений были проведены расчеты полей давлений (рис. 5) при различных положениях и соответствующих угловых скоростях скольжения оси при качании балансира.

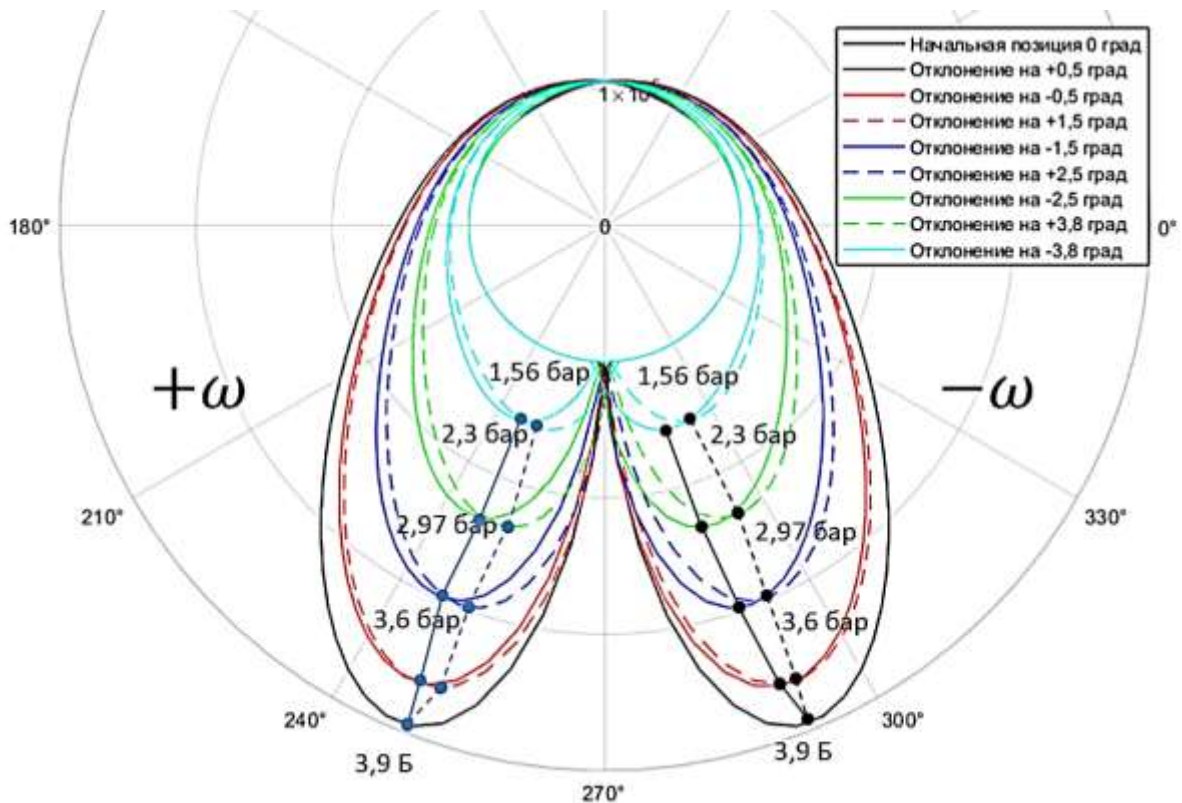


Рисунок 5 – Результаты расчета полей давления при разных отклонениях и угловых скоростях балансира

Согласно полученным результатам расчетов, представленным на диаграмме мы можем увидеть изменение величины давлений в зависимости от скорости качания балансира и изменения его угловых скоростей.

Результаты и обсуждение

Расчеты подшипника проводились при указанных значениях диаметрального зазора и относительного эксцентриситета во всем диапазоне угловых скоростей качения балансира $\omega = 0 \dots 4,5$ рад/с. Были получены значения грузоподъемности в нулевой точке отклонения балансира при максимальной скорости вращения, а также при смещении балансира в рабочем диапазоне углов при вращении в обе стороны. Результаты расчета грузоподъемности

подшипника в диапазонах изменения относительного эксцентриситета $e=0,5...0,96$ и $0,98...0,999$ при средней (2,2 рад/с) и максимальной угловой скорости качения представлены на рисунке 6.

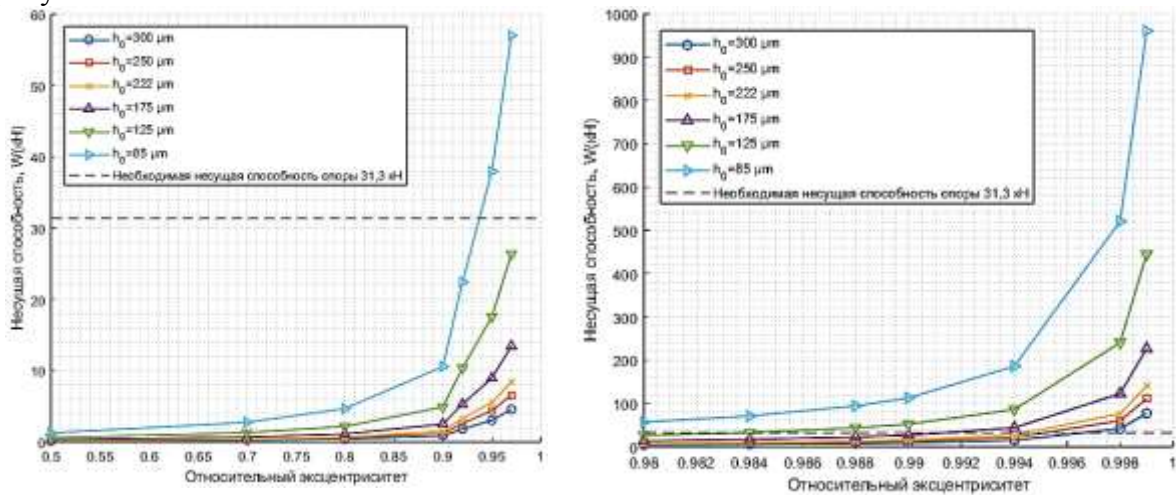


Рисунок 6 – Грузоподъемность подшипника при различных углах положения и скоростях качения балансира

Можно отметить нелинейный рост грузоподъемности (несущей способности) при увеличении эксцентриситета и уменьшении значений толщины смазочного слоя. Штриховой линией отмечена возможная максимальная (значение принято в соответствии с размерами подшипника) нагрузка на одну опору 31,3 кН. Следует отметить, что превышение значения грузоподъемности выше этой линии соответствует жидкостному режиму трения и отсутствию контактного взаимодействия поверхностей трения. При максимальной скорости скольжения в нижней точке траектории качения жидкостный режим возможен при относительном эксцентриситете 0,93, что соответствует минимальному зазору $h_{min} = h_0 (1 - e) = 200 (1 - 0,93) = 14$ мкм. Важным показателем работоспособности подшипника, в частности, достаточной грузоподъемности в режиме жидкостной смазки и отсутствия износа опорных поверхностей, является минимальный зазор $h_{min} = h_0 - e_{max}$.

Информативной является также величина относительного минимального зазора $\bar{h} = \frac{h_{min}}{h_0}$. Для

анализа работоспособности целесообразно также использовать критическое значение зазора $h_{кр} = \frac{(R_{a1} + R_{a2})k}{2}$, где R_{a1} и R_{a2} – высота шероховатостей поверхностей; k – коэффициент запаса. Минимальное значение критического зазора рекомендуется не менее 5 мкм.

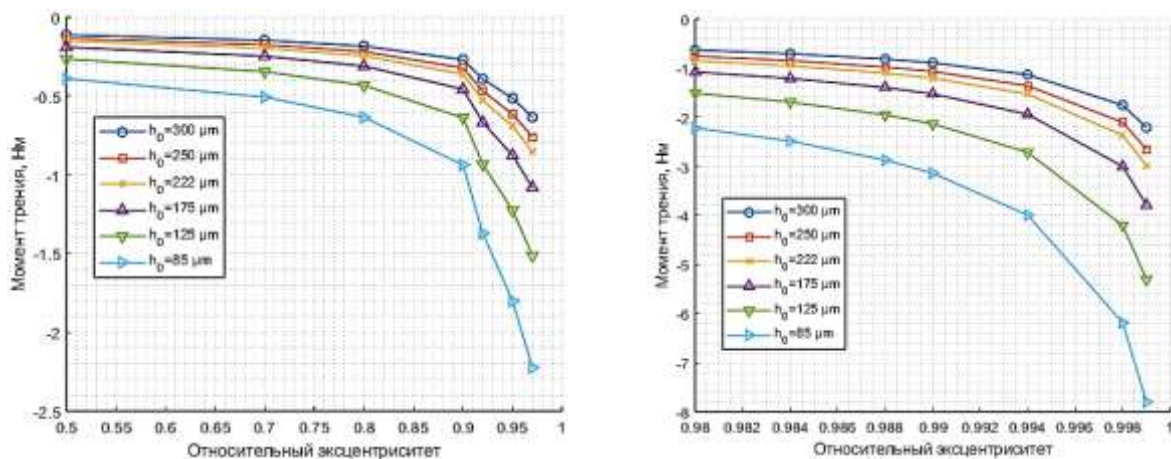


Рисунок 7 – Моменты трения при различных углах положения и скоростях качения балансира

Изменение момента трения в подшипнике балансира в зависимости от величины радиального зазора и относительного эксцентриситета в фиксированной точке на траектории качения и соответствующей угловой скорости представлены на рисунке 7.

Согласно представленным диаграммам, можно отметить резкое увеличение потерь на трение в смазочном слое на эксцентриситетах более 0,95.

Выводы

Полученные результаты свидетельствуют о потенциальной возможности реализации жидкостного режима смазки в подшипнике балансира в зоне максимального давления и наибольшего износа втулки при определенных значения радиального зазора. Представленные материалы относятся к анализу только одной из причин утраты работоспособности подшипников балансира, а именно, износу опорной поверхности втулки. Изнашивание антифрикционного слоя приводит к увеличению радиального зазора и уменьшению уровня давлений в смазочном слое и гидродинамических реакции, что в свою очередь вызывает ускорение процесса износа. Но это только трибологический аспект вопроса. Дело в том, что с увеличением зазора в подшипнике приводит к росту возможных амплитуд радиальных колебаний оси балансира и динамических воздействий вследствие неровности дорожного полотна. Статистика свидетельствует, что разрушение подшипника скольжения и элементов крепления вызывают именно ударные воздействия при колебаниях подвески. Изучение влияния динамических процессов в балансирах устройствах грузовых автомобилей является отдельной и очень важной темой исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zudov G.Yu., Buslaeva I.I., Levin A.I. New approach to assessment of influence of climatic temperatures on working capacity of KAMAZ trucks in the North // *Procedia Structural Integrity*. Vol. 20. 2019. P. 300-305.
2. Yakovleva S.P., Buslaeva I.I., Makharova S.N., Levin A.I. Damage, brittle fracture resistance and working capacity of a KAMAZ vehicle leaf spring when operating in the North // *Procedia Structural Integrity*. Vol. 20. 2019. P. 154-160.
3. Основы надежности машин: Учебное пособие для вузов / Кравченко И.Н., Зорин В.А., Пучин Е.А., Бондарева Г.Н. Москва, 2007. 484 с.
4. Кох П.И. Климат и надежность машин. М.: Машиностроение, 1981. 175 с.
5. Lindén J., Söderberg A., Sellgren U. Reliability assessment with varying operating conditions // *Procedia CIRP*. Vol. 50. 2016. P. 796-801.
6. Ременцов А.Н., Фролов Ю.Н., Воронов В.П. Системы, технологии и организация услуг в автомобильном сервисе: учебник. М.: Академия, 2013. 480 с.
7. Гаврилов В.И. Повышение безотказности транспортных средств при использовании в сельском хозяйстве за счет диагностирования подвески (на примере автомобиля КАМАЗ): Автореф. Волгоград, 2010. 20 с.
8. Машков Е.А. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей КамАЗ-5320, 53211, 53212, 53213, 5410, 54112, 55111, 55102 // Иллюстрированное издание-Издательство «Третий Рим», 1997. 88 с.
9. Дроздов Ю.Н., Юдин Е.Г., Белов А.И. Прикладная трибология (трение, износ, смазка) // М.: Эко-Пресс, 2010. 604 с.
10. Кутьков А.А. Износостойкие и антифрикционные покрытия. М.: Машиностроение, 1976. 152 с
11. Руководство по ремонту и техническому обслуживанию автомобилей КамАЗ. М.: За рулем, 2001. 289 с.
12. Токмаков Н.В., Родичев А.Ю., Поляков Р.Н., Сытин А.В., Токмакова М.А. Контроль и восстановление подшипников скольжения при сервисном обслуживании автомобильной и дорожно-строительной техники // *Мир транспорта и технологических машин*. Орел: ОГУ имени И.С. Тургенева. 2018. №3(62). С. 19-27.
13. Титунин Б.А. Ремонт автомобилей КамАЗ. М.: Книга по Требованию, 2012. 284 с.
14. Кузнецов А.С. Автомобили КамАЗ с колесной формулой 6x4 и 6x6. Руководство по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту. М.: Третий Рим, 2012. 268 с.
15. Соловьев С.Н., Клименко Л.П., Буду С.Ж., Трофимова Е.В. Триботехнология: словарь-справочник. Николаев: НГТУ им. П.Могилы, 2003. 384 с.
16. Чернец М.В., Клименко Л.П., Пашечко М.И., Невчас А.В. Трибомеханика, триботехника, триботехнологии: Механика трибоконтактного взаимодействия при скольжении // Николаев: НГТУ им. Петра Могилы. 2006. 476 с.
17. Y.N. Kazakov, A.V. Kornaev, D.V. Shutin, S. Li, L.A. Savin. Active Fluid-Film Bearing With Deep Q-Network Agent-Based Control System // Vol. 144. №8. 2022. doi: 10.1115/1.4053776/1135199.

18. Y.N. Kazakov, A.V. Kornaev, D.V. Shutin, E.P. Kornaeva, L.A. Savin. Reducing Rotor Vibrations in Active Conical Fluid Film Bearings with Controllable Gap. *Nelineinaya Din.* Vol. 18. №5. 2022. P. 863-873. doi: 10.20537/ND221226.

19. D. Shutin, L. Savin, Y. Kazakov. Studying the Effect of Viscous Friction Minimization in Actively Lubricated Journal Hybrid Bearings // *Lect. Notes Mech. Eng.* 2023. P. 55–64. doi: 10.1007/978-3-031-32394-2_5/FIGURES/9.

20. D. Shutin, Y. Kazakov. Theoretical and Numerical Investigation of Reduction of Viscous Friction in Circular and Non-Circular Journal Bearings Using Active Lubrication // *Lubr.* 2023. Vol. 11. №5. P. 218. doi: 10.3390/LUBRICANTS11050218.

21. D. Shutin, Shutin, Denis. Static reduction of viscous friction and stability of rotor motion in actively lubricated fluid film bearings // *AIPC.* Vol. 3102. №1. 2024. P. 20004. doi: 10.1063/5.0200039.

22. M. Wasilczuk. Friction and Lubrication of Large Tilting-Pad Thrust Bearings // *Lubr.* 2015. Vol. 3. P. 164-180. doi: 10.3390/LUBRICANTS3020164.

23. A.V. Kornaev, N.V. Kornaev, E.P. Kornaeva, L.A. Savin. Application of Artificial Neural Networks to Calculation of Oil Film Reaction Forces and Dynamics of Rotors on Journal Bearings // *Int. J. Rotating Mach.* Vol. 2017. 2017. doi: 10.1155/2017/9196701.

24. Nicoletti R. Comparison between a meshless method and the finite difference method for solving the reynolds equation in finite bearings // *J. Tribol.* Vol. 135. №4. 2013. doi: 10.1115/1.4024752/377784.

Родичев Алексей Юрьевич

Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева

Адрес: 302020, Россия, г. Орёл, Наугорское шоссе, 29

К.т.н., доцент кафедры мехатроники, механики и робототехники

E-mail: rodfox@yandex.ru

Казаков Юрий Николаевич

Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева

Адрес: 302020, Россия, г. Орёл, Наугорское шоссе, 29

Аспирант

E-mail: kazakyurii@yandex.ru

Родичева Ирина Владимировна

Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева

Адрес: 302020, Россия, г. Орёл, Наугорское шоссе, 29

Аспирант

E-mail: irina.rodicheva.rodicheva@yandex.ru

Савин Леонид Алексеевич

Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева

Адрес: 302020, г. Орёл, Наугорское шоссе, 29

Д.т.н., профессор кафедры мехатроники, механики и робототехники

E-mail: savin3257@mail.ru

A.Yu. RODICHEV, Yu.N. KAZAKOV, I.V. RODICHEVA, L.A. SAVIN

**PRINCIPLES OF FUNCTIONING AND CHARACTERISTICS
OF SLIDING BEARINGS OF REAR AXLE BALANCE UNITS
OF TRUCK VEHICLES**

Abstract. *The article considers the design features and application of the balance beam suspension of multi-axle vehicles. Based on statistical data, the analysis of resource characteristics and causes of loss of performance of sliding bearings of rear axle balance beams is carried out. A mathematical model and a program for calculating the load-bearing capacity of sliding bearings of balance beams with a reciprocating-rotary mode of operation are developed. The results of calculating the pressure fields of the lubricant in the working area of the bearings and the load-bearing capacity values depending on the rolling angles of the suspension are presented. Recommendations are made to reduce the wear level of antifriction bushings of the hubs of the transverse axles of the balance beams of trucks.*

Keywords: *statistical data, mathematical model, program and calculation results, wear intensity, plain bearings, antifriction coatings*

BIBLIOGRAPHY

1. Zudov G.Yu., Buslaeva I.I., Levin A.I. New approach to assessment of influence of climatic temperatures on working capacity of KAMAZ trucks in the North // *Procedia Structural Integrity*. Vol. 20. 2019. P. 300-305.
2. Yakovleva S.P., Buslaeva I.I., Makharova S.N., Levin A.I. Damage, brittle fracture resistance and working capacity of a KAMAZ vehicle leaf spring when operating in the North // *Procedia Structural Integrity*. Vol. 20. 2019. P. 154-160.
3. *Osnovy nadezhnosti mashin: Uchebnoe posobie dlya vuzov / Kravchenko I.N., Zorin V.A., Puchin E.A., Bondareva G.N.* Moskva, 2007. 484 s.
4. Kox P.I. *Klimat i nadezhnost` mashin.* M.: Mashinostroenie, 1981. 175 s.
5. Lindn J., Sderberg A., Sellgren U. Reliability assessment with varying operating conditions // *Procedia CIRP*. Vol. 50. 2016. P. 796-801.
6. Rementsov A.N., Frolov YU.N., Voronov V.P. *Sistemy, tekhnologii i organizatsiya uslug v avtomobil`nom servise: uchebnik.* M.: Akademiya, 2013. 480 s.
7. Gavrilov V.I. *Povyshenie bezotkaznosti transportnykh sredstv pri ispol`zovanii v sel'skom khozyaystve za schet diagnostirovaniya podveski (na primere avtomobilya KAMAZ): Avtoref.* Volgograd, 2010. 20 s.
8. Mashkov E.A. *Tekhnicheskoe obsluzhivanie i remont avtomobiley KamAZ-5320, 53211, 53213, 5410, 54112, 55111, 55102 // Illyustrirovannoe izdanie-Izdatel'stvo «Tretiy Rim», 1997. 88 s.*
9. Drozdov YU.N., YUdin E.G., Belov A.I. *Prikladnaya tribologiya (trenie, iznos, smazka) // M.: Eko-Press, 2010. 604 s.*
10. Kut`kov A.A. *Iznosostoykie i antifriktsionnye pokrytiya.* M.: Mashinostroenie, 1976. 152 s
11. *Rukovodstvo po remontu i tekhnicheskomu obsluzhivaniyu avtomobiley KamAZ.* M.: Za rulem, 2001. 289 s.
12. Tokmakov N.V., Rodichev A.YU., Polyakov R.N., Sytin A.V., Tokmakova M.A. *Kontrol` i vosstanovlenie podshipnikov skol`zheniya pri servisnom obsluzhivanii avtomobil`noy i dorozhno-stroitel`noy tekhniki // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin.* Orel: OGU imeni I.S. Turgeneva. 2018. №3(62). S. 19-27.
13. Titunin B.A. *Remont avtomobiley KamAZ.* M.: Kniga po Trebovaniyu, 2012. 284 s.
14. Kuznetsov A.S. *Avtomobili KamAZ s kolesnoy formuloy 6x4 i 6x6. Rukovodstvo po ekspluatatsii, tekhnicheskomu obsluzhivaniyu i remontu.* M.: Tretiy Rim, 2012. 268 s.
15. Solov`ev S.N., Klimenko L.P., Budu S.ZH., Trofimova E.V. *Tribotekhnologiya: slovar`-spravochnik.* Nikolaev: NGGU im. P.Mogily, 2003. 384 s.
16. Chernets M.V., Klimenko L.P., Pashechko M.I., Nevchas A.B. *Tribomekhanika, tribotekhnika, tribotekhnologii: Mekhanika tribokontaktного vzaimodeystviya pri skol`zhenii // Nikolaev: NGTU im. Petra Mogily. 2006. 476 s.*
17. Y.N. Kazakov, A.V. Kornaev, D.V. Shutin, S. Li, L.A. Savin. *Active Fluid-Film Bearing With Deep Q-Network Agent-Based Control System // Vol. 144. №8. 2022. doi: 10.1115/1.4053776/1135199.*
18. Y.N. Kazakov, A.V. Kornaev, D.V. Shutin, E.P. Kornaeva, L.A. Savin. *Reducing Rotor Vibrations in Active Conical Fluid Film Bearings with Controllable Gap. Nelineinaya Din. Vol. 18. №5. 2022. R. 863-873. doi: 10.20537/ND221226.*
19. D. Shutin, L. Savin, Y. Kazakov. *Studying the Effect of Viscous Friction Minimization in Actively Lubricated Journal Hybrid Bearings // Lect. Notes Mech. Eng. 2023. P. 55-64. doi: 10.1007/978-3-031-32394-2_5/FIGURES/9.*
20. D. Shutin, Y. Kazakov. *Theoretical and Numerical Investigation of Reduction of Viscous Friction in Circular and Non-Circular Journal Bearings Using Active Lubrication // Lubr. 2023. Vol. 11. №5. P. 218. doi: 10.3390/LUBRICANTS11050218.*
21. D. Shutin, Shutin, Denis. *Static reduction of viscous friction and stability of rotor motion in actively lubricated fluid film bearings // AIPC. Vol. 3102. №1. 2024. P. 20004. doi: 10.1063/5.0200039.*
22. M. Wasilczuk. *Friction and Lubrication of Large Tilting-Pad Thrust Bearings // Lubr. 2015. Vol. 3. P. 164-180. doi: 10.3390/LUBRICANTS3020164.*
23. A.V. Kornaev, N.V. Kornaev, E.P. Kornaeva, L.A. Savin. *Application of Artificial Neural Networks to Calculation of Oil Film Reaction Forces and Dynamics of Rotors on Journal Bearings // Int. J. Rotating Mach. Vol. 2017. 2017. doi: 10.1155/2017/9196701.*
24. Nicoletti R. *Comparison between a meshless method and the finite difference method for solving the reynolds equation in finite bearings // J. Tribol. Vol. 135. №4. 2013. doi: 10.1115/1.4024752/377784.*

Rodichev Aleksey Yrievich

Orel State University
Adress: 302020, Russia, Orel, Naugorskoe shosse, 29
Candidate of Technical Sciences
E-mail: rodfox@yandex.ru

Rodicheva Irina Vladimirovna

Orel State University
Adress: 302020, Russia, Orel, Naugorskoe shosse, 29
Postgraduate student
E-mail: irina.rodicheva.rodicheva@yandex.ru

Kazakov Yuri Nikolaevich

Orel State University
Adress: 302020, Russia, Orel, Naugorskoe shosse, 29
Postgraduate student
E-mail: kazakyurii@yandex.ru

Savin Leonid Alexeevich

Orel State University
Adress: 302020, Russia, Orel, Naugorskoe shosse, 29
Doctor of technical sciences
E-mail: savin3257@mail.ru

Научная статья
УДК 625.72.003.1
doi:10.33979/2073-7432-2024-4-2(87)-92-100

Л.В. ЕРЕМИНА, А.Ю. МАМОЙКО, Г.Б. МЕДВЕДЕВА

ИНТЕГРАЦИЯ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ

***Аннотация.** Сместив фокус с области распределенных и децентрализованных технологий в управлении интеллектуальными транспортными системами (ИТС), мы рассмотрим конкретное применение децентрализованных распределенных технологий в управлении транспортом. В статье рассматривается использование технологии блокчейн в управлении транспортными системами с помощью мультиагентных систем. Подчеркивается важность эффективного использования больших массивов данных и определяется Интернет транспортных средств (IoV) как важнейшая область интеграции существующих технологий IoT для решения задач интеллектуального дорожного движения в рамках многоагентных систем.*

***Ключевые слова:** интеллектуальная транспортная система, блокчейн, мультиагентные системы, Интернет транспортных средств, Интернет вещей*

Введение

Традиционные централизованные системы управления движением (ЦСУД) на протяжении десятилетий были основой управления дорожным движением. Однако по мере того, как транспортные сети становятся все более сложными, а требования к мобильности развиваются, ограничения ЦСУД становятся все более очевидными. Эти ограничения можно разделить на основные области: масштабируемость, узкие места в сети, единая точка отказа, ограниченная гибкость, безопасность и конфиденциальность. Помимо указанных недостатков, существует ряд дополнительных аспектов, а именно: высокие эксплуатационные расходы, ограниченная интеграция.

Эти ограничения в совокупности свидетельствуют о необходимости смены парадигмы в сторону более гибких, масштабируемых и устойчивых решений по управлению дорожным движением. Децентрализованные распределенные технологии (ДРТ) предлагают многообещающую альтернативу, обеспечивая обмен данными в режиме реального времени, принятие решений на местном уровне и улучшенную адаптивность для устранения недостатков традиционных ЦСУД.

Материал и методы

Децентрализованные автономные транспортные системы воплощают в себе основные элементы блокчейна. P2P-сети, которые опираются на консенсус распределенной координации и экономические стимулы, являются естественным способом моделирования сложной транспортной системы. В этой системе каждый вычислительный узел, например IoT-устройства, транспортные средства или другие объекты с вычислительной мощностью, может выступать в качестве автономного агента [1].

Децентрализованные распределенные технологии предлагают новаторский альтернативный подход к преодолению ограничений и прокладывают путь к созданию более эффективной и адаптируемой системы управления дорожным движением. Распределяя принятие решений и обработку данных между отдельными устройствами в сети, ДРТ дают значительные преимущества: улучшенная масштабируемость, повышенная устойчивость, улучшенная адаптивность, конфиденциальность данных. Используя эти преимущества, ДРТ способны изменить управление дорожным движением по нескольким направлениям:

– сокращение количества заторов: ДРТ могут анализировать данные о дорожном движении в режиме реального времени и оптимизировать временные параметры сигналов,

разумно направляя транспортные средства для уменьшения заторов и улучшения транспортного потока;

- повышение безопасности: Данные в реальном времени позволяют ДРТ оперативно выявлять и реагировать на дорожно-транспортные происшествия и другие чрезвычайные ситуации, сводя к минимуму потенциальные риски и обеспечивая безопасность пассажиров и пешеходов;

- сокращение выбросов: Оптимизация транспортного потока и динамическое планирование маршрута приводят к уменьшению количества остановок и заторов, снижая расход топлива и выбросы вредных веществ;

- улучшенный пользовательский опыт: Информация о дорожной обстановке в реальном времени, предоставляемая ДДТ, позволяет водителям принимать взвешенные решения, эффективно корректировать маршруты и ориентироваться в дорожных ситуациях.

Теория

Признавая перспективность децентрализованных распределенных технологий в устранении ограничений традиционных систем управления дорожным движением, проводим анализ на основе данных, чтобы выявить их сравнительные преимущества. На следующих графиках мы рассмотрим ключевые области, в которых ДРТ предлагают значительные улучшения по сравнению с их централизованными аналогами. Эти графики наглядно иллюстрируют существенные недостатки традиционных централизованных систем управления движением (ЦСУД) по сравнению с децентрализованными распределенными технологиями (ДРТ) в различных аспектах.

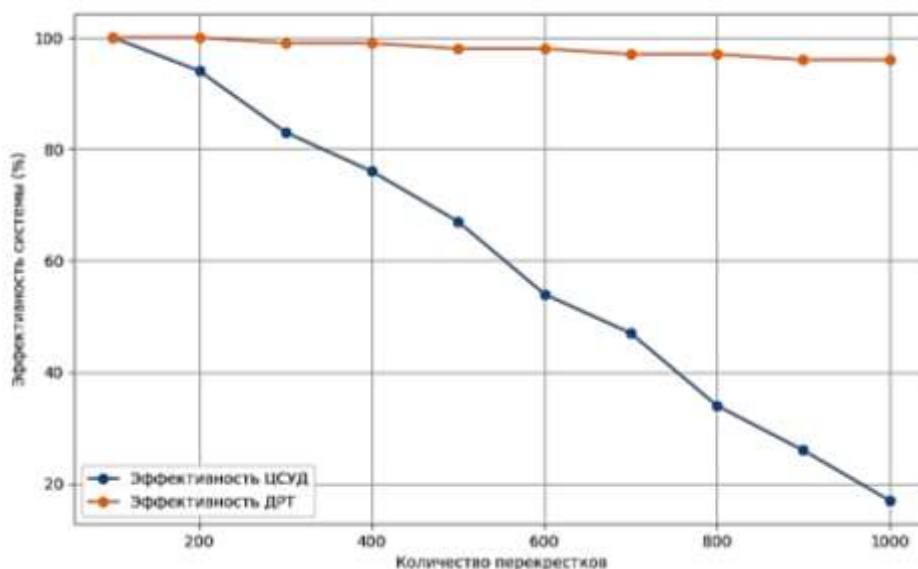


Рисунок 1 - Сравнение масштабируемости: ЦСУД и ДРТ

На рисунке 1 показано снижение эффективности ЦСУД с увеличением количества перекрестков. В то время как ЦСУД сохраняют 100 % эффективность для сетей до 200 перекрестков, их эффективность резко падает до 15 % при 1000 перекрестках. Напротив, ДРТ сохраняют практически 100% эффективность при любом размере сети, демонстрируя превосходную масштабируемость для больших и сложных сетей. При построении этого графика были использованы данные исследований Национального исследовательского совета КНР, который установил, что эффективность ЦСУД может снижаться на 25 %, когда количество перекрестков превышает 500 [2].

Гистограмма, представленная на рисунке 2, подчеркивает высокую уязвимость ЦСУД к сбоям в одной точке. При 95-процентном проценте отказов по сравнению с 5-процентным показателем для ДРТ, системы ЦСУД значительно больше подвержены сбоям в работе всей системы, вызванным неполадками в центральном блоке. Эта гистограмма построена на основе данных исследования Министерства транспорта КНР [3], которое показало, что примерно 95 % перебоев в работе ЦСУД вызваны неисправностями центрального блока.

Негативные последствия использования в ЦСУД заранее запрограммированного времени работы сигналов, показывает график представленный на рисунке 3. По сравнению со стратегиями определения времени в реальном времени, используемыми в ДРТ, заранее установленное время может привести к увеличению заторов на 15 %, что негативно сказывается на транспортном потоке и эффективности движения. Этот график основан на исследовании Института инженеров транспорта [4], которое показало, что синхронизация сигналов в реальном времени может сократить заторы на 15-20 % по сравнению с заранее запрограммированными стратегиями.

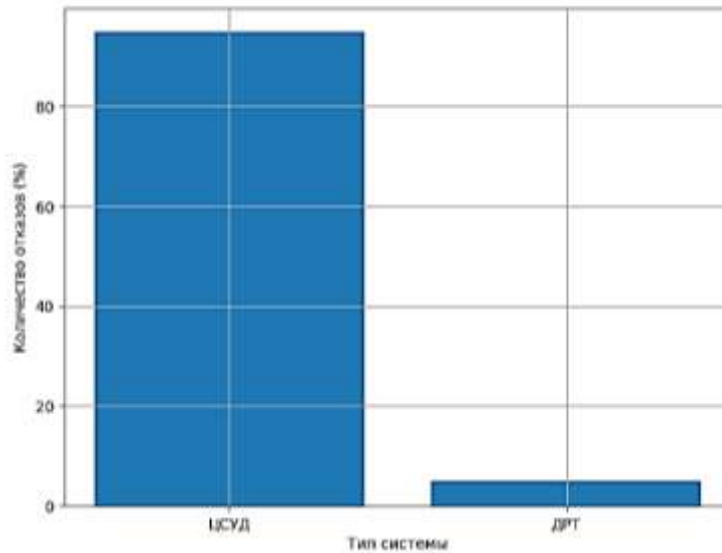


Рисунок 2 - Сравнение единичных точек отказа: ЦСУД и ДРТ

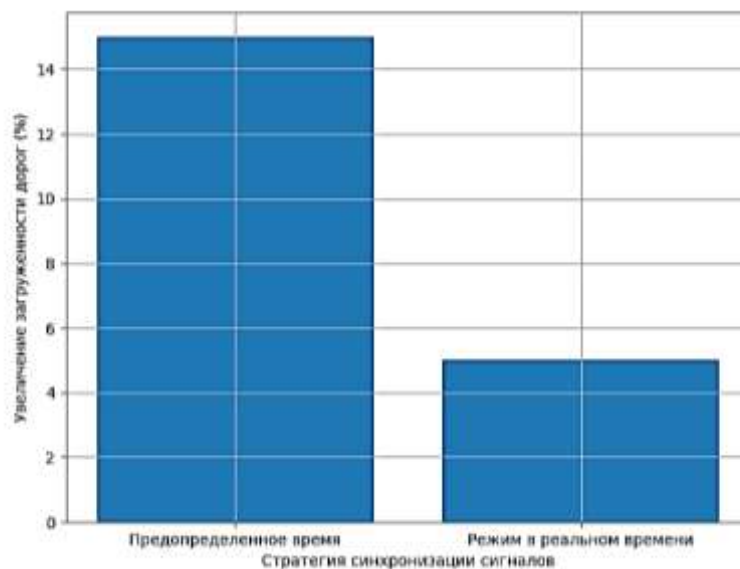


Рисунок 3 - Сравнение загруженности дорог при различных способах синхронизации сигналов

По данным из отчета Ponemon Institute [5], в котором средняя стоимость утечки данных в США оценивается в 4,24 миллиона долларов в 2023 году. График построенный по эти данным, подчеркивает значительные финансовые риски, связанные с централизованным хранением данных (рис. 4).

Представленный анализ, убедительно доказывают необходимость перехода от традиционных ЦСУД к более современным и устойчивым решениям управления трафиком, таким как ДРТ. Благодаря превосходной масштабируемости, отказоустойчивости, адаптивности и возможностям обеспечения конфиденциальности данных, ДРТ способны произвести революцию в системах управления дорожным движением, что приведет к оптимизации транс-

портных потоков, снижению выбросов, повышению общественной безопасности и улучшению качества обслуживания пользователей.

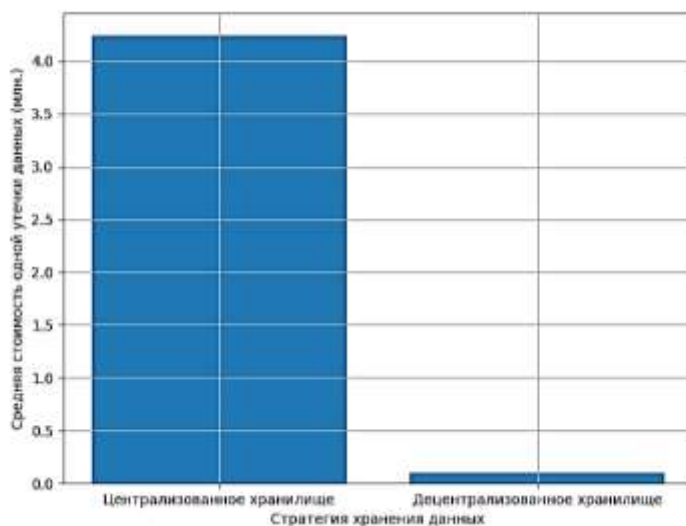


Рисунок 4 - Сравнение конфиденциальности данных: Централизованное и децентрализованное хранение данных

В настоящее время изучается несколько перспективных ДРТ для управления дорожным движением [6]:

Интернет вещей (IoT): Датчики, встроенные в транспортные средства и инфраструктуру, собирают данные о дорожной обстановке в режиме реального времени, предоставляя ценные сведения для принятия решений.

Распределенный реестр: Технология распределенного реестра обеспечивает безопасный и прозрачный обмен данными между транспортными средствами и инфраструктурой, способствуя доверию и сотрудничеству.

Пограничные вычисления: Децентрализованная обработка данных на границе сети позволяет анализировать их в режиме реального времени, ближе к источнику, что ускоряет и повышает эффективность принятия решений.

Машинное обучение: Алгоритмы могут анализировать исторические данные и данные реального времени, чтобы предсказывать будущие схемы движения и проактивно управлять транспортными потоками.

Интернет транспортных средств (IoV) является ключевым направлением интеграции существующих технологий IoT для решения проблемы интеллектуального дорожного движения. Предотвращение дорожных происшествий имеет решающее значение, а нормативные акты более эффективны, чем быстрая реакция. ИТС косвенно повышают безопасность движения и снижают аварийность [1]. Несмотря на то, что в создание ИТС вложено немало усилий, необходимо решать вопросы безопасности. Технология блокчейн может решить потенциальные проблемы безопасности, связанные с традиционными централизованными системами безопасности [7].

Внедрение новой парадигмы под названием Internet of Vehicles (IoV) в интеллектуальные транспортные системы (ИТС) осуществляется с использованием умных автомобилей, Интернета вещей (IoT), децентрализованных распределенных технологий и искусственного интеллекта [6]. В рамках этой парадигмы транспортные средства взаимодействуют между собой, с людьми и инфраструктурой через коммуникационные технологии, обеспечивая безопасное и разумное передвижение автомобилей благодаря наблюдению и восприятию окружающей среды.

Основываясь на разработках представленных в [8], используем децентрализованные распределенные технологии консорциума для создания безопасной и распределенной системы управления данными в автомобильных пограничных вычислительных сетях. В этой системе смарт-контракты используются для обеспечения безопасного обмена и хранения дан-

ных, как на транспортных средствах, так и на серверах автомобильных вычислительных сетей, таких как Roadside Units (RSU) (рис. 5). Кроме того, смарт-контракт гарантирует, что данные не могут быть переданы без авторизации.

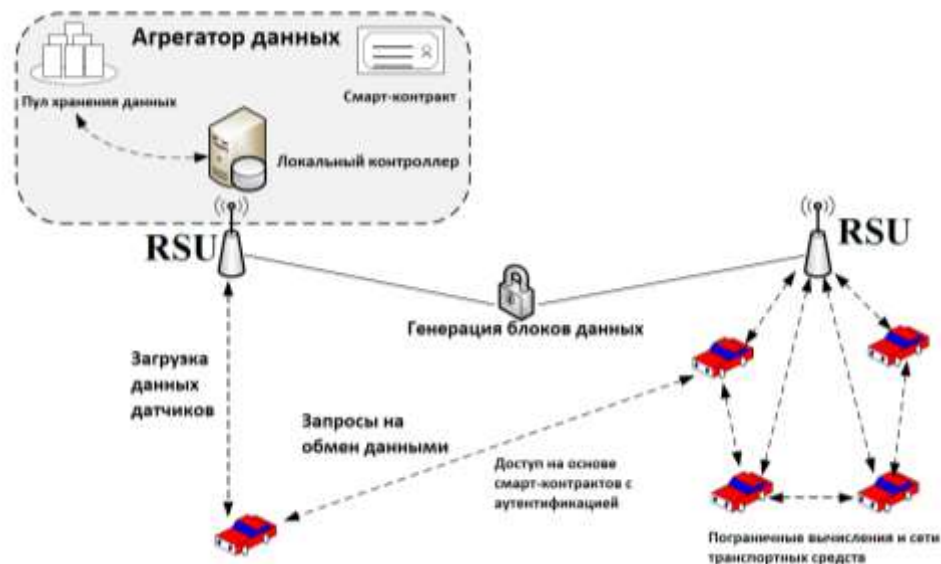


Рисунок 5 - Схема обмена данными с помощью децентрализованных распределенных технологий, для автомобильных пограничных вычислительных сетей [8]

В предлагаемой системе разработана схема обмена данными на основе репутации, позволяющая транспортным средствам выбирать оптимальный и более надежный источник данных. Для управления репутацией транспортных средств используется субъективная логическая модель с тремя весами, учитывающая частоту взаимодействия, своевременность событий и схожесть траекторий. Эта репутационная схема повышает скорость обнаружения вредоносных и аномальных транспортных средств по сравнению с традиционными репутационными схемами.

Децентрализованные распределенные технологии, также возможно успешно применять для обеспечения безопасного обмена данными в интеллектуальных транспортных системах. В работе [9] представлен подход к обмену мультимедийными данными, основанный на децентрализованных распределенных технологиях и криптографических методах, который может быть реализован в социальных сетях транспортных средств. Этот метод использует децентрализованные распределенные технологии для обеспечения неизменности данных и решения проблем, связанных с потенциальной фальсификацией общедоступных мультимедийных данных. Кроме того, децентрализованные распределенные технологии используются для отслеживания данных с целью выявления поддельных отправителей. Криптографические методы в данном подходе защищают конфиденциальные данные пользователей, транспортных средств и устройств RSU от потенциальных злоумышленников во время обмена информацией. Конфиденциальные данные охватывают идентификацию субъектов и их привычки в обмене информацией. Разработанная, на основе этого подхода, системная модель представлена на рисунке 6.

Децентрализованные распределенные технологии также применяется для совместного использования ресурсов автомобилей. В работе [10] представлена децентрализованная система, использующая распределенный реестр в качестве основы для взаимодействия вычислительными ресурсами. Основной целью этого подхода является решение проблем, связанных с взаимодействием ресурсами в системах, построенных на пограничных облачных вычислениях, таких как обеспечение честных предложений и активное участие доноров и реципиентов в взаимодействии. Для поддержки взаимодействия вводится понятие брокер, который решает задачу распределения ресурсов, определяет объем ресурсов для обмена и моделирует правила вознаграждения, поощряя трейдеров представлять честные предложения. Механизм итеративного двустороннего аукциона используется для эффективного решения

этих задач, обеспечивая максимальное социальное благосостояние, индивидуальную рациональность и сбалансированный бюджет. Предлагаемый процесс взаимодействия вычислительными ресурсами на основе децентрализованных распределенных технологий представлен в деталях на рисунке 7 [11].

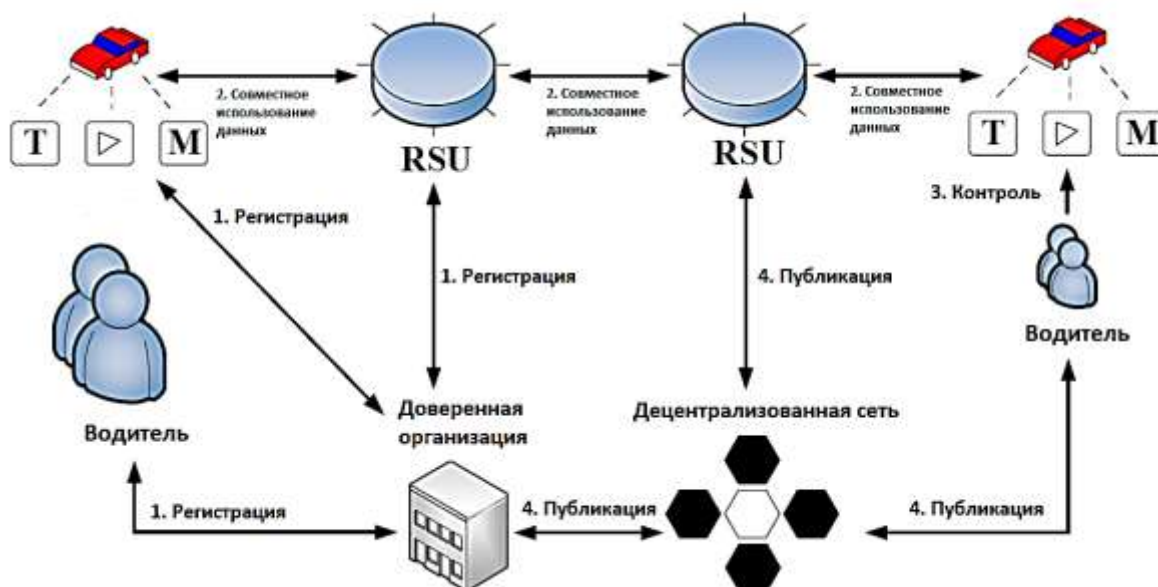


Рисунок 6 - Системная модель безопасности и сохранения конфиденциальности мультимедийных данных на основе ДРТ [9]

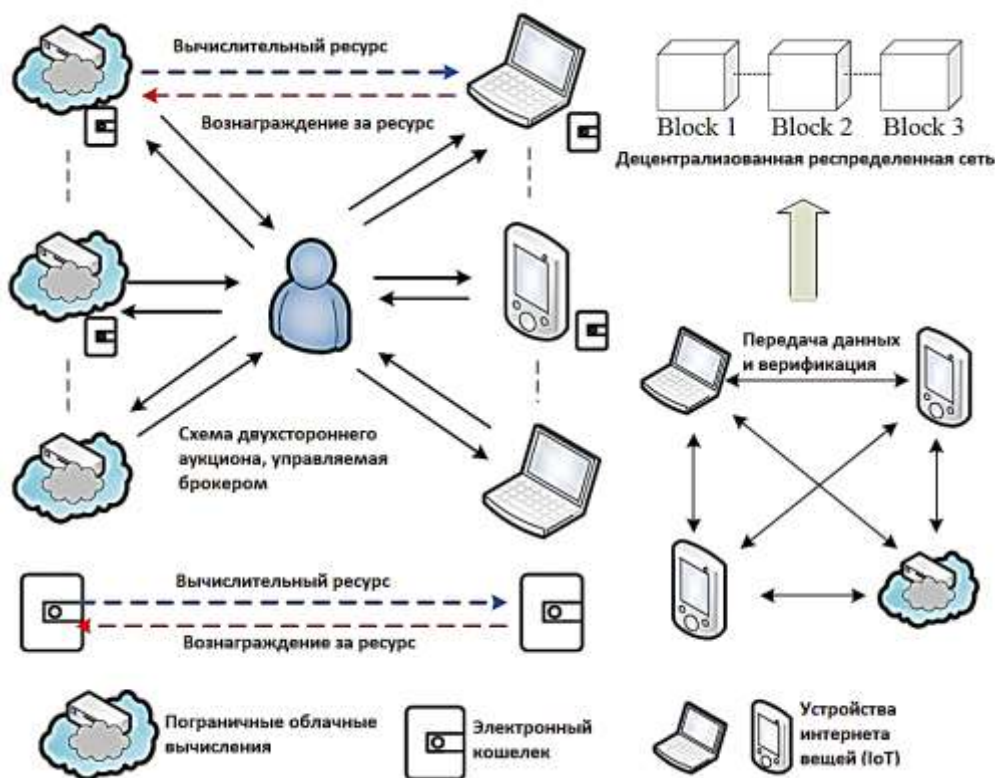


Рисунок 7 - Порядок работы предлагаемой платформы для взаимодействия вычислительными ресурсами на основе децентрализованной распределенной сети [11]

Результаты и обсуждение

IoV открывает перспективы разработки платформы коллективного использования ресурсов как для стационарных, так и для передвижающихся транспортных средств, что позволяет обмениваться свободными вычислительными ресурсами с близлежащими объектами.

Эта платформа способствует реализации сервисов с минимальной задержкой, а также обеспечивает поддержку приложений искусственного интеллекта. Тем не менее, несмотря на очевидные преимущества, существуют две основные проблемы.

Во-первых, создание и поддержание такой платформы представляет собой сложную задачу, поскольку транспортные средства могут не доверять друг другу. С использованием децентрализованных распределенных технологий можно обеспечить надежность при коллективном использовании ресурсов транспортными средствами.

Во-вторых, необходимо разработать эффективные механизмы, интегрированные с экономическими стимулами, для поощрения транспортных средств к участию в коллективном использовании ресурсов.

В частности, распределенный реестр способен поддерживать децентрализованную платформу, позволяющую транспортным средствам обмениваться ресурсами с целью повышения эффективности и возможностей. Децентрализованные распределенные технологии решают проблемы коллективного использования ресурсов, такие как установление доверия и обеспечение безопасности и конфиденциальности субъектов. Одной из таких схем, представленной в [12], является механизм консенсуса на основе репутации, который легче внедрить.

Репутационные баллы используются для оценки доверия транспортных средств. Для управления доверием процедура обмена и механизм консенсуса интегрируются с репутационными баллами транспортных средств. Механизм ценообразования на ресурсы на основе смарт-контракта использует метод глубокого обучения с подкреплением для учета особенностей высокой мобильности и местоположения транспортных средств, облегчая согласование спроса и предложения при коллективном использовании ресурсов. Предложенная схема ценообразования превосходит современные унифицированные схемы ценообразования на 30% или более. В рамках этой схемы транспортные средства, участвующие в коллективном использовании ресурсов, и валидаторы блоков разделены для сохранения конфиденциальности и уменьшения задержек связи при публикации новых блоков. Рисунок 8 показан процесс коллективного использования ресурсов в рамках IoV.

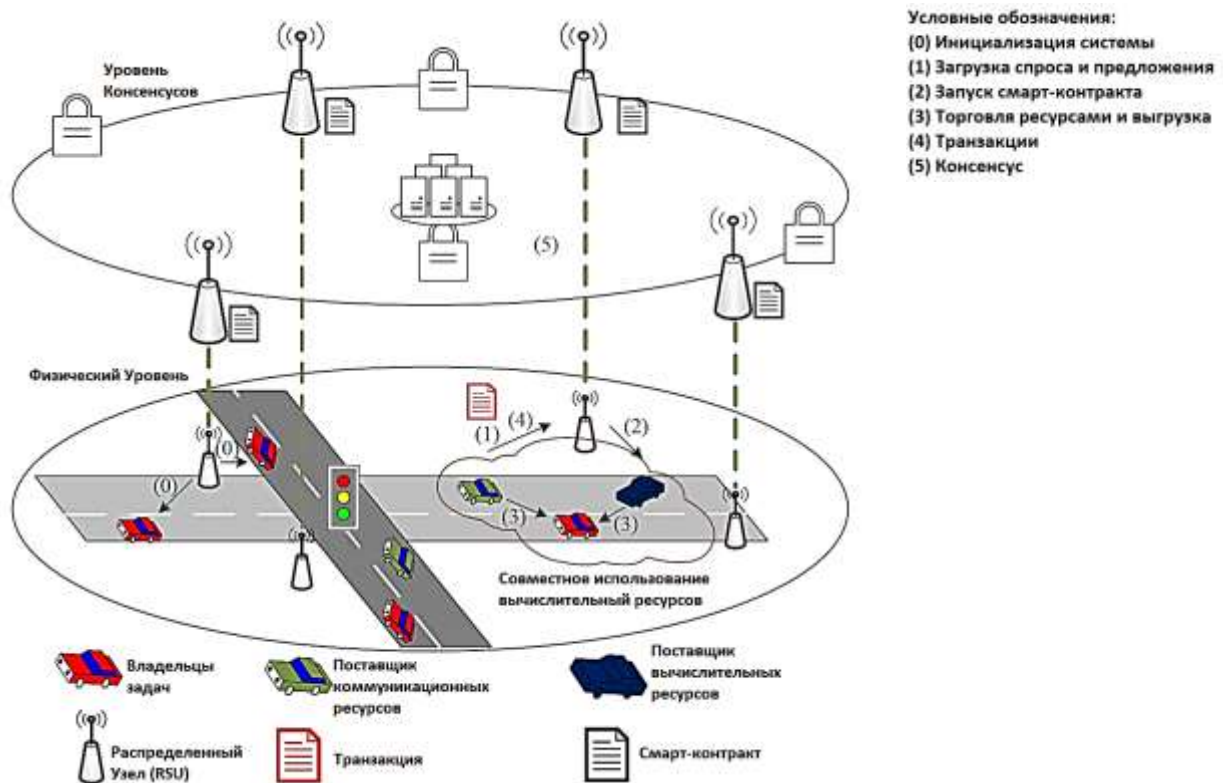


Рисунок 8 - Компоненты системы и основной рабочий процесс схемы совместного использования ресурсов для IoV [13]

Выводы

Благодаря децентрализованным распределенным технологиям, даже неподвижные транспортные средства могут безопасно и эффективно обмениваться своими неиспользуемыми вычислительными и сетевыми ресурсами во время стоянки. В работе [13] представлена разрешенная цепочка для автомобильной сети, которая включает усовершенствованный механизм консенсуса с использованием многозначной субъективной логики для точного вычисления репутации автомобилей. Автомобили с высокой репутацией участвуют в согласовании и проверке транзакций. Система поощрений, основанная на теории контрактов, внедряется для стимулирования автомобилей [14]. Вместе с тем безопасный подход и схема поощрения направлены на мотивацию транспортных средств делиться своими неиспользуемыми ресурсами в автомобильной сети.

С ростом числа подключенных и автономных транспортных средств будут генерироваться и обмениваться огромные объемы данных, что создаст проблемы для традиционных централизованных систем. Децентрализованные платформы лучше справляются с ожидаемым расширением таких сетей, как Интернет транспортных средств, обеспечивая связь между транспортными средствами и всем остальным, что очень важно для интеллектуальных транспортных систем [15]. Таким образом, децентрализованные решения, такие как распределенный реестр, преобразуют саму основу интеллектуальных транспортных систем для работы с транспортными средствами, данными и сложностью завтрашнего дня.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Luba Eremina, Anton Mamoiko, Li Bingzhang, Use of blockchain technology in planning and management of transport systems // КТТИ-2019. E3S Web of Conferences 157(4):04014, DOI:10.1051/e3sconf/202015704014.
2. Ассоциация интеллектуальных транспортных систем КНР [Электронный ресурс]. URL: <https://www.shine.cn/news/in-focus/2112310313/>.
3. Министерство транспорта Китайской Народной Республики [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mot.gov.cn/>.
4. Международная дорожная федерация [Электронный ресурс]. URL: <https://irfnet.ch/>.
5. Ponemon Institute [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ponemon.org/news-updates/news-press-releases/>.
6. Eremina L, Mamoiko A, Aohua G. P The use of distributed and decentralized technologies in the management of intelligent transportation systems [Электронный ресурс]. *Intell Robot* 2023; 3:xx. URL: <https://doi.org/10.20517/ir.2023.09>.
7. F.-Y. Wang, Parallel control and management for intelligent transportation systems: concepts, architectures, and applications // *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. 11 (2010). 630-638, DOI:10.1109/TITS.2010.2060218.
8. Y. Chen, X. Hao, W. Ren, and Y. Ren Traceable and authenticated key negotiations via blockchain for vehicular communications // *Mobile Information Systems*. 2019. P. 1-10.
9. Z. Li, Z. Yang, S. Xie. Computing resource trading for edgecloud-assisted internet of things // *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. Vol. 15. №6. 2019. P. 3661-3669.
10. S. Wang, X. Huang, R. Yu, Y. Zhang, E. Hossain. Permissioned blockchain for efficient and secure resource sharing in vehicular edge computing // *arXiv preprint arXiv:1906.06319*. 2019.
11. M.B. Mollah, Jun Zhao, D. Niyato, Y. Guan, C. Yuen, Sumei Sun, Kwok-Yan Lam, L. Koh. Blockchain for the Internet of Vehicles Towards Intelligent Transportation Systems: A Survey // *IEEE Internet of Things. 2020. Engineering, Computer Science, Environmental Science*. DOI:10.1109/IJOT.2020.3028368.
12. T. Xiao, T. Qiu, N. Lv, Q. Pei et al. Smart-contract based economical platooning in blockchain enabled urban internet of vehicles // *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. 2019.
13. Shivers R.M. Toward a secure and decentralized blockchain-based ride-hailing platform for autonomous vehicles // Ph.D. dissertation, Tennessee Technological University, 2019.
14. J. Noh, S. Jeon, S. Cho. Distributed blockchain-based message authentication scheme for connected vehicles // *Electronics*. Vol. 9. №1. P. 74. 2020.
15. J. Noh, S. Jeon, S. Cho. Distributed blockchain-based message authentication scheme for connected vehicles // *Electronics*. 2020. Vol. 9. №1. P. 74.

Еремина Любовь Валериевна

УО «Брестский государственный технический университет»
Адрес: 224017, Республика Беларусь, Брест, ул. Московская, 267
К.э.н., доцент кафедры экономической теории и логистики
E-mail: runa666.6@mail.ru

Мамойко Антон Юрьевич

ООО «БугТрансКонтиненталь»
Адрес: Республика Беларусь, г. Брест, ул. Лейтенанта Рябцева, д. 29А, оф. 13
Менеджер по информационным технологиям
E-mail: ericozz@yandex.ru

Медведева Гульнара Борангалиевна

УО «Брестский государственный технический университет»

Адрес: 224017, Республика Беларусь, Брест, ул. Московская, 267

К.э.н., зав.кафедрой экономической теории и логистики

E-mail: medgb@mail.ru

L.V. EREMINA, A.Y. MAMOYKO, G.B. MEDVEDEVA

INTEGRATION OF DECENTRALISED DISTRIBUTED TECHNOLOGIES INTO INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS

Abstract. *Shifting the focus from the field of distributed and decentralised technologies in the management of intelligent transport systems (ITS), we will consider the specific application of decentralised distributed technologies in transport management. The paper discusses the use of blockchain technology in the management of transport systems through multi-agent systems. The importance of efficient use of big data sets is emphasised and the Internet of Vehicles (IoV) is identified as a crucial area of integration of existing IoT technologies to solve intelligent traffic problems within multi-agent systems.*

Keywords: *intelligent transport system, blockchain, multi-agent systems, Internet of Vehicles, Internet of Things*

BIBLIOGRAPHY

1. Luba Eremina, Anton Mamoiko, Li Bingzhang, Use of blockchain technology in planning and management of transport systems // KTTI-2019. E3S Web of Conferences 157(4):04014, DOI:10.1051/e3sconf/202015704014.
2. Assotsiatsiya intelektual'nykh transportnykh sistem KNR [Elektronnyy resurs]. URL: <https://www.shine.cn/news/in-focus/2112310313/>.
3. Ministerstvo transporta Kitayskoy Narodnoy Respubliki [Elektronnyy resurs]. URL: <https://www.mot.gov.cn/>.
4. Mezhdunarodnaya dorozhnaya federatsiya [Elektronnyy resurs]. URL: <https://irfnet.ch/>.
5. Ponemon Institute [Elektronnyy resurs]. URL: <https://www.ponemon.org/news-updates/news-press-releases/>.
6. Eremina L, Mamoiko A, Aohua G. P The use of distributed and decentralized technologies in the management of intelligent transportation systems [Elektronnyy resurs]. *Intell Robot* 2023; 3:xx. URL: <https://doi.org/10.20517/ir.2023.09>.
7. F.-Y. Wang, Parallel control and management for intelligent transportation systems: concepts, architectures, and applications // *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. 11 (2010). 630-638, DOI:10.1109/TITS.2010.2060218.
8. Y. Chen, X. Hao, W. Ren, and Y. Ren Traceable and authenticated key negotiations via blockchain for vehicular communications // *Mobile Information Systems*. 2019. R. 1-10.
9. Z. Li, Z. Yang, S. Xie. Computing resource trading for edgecloud-assisted internet of things // *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. Vol. 15. №6. 2019. R. 3661-3669.
10. S. Wang, X. Huang, R. Yu, Y. Zhang, E. Hossain. Permissioned blockchain for efficient and secure resource sharing in vehicular edge computing // *arXiv preprint arXiv:1906.06319*. 2019.
11. M.B. Mollah, Jun Zhao, D. Niyato, Y. Guan, C. Yuen, Sumei Sun, Kwok-Yan Lam, L. Koh. Blockchain for the Internet of Vehicles Towards Intelligent Transportation Systems: A Survey // *IEEE Internet of Things*. 2020. Engineering, Computer Science, Environmental Science. DOI:10.1109/IJOT.2020.3028368.
12. T. Xiao, T. Qiu, N. Lv, Q. Pei et al. Smart-contract based economical platooning in blockchain enabled urban internet of vehicles // *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. 2019.
13. Shivers R.M. Toward a secure and decentralized blockchain-based ride-hailing platform for autonomous vehicles // Ph.D. dissertation, Tennessee Technological University, 2019.
14. J. Noh, S. Jeon, S. Cho. Distributed blockchain-based message authentication scheme for connected vehicles // *Electronics*. Vol. 9. №1. R. 74. 2020.
15. J. Noh, S. Jeon, S. Cho. Distributed blockchain-based message authentication scheme for connected vehicles // *Electronics*. 2020. Vol. 9. №1. R. 74.

Lyubov Valerievna Eremina

Brest State Technical University

Address: 224017, Republic of Belarus, Brest

Candidate of Economic Sciences

E-mail: runa666.6@mail.ru

Medvedeva Gulnara Borangalievna

Brest State Technical University

Address: 224017, Republic of Belarus, Brest

Candidate of Economic Sciences

E-mail: medgb@mail.ru

Anton Yuryevich Mamoyko

BugTransContinental Ltd

Address: Republic of Belarus, Brest

Information Technology Manager

E-mail: ericozz@yandex.ru

Научная статья

УДК 656.13, 004.89

doi:10.33979/2073-7432-2024-4-2(87)-101-108

А.Н. НОВИКОВ, Л. ХУАН, А.А. ФЕОФИЛОВА, Н.С. ЛЮБИМЫЙ

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ В ПОВЫШЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

***Аннотация.** Развитие интеллектуального автомобильного транспорта представляет собой перспективное направление в эволюции транспортных систем, нацеленное на повышение безопасности дорожного движения и сокращение числа дорожно-транспортных происшествий. Внедрение технологий искусственного интеллекта, сенсоров и систем машинного зрения позволяет автономным транспортным средствам оперативно адаптироваться к изменениям дорожной обстановки, минимизируя вероятность ошибок, характерных для человеческого фактора. Эти передовые технологии обеспечивают непрерывное и высокоточное управление, включая адаптивное ускорение, торможение и маневрирование, что существенно снижает риск столкновений и повышает общую безопасность на дорогах. Моделирование движения беспилотного транспорта играет ключевую роль в анализе его поведения в различных дорожных ситуациях и при взаимодействии с другими участниками дорожного движения.*

***Ключевые слова:** автономный (беспилотный) автомобиль, моделирование дорожного движения, безопасность дорожного движения, интеллектуальная транспортная система, SUMO*

Введение

Автономный (беспилотный) транспорт представляет собой инновационную технологию, обладающую значительным потенциалом для повышения безопасности дорожного движения и сокращения частоты дорожно-транспортных происшествий. Интеграция таких транспортных средств в общую транспортную систему, сочетающая в себе использование искусственного интеллекта, машинного зрения и различных сенсоров, открывает новые горизонты в управлении транспортными потоками. Применение данных технологий позволяет минимизировать влияние человеческого фактора, который является одной из основных причин аварий, что приводит к существенному повышению безопасности на дорогах.

Анализ исследований указывает на то, что с увеличением доли беспилотных автомобилей на дорогах значительно сокращается количество конфликтных ситуаций. Например, при уровне проникновения подключенных и автономных транспортных средств (CAV) в диапазоне от 18,9 % до 94,1 % наблюдается прогрессивное снижение числа конфликтов на дорогах [1]. Также, внедрение автономных автомобилей в транспортный поток способствует сокращению задержек транспортных средств на 26 % - 74,2 % в зависимости от уровня их присутствия в общем объеме движения в транспортной сети [2].

Материал и методы

Моделирование движения беспилотного транспорта является важным инструментом для анализа и прогнозирования его воздействия на безопасность и эффективность транспортной системы. Такие эксперименты позволяют учитывать различные сценарии движения, включая смешанные потоки, состоящие как из традиционных, так и автономных транспортных средств, а также анализировать потенциальные риски и разрабатывать меры по их минимизации. Например, использование моделей, основанных на молекулярной динамике, позволяет значительно улучшить характеристики безопасности при следовании транспортных средств друг за другом, обеспечивая более стабильное и безопасное поведение на дороге [3]. Одним из ключевых аспектов повышения безопасности является также разработка инновационных стратегий управления движением, таких как алгоритмы, основанные на теории игр, которые оптимизируют процесс смены полосы движения, минимизируя риски столкновений [4].

Кроме того, использование данных, поступающих от подключенных транспортных средств, обеспечивает оперативное информационное взаимодействие между водителями и другими участниками движения, что также способствует повышению безопасности на дорогах.

гах [5]. Например, в Китае, в настоящее время активно исследуется технология C-V2X (Cellular Vehicle-to-Everything), представляющая собой систему беспроводной связи для транспортных средств, основанную на эволюции технологий сотовой связи, таких как 4G и 5G. На основе данной платформы могут быть разработаны сервисы интеллектуальной транспортной системы, обеспечивающие всестороннюю связь и эффективное информационное взаимодействие между транспортными средствами, дорожной инфраструктурой, базовыми станциями и облачными платформами [6-10]. Ожидается, что эта технология позволит устранить до 80 % текущих дорожно-транспортных происшествий, благодаря более точному и своевременному обмену данными между всеми элементами транспортной системы [11-13].

Теория / Расчет

Для оценки эффективности технологий сотовой связи в обеспечении безопасности движения используют такие параметры, как скорость потери пакетов данных и сквозная задержка.

Скорость потери пакетов данных отражает долю пакетов, отправленных от источника и не достигших получателя. Этот параметр важен для оценки надежности связи и качества обслуживания.

Сквозная задержка представляет собой время, которое требуется пакету для прохождения от источника до назначения. Это важный параметр, особенно для приложений, требующих быстрой реакции, таких как системы безопасности и автоматического вождения.

Проведенные эксперименты на платформе моделирования OMNET++, сочетающей в себе алгоритмы Veins (Vehicles in Network Simulation), используемой для моделирования подключенных автомобилей, и SUMO (Simulation of Urban MObility) для моделирования дорожного движения, показали, что доля потери пакетов данных увеличивается с ростом количества транспортных средств и их скорости, и доля потери пакетов в технологии DSRC (Dedicated Short-Range Communications) выше, чем в C-V2X, как представлено на рисунке 1. В то же время задержка передачи данных в C-V2X значительно ниже, чем в DSRC и составляет 0,25 мс и 50-55 мс соответственно.

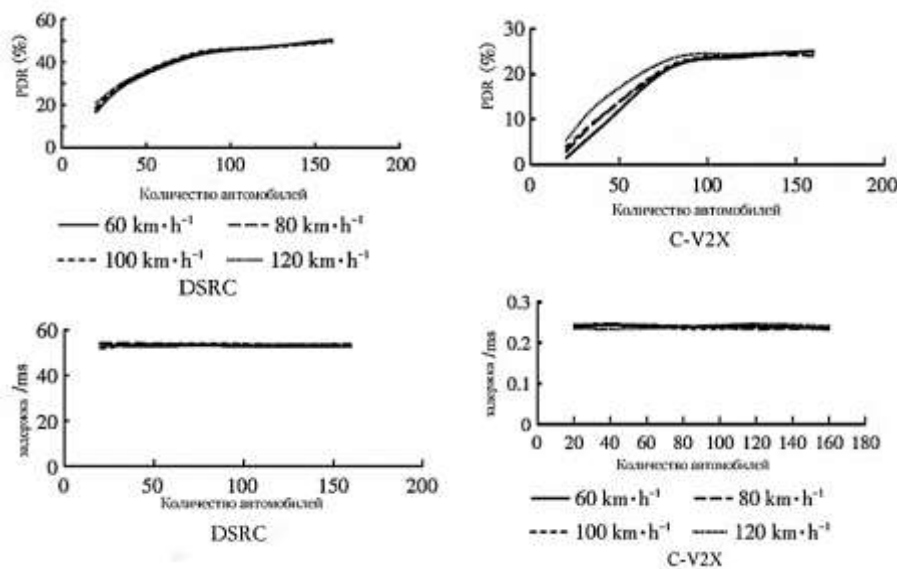


Рисунок 1 – Сравнение коэффициента потери пакетов данных и моделирования конечной задержки для технологий C-V2X и DSRC

Таким образом, технология связи C-V2X должна стать международным стандартом связи на автомагистралях в целях повышения безопасности и эффективности движения интеллектуальных транспортных средств.

Оценить эффективность использования технологии связи C-V2X в предотвращении / снижении столкновений представляется возможным посредством моделирования дорожного движения в программе SUMO. Так как SUMO - это портативный пакет моделирования микроскопического и непрерывного мультимодального движения с открытым исходным кодом,

то в алгоритмах программы необходимо прописать модели интеллектуального предотвращения столкновений для беспилотных автомобилей, особенно в условиях их кооперативного движения в местах слияния основной магистрали и примыкающей автомобильной дороги.

На сегодняшний день доля беспилотных автомобилей в составе транспортного потока на дорогах мира остается относительно низким [14]. В связи с чем, рассматриваются два сценария моделирования дорожного движения:

1) транспортный поток полностью состоит из подключенных беспилотных автомобилей (CAV – cooperative autonomous vehicle).

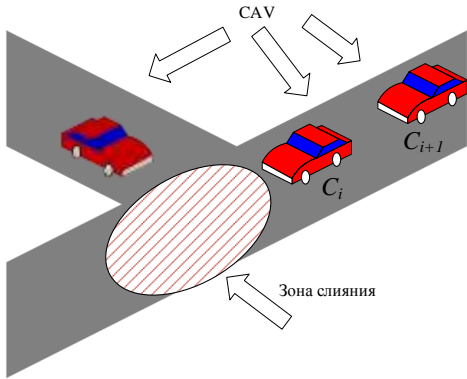


Рисунок 2 – Схема кооперативного движения в местах слияния основной магистрали и примыкающей автомобильной дороги

Тогда модель интеллектуального предотвращения столкновений для беспилотных автомобилей будет выглядеть следующим образом.

В любой момент времени t , когда передним транспортным средством является C_i (т.е. i -й CAV), может быть точно определено время его прибытия в зону слияния $t_{merge,i}$. Время $t_{merge,i}$ может быть точно определено, когда следующий CAV C_{i+1} прибывает в зону слияния (рис. 2).

Когда C_i прибывает в зону слияния, для обеспечения безопасности и повышения эффективности, скорости переднего и заднего CAV должны быть равны, насколько это возможно, посредством взаимной связи между CAV, чтобы обеспечить безопасное расстояние, т.е:

$$\left\{ \begin{array}{l} \min(v_{i,t_{merge,i}} - v_{i+1,t_{merge,i}}) \\ x_{i+1,t_{merge,i}} = x_{i,t_{merge,i}} - v_{i+1,t_{merge,i}} \cdot T_{min,1} \end{array} \right. \quad (1)$$

где $v_{i,t_{merge,i}}$ - скорость транспортного средства i в момент времени $t_{merge,i}$;

$x_{i,t_{merge,i}}$ - положение транспортного средства i в момент времени $t_{merge,i}$;

$T_{min,1}$ - минимальная скорость движения в момент слияния магистрального CAV и рампового CAV.

Если $t_{merge,i+1} - t_{merge,i} \leq T_{min,1}$, т.е. разница во времени между передними и задними автомобилями, проезжающими через точку слияния, меньше минимального интервала движения при слиянии магистральных и рамповых автомобилей, то, чтобы избежать столкновения между C_{i+1} и C_i , у C_{i+1} есть два варианта: 1) - замедлиться и проехать достаточное расстояние безопасности; 2) - ускориться и проехать через слияние раньше времени. Однако на практике, хоть C_{i+1} и может передавать информацию об ускорении переднему транспортному средству и ускоряться вместе с ним, в ситуации смешанного движения переднее транспортное средство не обязательно является CAV и не обязательно может принять информацию, переданную C_{i+1} , поэтому трудно обеспечить достаточную дистанцию для ускорения, и поэтому далее рассматривается только вариант 1.

Чтобы достичь варианта 1, ускорение C_{i+1} составляет:

$$a_{i+1} = \min\{\min(a_{merge}, d_{comfort}), a_{norm}\}, \quad (2)$$

где a_{norm} - обычное ускорение, определяемое правилами вождения;

$d_{comfort}$ - комфортное ускорение;

a_{merge} - ускорение, необходимое для слияния, определяемое из уравнений движения,

т.е:

$$a_{merge} = \frac{x_{i,t_{merge,i}} - x_{i+1,t_{merge,i}} - v_{i+1,t_{merge,i}} \cdot T_{min,1}}{0.5 \cdot (t_{merge,i} - t)^2 + T_{min,1} \cdot (t_{merge,i} - t)}; \quad (3)$$

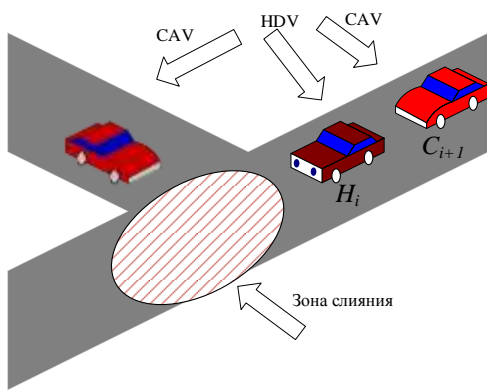


Рисунок 3 – Схема смешанного движения в местах слияния основной магистрали и примыкающей автомобильной дороги

2) транспортный поток состоит из подключенных беспилотных автомобилей (CAV – cooperative autonomous vehicle) и обычных автомобилей без автоматизации (HDV – human driving vehicle).

Тогда модель интеллектуального предотвращения столкновений будет выглядеть следующим образом.

Когда передним транспортным средством является H_i (т.е. i -й HDV), время прибытия H_i оценивается с помощью придорожного устройства или окружающих CAV (рис. 3), т.е

$$t_{\text{merge}} = t_0 + \frac{L - p_{i,t_0}}{v_{i,t_0}} \quad (4)$$

где t_{merge} - предполагаемое время прибытия i -го транспортного средства в зону слияния;

t_0 - время, когда транспортное средство отслеживается детектором;

p_{i,t_0}, v_{i,t_0} - положение и скорость транспортного средства i в момент времени t_0 ;

L - длина зоны совместного контроля.

Поскольку скорость автомобилей трудно предсказать на длительный период времени, необходимо через определенные промежутки времени переоценивать время их прибытия в зону слияния.

В момент времени t_{merge} положение C_{i+1} может быть определено по его обнаруженному положению и скорости, когда его время обнаружения равно t_0 , следующим образом:

$$x_{i+1,t_{\text{merge}}} = x_{i+1,t_0} + v_{i+1,t_0} \cdot (t_{\text{merge}} - t_0). \quad (5)$$

Зона безопасности слияния транспортного средства на рампе относительно магистрального транспортного средства C_{i+1} в момент времени t_{merge} зависит от скорости транспортного средства C_{i+1} , т.е:

$$\begin{cases} x_{\text{up}} = x_{\text{merge}} - v_{i+1,t_0} \cdot T_{\text{min},2} \\ x_{\text{down}} = x_{\text{merge}} + v_{i+1,t_0} \cdot T_{\text{min},2} \end{cases} \quad (6)$$

где $x_{\text{up}}, x_{\text{down}}$ - границы зоны безопасности слияния транспортного средства C_{i+1} вверх и вниз по течению соответственно; x_{merge} - граница зоны слияния вверх по течению;

$T_{\text{min},2}$ - минимальный интервал движения при слиянии CAV и HDV.

Когда $x_{i+1,t_{\text{merge}}}$ попадает в интервал $[x_{\text{up}}, x_{\text{down}}]$, чтобы избежать столкновения между C_{i+1} и передним автомобилем, C_{i+1} также сталкивается с аналогичной проблемой выбора вариантов, как и в пункте 1), поэтому далее рассматривается только вариант 1.

В то же время, для обеспечения эффективности и безопасности слияния предполагается, что в момент слияния скорости магистральных и рамповых транспортных средств должны быть максимально равны, т.е.:

$$\min(v_{i,t_{\text{merge}}} - v_{i+1,t_{\text{merge}}}). \quad (7)$$

Когда $x_{i+1,t_{\text{merge}}}$ попадает в интервал $[x_{\text{up}}, x_{\text{down}}]$, чтобы достичь варианта 1, ускорение C_{i+1} составляет:

$$a_{i+1} = \min\{\min(a_{\text{merge}}, a_{\text{comfort}}), a_{\text{norm}}\}, \quad (8)$$

где a_{merge} - ускорение, необходимое для слияния, определяемое из уравнений движения, т.е:

$$a_{\text{merge}} = \frac{x_{i,t_{\text{merge}}} - x_{i+1,t_{\text{merge}}} - v_{i+1,t_{\text{merge}}} \cdot T_{\text{min},2}}{0.5 \cdot (t_{\text{merge}} - t_0)^2 + T_{\text{min},2} \cdot (t_{\text{merge}} - t_0)}. \quad (9)$$

Результаты и обсуждение

Для моделирования дорожного движения с целью оценки влияния беспилотных автомобилей на предотвращение/снижение столкновений был выбран участок автомобильной дороги Пекин-Шанхай в городе Цзинань, общей протяженностью 12 километров, включаю-

щий 4 развязки (рис. 4). Изучаемый участок имеет расчетную скорость 60 км/ч, двухстороннюю восьмиполосную магистраль первого класса.

Моделирование дорожного движения выполнялось в программе SUMO, используемые параметры калибровки для участка автомобильной дороги и автомобиля [15] показаны на рисунке 5 и в таблице 1.



Рисунок 4 – Изучаемый участок автомобильной дороги Пекин-Шанхай

Name	Value	Dynamic
length [m]	5.00	×
width [m]	1.80	×
height [m]	1.50	×
minGap [m]	2.50	×
vehicle class	passenger	×
emission class	HBEFA3/PC_G_EU4	×
mass [kg]	1500.00	×
car-following model	Krauss	×
lane-change model	LC2013	×
guiShape	passenger	×
maximum speed [m/s]	55.56	×
desired maximum speed [m/s]	2777.78	×
maximum acceleration [m/s ²]	2.60	×
maximum deceleration [m/s ²]	4.50	×
emergency deceleration [m/s ²]	9.00	×
apparent deceleration [m/s ²]	4.50	×
imperfection (sigma)	0.50	×
desired headway (tau) [s]	1.00	×
speedfactor normc(1.00,0.10,0.20,2.00)		×
person capacity	4	×
boarding time [s]	0.50	×
container capacity	0	×
loading time [s]	90.00	×

Рисунок 5 – Параметры дороги в модели (снимок с экрана в программе SUMO)

Таблица 1– Используемые параметры калибровки автомобиля

Тип транспортных средств	Дистанция (м)	Ускорение (м/с ²)	Замедление (м/с ²)	Экстренное замедление (м/с ²)	Случайность водителя Sigma	Временной интервал (с)
Беспилотный автомобиль	1.5	3	4	9	0	1
Обычный автомобиль	0.5	2.6	4.5	9	0.3	0.6

Период моделирования составлял 1 час, объемы движения транспортных средств изменяются в зависимости от сценария и составляют 1200 ед./ч, 1400 ед./ч, 1800 ед./ч соответственно. Доля беспилотных транспортных средств в составе транспортного потока также варьируется от 0 % до 60 %. Анализируемые выходные параметры: количество конфликтов, среднее время проезда [16, 17]. Результаты моделирования приведены в таблицах 2-4.

Таблица 2 – Результаты моделирования эксперимента с интенсивностью дорожного движения 1200 ед./ч

Доля беспилотных транспортных средств в составе потока	0 %	25 %	30 %	60 %
Число конфликтов	2684	2346	2201	1655
Среднее время проезда участка, мин	47,36	44,27	41,32	38,7

Таблица 3 – Результаты моделирования эксперимента с интенсивностью дорожного движения 1400 ед./ч

Доля беспилотных транспортных средств в составе потока	0 %	25 %	30 %	60 %
Число конфликтов	3028	2719	2510	1917
Среднее время проезда участка, мин	49,22	43,42	42,78	39,45

Таблица 4 – Результаты моделирования эксперимента с интенсивностью дорожного движения 1800 ед./ч

Доля беспилотных транспортных средств в составе потока	0 %	25 %	30 %	60 %
Число конфликтов	3310	2972	2810	2214
Среднее время проезда участка, мин	50,34	44,3	43,8	37,2

Выводы

Анализ данных из таблиц показывает, что увеличение доли беспилотных транспортных средств в транспортном потоке значительно снижает число конфликтных ситуаций и уменьшает среднее время проезда участка. Интеграция автономных автомобилей в смешанные транспортные потоки способствует снижению вероятности возникновения так называемых «волновых заторов» и уменьшению расхода топлива.

Введение беспилотных автомобилей на дорогах общего пользования представляет собой важный этап в развитии транспорта, который требует соответствующей инфраструктуры и сервисов для обеспечения безопасного и эффективного движения. Для достижения максимальных преимуществ от внедрения беспилотных транспортных средств необходима развитая интеллектуальная транспортная система, которая обеспечивает интеграцию автономных автомобилей в транспортную сеть и координирует их взаимодействие с дорожной инфраструктурой и другими участниками движения [18-20].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Miqdady T., de Oña R., Casas J., de Oña J. Studying Traffic Safety During the Transition Period Between Manual Driving and Autonomous Driving // A Simulation-Based Approach. IEEE Xplore. 2023.
2. Abdeen M.A.R., Yasar A., Benaida M., Sheltami T., Zavantis D., El-Hansali Y. Evaluating the Impacts of Autonomous Vehicles' Market Penetration on a Complex Urban Freeway during Autonomous Vehicles' Transition Period // Sustainability. 2022.
3. Wang K., Qu D.-Y., Meng Y., Wang T., Yang Z. Molecular Dynamics-Based Car-Following Safety Characteristics and Modeling for Connected Autonomous Vehicles // Sustainability. 2024.
4. Xu W., Liu Y., Yi H., Liu G. Lane-changing decision model for autonomous vehicle under mixed traffic environment. SPIE. 2023.
5. Talebpour A., Mahmassani H., Bustamante F. Modeling Driver Behavior in a Connected Environment // Integrated Microscopic Simulation of Traffic and Mobile Wireless Telecommunication Systems. TRB. 2016.
6. Mitra P., Choudhury A., Aparow V.R., Kulandaivelu G., Dauwels J. Towards Modeling of Perception Errors in Autonomous Vehicles // IEEE Xplore. 2018.
7. Wang S., Li Z. Exploring the mechanism of crashes with automated vehicles using statistical modeling approaches // PLOS One. 2019.
8. Sadid H., Qurashi M., Antoniou C. Simulation-based Optimization of Autonomous Driving Behaviors // IEEE Xplore. 2022.
9. Wang J., Pant Y., Zhao L., Antkiewicz M., Czarnecki, K. Enhancing Safety in Mixed Traffic // Learning-Based Modeling and Efficient Control of Autonomous and Human-Driven Vehicles. IEEE Xplore. 2024.
10. Yan X., Feng S., Sun H., Liu H.X. Distributionally Consistent Simulation of Naturalistic Driving Environment for Autonomous Vehicle Testing // arXiv. 2021.
11. Yacheur B.Y., Ahmed T., Mosbah M. Implementation and Assessment of IEEE 802.11BD for Improved Road Safety // 2021 IEEE 18th Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC), Las Vegas, NV, USA, 2021. P. 1-6. doi: 10.1109/CCNC49032.2021.9369649.
12. Karoui M., Mannoni V., Denis B., Mayrargue S. Performance Analysis of V2X-based Systems for Improved Vulnerable Road Users Safety. 2022 IEEE 25th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), Macau, China. 2022. P. 3368-3373. doi: 10.1109/ITSC55140.2022.9921841.
13. Makinaci K.M., Acarman T., Yaman C. Resource Selection for C-V2X and Simulation Study for Performance Evaluation // 2021 IEEE 93rd Vehicular Technology Conference (VTC2021-Spring), Helsinki, Finland. 2021. P. 1-6. doi: 10.1109/VTC2021-Spring51267.2021.9448905.
14. Autonomous driving's future: Convenient and connected [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/autonomous-drivings-future-convenient-and-connected>.
15. Lu Q., Tettamanti T., Hörcher D., Varga I. The impact of autonomous vehicles on urban traffic network capacity: an experimental analysis by microscopic traffic simulation [Электронный ресурс] / Transportation Letters. 2019. №12(8). P. 540-549. URL: <https://doi.org/10.1080/19427867.2019.1662561>.
16. Новиков А.Н., Шевцова А.Г. Безопасное и эффективное управление транспортными потоками в городской транспортной системе. Москва: Академия, 2022. 205 с.
17. Булатова О.Ю. Цифровая трансформация дорожной инфраструктуры в условиях движения высокоавтоматизированных транспортных средств в общем транспортном потоке // Транспорт: наука, техника, управление: Научный информационный сборник. 2022. №2. С. 27-31. DOI 10.36535/0236-1914-2022-02-4.
18. Жанказиев С.В., Новизенцев В.В., Замыцких А.В., Гаврилюк М.В. Определение коэффициента конфликтности дорожного потока в реальном времени средствами ИТС // Наука и техника в дорожной отрасли. 2022. №1. С. 2-6.

19. Булатова О.Ю. Концепция реализации технологии V2X для повышения эффективности дорожного движения // Мир транспорта и технологических машин. 2022. №1(76). С. 48-53. DOI 10.33979/2073-7432-2022-76-1-48-53.

20. Новописный И.А., Шевцова А.Г., Макагонов А.Е. Сравнительный анализ программ безопасности дорожного движения Германии и Российской Федерации // Техника и технологии строительства. 2015. №4(4). С. 11-17.

Новиков Александр Николаевич

Орловский государственный университет им. Тургенева И.С.

Адрес: 302026, Россия, г. Орел, ул. Комсомольская, д. 95

Д.т.н., профессор

E-mail: novikovan58@bk.ru

Хуан Лэй

Донской государственный технический университет

Адрес: 344000, Россия, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1

Магистрант

E-mail: 3396945068@qq.com

Феофилова Анастасия Александровна

Донской государственный технический университет

Адрес: 344000, Россия, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1

Доцент кафедры «Организация перевозок и дорожного движения»

E-mail: feofilowa@mail.ru

Любимый Николай Сергеевич

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова

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

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

E-mail: nslubim@bk.ru

A.N. NOVIKOV, LEI HUANG, A.A. FEOFILOVA, N.S. LUBIMII

INTELLIGENT TRANSPORT IN IMPROVING ROAD SAFETY

***Abstract.** The development of intelligent road transport is a promising trend in the evolution of transport systems aimed at improving road safety and reducing the number of road accidents. The introduction of artificial intelligence technologies, sensors and machine vision systems allows autonomous vehicles to adapt quickly to changes in the road environment, minimising the likelihood of human error. These advanced technologies enable continuous and highly accurate control, including adaptive acceleration, braking and manoeuvring, significantly reducing the risk of collisions and improving overall road safety. To analyse the behaviour of unmanned vehicles in different traffic situations and in interaction with other road users, traffic simulation plays a key role.*

***Keywords:** unmanned vehicle, traffic simulation, road safety, intelligent transport system, SUMO*

BIBLIOGRAPHY

1. Miqdady T., de Oa R., Casas J., de Oa J. Studying Traffic Safety During the Transition Period Between Manual Driving and Autonomous Driving // A Simulation-Based Approach. IEEE Xplore. 2023.
2. Abdeen M.A.R., Yasar A., Benaida M., Sheltami T., Zavantis D., El-Hansali Y. Evaluating the Impacts of Autonomous Vehicles' Market Penetration on a Complex Urban Freeway during Autonomous Vehicles' Transition Period // Sustainability. 2022.
3. Wang K., Qu D.-Y., Meng Y., Wang T., Yang Z. Molecular Dynamics-Based Car-Following Safety Characteristics and Modeling for Connected Autonomous Vehicles // Sustainability. 2024.
4. Xu W., Liu Y., Yi H., Liu G. Lane-changing decision model for autonomous vehicle under mixed traffic environment. SPIE. 2023.
5. Talebpour A., Mahmassani H., Bustamante F. Modeling Driver Behavior in a Connected Environment // Integrated Microscopic Simulation of Traffic and Mobile Wireless Telecommunication Systems. TRB. 2016.
6. Mitra P., Choudhury A., Aparow V.R., Kulandaivelu G., Dauwels J. Towards Modeling of Perception Errors in Autonomous Vehicles // IEEE Xplore. 2018.

7. Wang S., Li Z. Exploring the mechanism of crashes with automated vehicles using statistical modeling approaches // PLOS One. 2019.
8. Sadid H., Qurashi M., Antoniou C. Simulation-based Optimization of Autonomous Driving Behaviors // IEEE Xplore. 2022.
9. Wang J., Pant Y., Zhao L., Antkiewicz M., Czarnecki, K. Enhancing Safety in Mixed Traffic // Learning-Based Modeling and Efficient Control of Autonomous and Human-Driven Vehicles. IEEE Xplore. 2024.
10. Yan X., Feng S., Sun H., Liu H.X. Distributionally Consistent Simulation of Naturalistic Driving Environment for Autonomous Vehicle Testing // arXiv. 2021.
11. Yacheur B.Y., Ahmed T., Mosbah M. Implementation and Assessment of IEEE 802.11BD for Improved Road Safety // 2021 IEEE 18th Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC), Las Vegas, NV, USA, 2021. R. 1-6. doi: 10.1109/CCNC49032.2021.9369649.
12. Karoui M., Mannoni V., Denis B., Mayrargue S. Performance Analysis of V2X-based Systems for Improved Vulnerable Road Users Safety. 2022 IEEE 25th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), Macau, China. 2022. R. 3368-3373. doi: 10.1109/ITSC55140.2022.9921841.
13. Makinaci K.M., Acarman T., Yaman C. Resource Selection for C-V2X and Simulation Study for Performance Evaluation // 2021 IEEE 93rd Vehicular Technology Conference (VTC2021-Spring), Helsinki, Finland. 2021. R. 1-6. doi: 10.1109/VTC2021-Spring51267.2021.9448905.
14. Autonomous driving's future: Convenient and connected [Elektronnyy resurs]. URL: <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/autonomous-drivings-future-convenient-and-connected>.
15. Lu Q., Tettamanti T., H?rcher D., Varga I. The impact of autonomous vehicles on urban traffic network capacity: an experimental analysis by microscopic traffic simulation [Elektronnyy resurs] / Transportation Letters. 2019. №12(8). R. 540-549. URL: <https://doi.org/10.1080/19427867.2019.1662561>.
16. Novikov A.N., Shevtsova A.G. Bezopasnoe i effektivnoe upravlenie transportnymi potokami v gorodskoy transportnoy sisteme. Moskva: Akademiya, 2022. 205 s.
17. Bulatova O.YU. Tsifrovaya transformatsiya dorozhnoy infrastruktury v usloviyakh dvizheniya vysokoavtomatizirovannykh transportnykh sredstv v obshchem transportnom potoke // Transport: nauka, tekhnika, upravlenie: Nauchnyy informatsionnyy sbornik. 2022. №2. S. 27-31. DOI 10.36535/0236-1914-2022-02-4.
18. ZHankaziev S.V., Novizentsev V.V., Zamytskikh A.V., Gavrilyuk M.V. Opredelenie koeffitsienta konfliktnosti dorozhnogo potoka v real'nom vremeni sredstvami ITS // Nauka i tekhnika v dorozhnoy otrasli. 2022. №1. S. 2-6.
19. Bulatova O.YU. Kontseptsiya realizatsii tekhnologii V2X dlya povysheniya effektivnosti dorozhnogo dvizheniya // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2022. №1(76). S. 48-53. DOI 10.33979/2073-7432-2022-76-1-48-53.
20. Novopisnyy I.A., Shevtsova A.G., Makagonov A.E. Sravnitel'nyy analiz programm bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya Germanii i Rossiyskoy Federatsii // Tekhnika i tekhnologii stroitel'stva. 2015. №4(4). S. 11-17.

Novikov Alexander Nikolaevich

Oryol State University
Address: 302026, Russia, Orel, st. Komsomolskaya, 95
Doctor of Technical Sciences
E-mail: novikovan58@bk.ru

Huang Lei

Don State Technical University
Address: 344000, Russia, Rostov-on-Don, Ploshchad' Gagarina, 1
Master's student
E-mail: 3396945068@qq.com

Feofilova Anastasia Alexandrovna

Don State Technical University
Address: 344000, Russia, Rostov-on-Don, Ploshchad' Gagarina, 1
Associate Professor of Traffic management and transportation department
E-mail: feofilowa@mail.ru

Lubimii Nikolai Sergeevich

Belgorod State Technological University
address: 46 Kostyukova str., Belgorod, 308012, Russia
Candidate of Technical Sciences
E-mail: nslubim@bk.ru

Научная статья

УДК 004.94

doi:10.33979/2073-7432-2024-4-2(87)-109-113

Э.К. ШАПРАНОВА

КЛИЕНТСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ПРОЦЕССА БРОНИРОВАНИЯ ПАРКОВОЧНОГО ПРОСТРАНСТВА

***Аннотация.** В современном технологическом мире концепция «умного города» используется во многих социотехнических системах. К ним относится и сектор парковок. Для оптимизации системы управления дорогами внедрены: управление дорожным движением, видеонаблюдение за дорожным движением, регулирование парковочных мест, а также другие системы контроля. В то же время ограниченное предложение парковочных мест становится проблемой для водителей, что приводит к потере личного времени и увеличению расхода топлива, и, как следствие, к ухудшению городской среды. Для решения этих задач целесообразно объединить городскую парковочную сеть в единое контролируемое пространство с помощью организованного регулирования и контролем.*

***Ключевые слова:** приложение, бронирование, парковки*

Введение

Данная статья посвящена проблеме опережения темпов роста автомобилизации населения над обеспеченностью машин парковками проблема нехватки машиномест для парковки автомобилей не только в центре города, но и жилых массивах становится все более актуальной. Программная реализация связана с разработкой клиентского приложения по бронированию парковочных мест, позволяющее повысить комфорт владельцев автомобилей, уменьшить время для поиска парковочной зоны, минимизировать образование пробок вблизи парковок и уменьшить простои пустых мест на менее популярных парковках больших городов.

В области транспорта одной из технологических разработок, которую мы можем найти, является система обслуживания парковки. Пользователям парковки приходится находить свободное парковочное место, оглядя территорию парковки, поэтому это неэффективно и занимает много времени, кроме того, из-за отсутствия системы обнаружения присутствия автомобиля при парковке безопасность не гарантируется. Потребность в достаточном количестве парковочных мест также очень актуальна в районе торговых центров, магазинов, университетов и т. д. Предоставление достаточно большой парковочной зоны позволит разместить большую часть посетителей места, особенно для тех, кто приезжает на автомобиле. Тем не менее, размер парковочной зоны и количество транспортных средств на стоянке может быть препятствием для водителей автомобилей, чтобы узнать, какие парковочные места все еще пусты, поэтому водители обычно сначала объезжают парковку, прежде чем найти свободную парковку. Эта проблема приводит к тому, что пользователи парковки часто застревают в местах парковки и вынуждены возвращать свои автомобили, чтобы искать другие места для парковки. На самом деле, если процесс обслуживания можно будет заменить более современной системой (системой автоматизации), это будет очень выгодно как для заинтересованной компании, так и для самих пользователей парковки. Исходя из этих задач, нам необходимо создать программный комплекс с возможностью бронирования парковочных мест и отображения занятости парковок.

В городах, где введена система платной парковки, пользователям было бы удобно, если бы программы оплаты парковки могли предоставлять информацию о наличии поблизости свободных парковочных мест. Тогда пользователи также смогут воспользоваться введением в городе системы платных парковок. Организация службы очереди, владеющая парковочным местом, могла бы для удобства пользователей создать программу мобильного веб-сервиса для бронирования парковочного места, что облегчило бы поиск свободного места пользователями и позволило бы сэкономить как время, так и топливо, а значит способствовать улучшению экологической ситуации в городе.

Материал и методы

Современные города сталкиваются с растущей проблемой ограниченности парковочных мест. С увеличением числа автомобилей и расширением автопарка становится все сложнее эффективно использовать доступное парковочное пространство. Это приводит к пробкам, неудобствам для водителей, повышенному уровню загрязнения и дополнительным

негативным экологическим последствиям. В связи с этим, эффективное управление и бронирование парковочных мест становится важной задачей для городской инфраструктуры.

В области транспорта одной из технологических разработок является система обслуживания парковки. Однако в действующей системе парковочного обслуживания все еще имеется ряд недостатков, одним из которых является отсутствие системы парковки, способной предоставлять автомобилистам информацию о свободных местах для парковки и иметь возможность их бронировать. Если состояние парковки загружено, клиентам будет сложно найти свободное место для парковки, что приведет к возникновению очередей на парковке. Важно рассмотреть проблемы, связанные с парковкой, и выработать решения на базе использования IoT-технологий и систем парковки нового формата.

Одним из ключевых компонентов строящихся сегодня умных городов являются системы умных парковок [1-4].

Обычные системы парковки автомобилей, которые не управляются должным образом, не могут полностью удовлетворить потребности умных городов. Интеллектуальное решение для парковки позволяет водителям легко и быстро определять доступные парковочные места [4]. Автомобили играют важную роль в жизни умного города. То есть экология города, движение транспорта в городах, пробки, время, необходимое для выполнения тех или иных задач в городах и другие явления являются одними из основных показателей городского трафика, и с ними тесно связана городская жизнь. С этой точки зрения, поскольку ощущается большая роль парковки в управлении городом, часть исследовательской работы в области «умных городов» приходится на умные парковки [5].

Основные проблемы, связанные с парковкой личного транспорта:

- переполнение парковок - количество автомобилей растёт, а число парковочных мест остаётся прежним. Это приводит к заторам и сложностям при поиске свободного места;
- переплата - водители или клиенты не всегда могут точно оценить, как долго им придётся стоять на парковке. Из-за этого они иногда переплачивают за услугу;
- воздействие на окружающую среду - парковки накапливают загрязняющие вещества, которые во время дождя смываются в водоёмы;
- недостаточное количество мест на парковке - в зонах резервирования и торговых центрах часто не хватает мест для парковки, что приводит к образованию больших пробок;
- несоблюдение правил парковки - неправильная парковка может привести к нехватке мест для других автомобилей, так как люди торопятся и не всегда паркуются по правилам.

Интеллектуальные системы парковки играют важную роль в улучшении повседневной жизни людей, и их использование, как ожидается, будет только расти. Эти системы могут быть дополнительно усовершенствованы путём внедрения расширенных функций, что сделает их универсальным инструментом управления

При внедрении умных парковок с системой бронирования в черте города ожидаются следующие результаты:

- оптимизация парковочных мест;
- снижение переплат за парковку;
- сокращение количества нарушений правил парковки;
- увеличение доходов от парковки;
- улучшение городской мобильности и городского планирования;
- уменьшение времени на парковку.

Теория и расчет

Благодаря возможности предварительного бронирования, водители смогут эффективнее планировать свои поездки с учётом загруженности парковок.

Схема работы для конечного потребителя услуги паркинга (водителя) (рис. 1).

Нормативный подход к определению количества необходимых парковочных мест имеет недостатки. Чтобы оценить потребность в парковочных местах, необходимо провести детальный анализ процесса парковки. Он зависит от двух основных факторов: интенсивности спроса на парковку и продолжительности времени, в течение которого автомобиль будет оставлен на стоянке (рис. 2).

Система бронирования парковочных мест состоит из клиентского приложения и серверной инфраструктуры. Клиентское приложение предоставляет пользовательский интерфейс для владельцев автомобилей, позволяющий осуществлять поиск, бронирование и оплату парковочных мест.



Рисунок 1 – Архитектура работы приложения

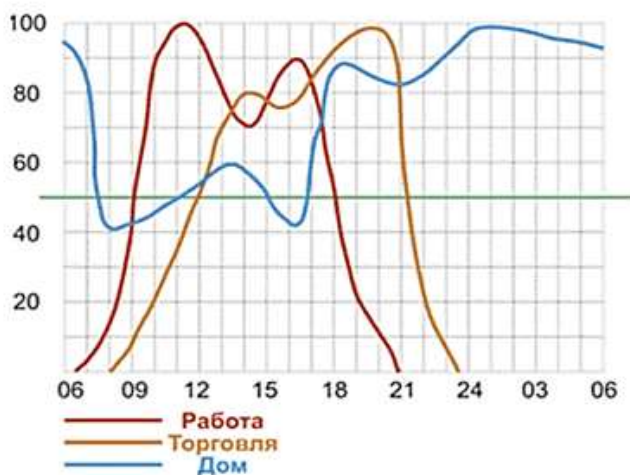


Рисунок 2 – Интенсивность использования парковок (ось X - количество автомобилей, ось Y - время суток)

имеется частичный поиск по адресу парковки или по её номеру в системе. После выбора парковки появляется интерфейс для выбора парковочного места.

Все системы используют датчики для детектирования состояния (занятости/свободности) парковочного места. Этот подход актуален на закрытых парковках, где количество машин, находящихся на парковке, контролируется шлагбаумом на въезде, однако при создании системы, позволяющей бронировать места на улично-дорожной сети города Москвы и других крупных городов необходимо создать систему блокирующую въезд на парковочное место для всех, кроме водителя, оплатившего бронь места.

За её основу взят блокиратор парковочного места, который необходимо доработать. На текущий момент у каждой платной парковки города Москвы имеется терминал оплаты, а значит и проведённое питание. Если модифицировать блокиратор, добавив в него небольшую электронную лебедку, то при заблокированном парковочном месте лебедка натянута и блокиратор находится в стоячем положении. При открытии парковочного места лебедка ослабляется и блокиратор опускается.

Серверная инфраструктура обрабатывает запросы от клиентского приложения, управляет базой данных парковочных мест, обеспечивает безопасность и обмен данными между клиентскими приложениями и операторами парковок. Клиент-серверная архитектура используется во многих приложениях и системах. Преимущества этой модели включают снижение нагрузки на клиентские устройства, более легкую масштабируемость, более простую обновляемость (рис. 3)

Результаты и обсуждение

В рамках создания новой системы бронирования было создано клиентское приложение по бронированию парковочного пространства на улично-дорожной сети города Москвы. Для создания клиентской части будет использован Xamarin C# и база данных под управлением субд SQL. На время разработки была использована база SQLite.

В мобильном приложении реализован функционал по регистрации и логированию (рис. 4). Совпадения по имени пользователя не допускаются, поэтому при регистрации всегда происходит проверка. После регистрации изначально пользователь имеет интерфейс обычного владельца машины, планирующего найти парковку для своей машины. Чтобы получить права Владельца парковки, необходимо написать супервизору, чтобы он дал необходимые.

После успешного входа в систему есть возможность зайти в профиль для редактирования и добавления данных. Тут же происходит добавление машин, средств связи и платёжных карт. В окне добавления машины есть возможность ввести данные для конкретного автомобиля или откорректировать старые данные. В окне выбора парковки

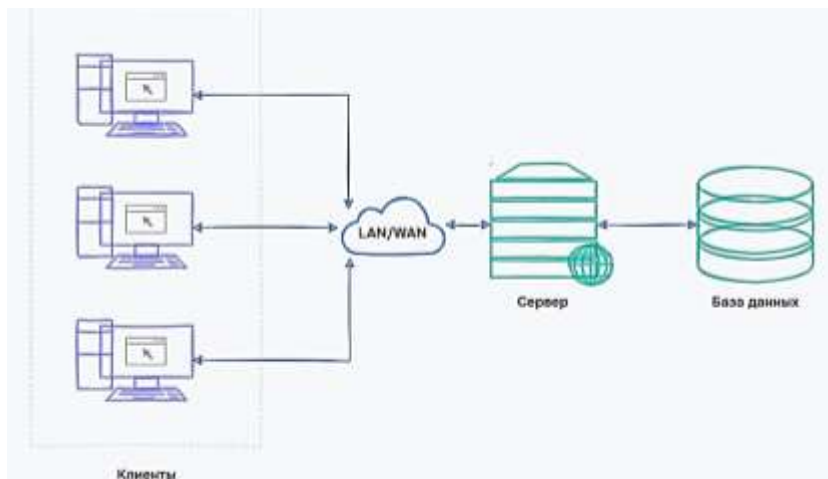


Рисунок 3 – клиент-серверная архитектура



Рисунок 4 – Окно регистрации

На каждое парковочное место необходимо добавить датчик занятости, который предотвратит поднятие блокиратора, пока машина находится на парковочном месте.

Выводы

Разработанное клиент-серверное приложение и механизм контроля занятости парковочного места имеет большой потенциал применения в больших городах, где почти каждый житель сталкивался с проблемой поиска свободного места, даже на платной парковке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. R. Atiqur, Y. Li, A. M. Liton. Automated Smart Car Parking System Using Internet of Things (IoT) Technology for Smart Cities Demand // North American Academic Research. Vol. 3. №08. P. 7-19. 2020.
2. M.I.A. Ferreira. Intelligent Systems, «Control and Automation: Science and Engineering. How Smart Is Your City?» // Technological Innovation, Ethics and Inclusiveness, Springer Nature Switzerland. 2021.
3. Magare S.S., Dudhgaonkar A.A., Kondekar S.R. Security and Privacy Issues in Smart City: Threats and Their Countermeasures // Studies in Systems, Decision and Control 308., Security and Privacy Applications for Smart City Development, Springer Nature Switzerland AG 2021.
4. Kasar S., Kshirsagar M. Open Challenges in Smart Cities: Privacy and Security // Studies in Systems, Decision and Control 308., Security and Privacy Applications for Smart City Development, Springer Nature Switzerland AG 2021.
5. Мубаракшина Ф.Д., Рачкова О.Г. К вопросу о современной типологии и некоторых проблемах архитектуры транспортных сооружений // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2012. №1. С. 17-23.
6. Fahim A., Mehedi Hasan B., Muhtasim Alam Chowdhury A. Intelligent Parking Systems: a Comprehensive Review based on various aspects. Heliyon, e07050. 1-10. 2021.
7. Dureja A., Sangwan S. Intelligent traffic management system using ant colony optimization and internet of things. Wiley, 5248: 1-12. 2020.
8. Zulfiqar H., Mahfooz Ul Haque H., Tariq F. et al. A survey on smart parking systems in urban cities. Wiley, 6511. 1-32. 2020.
9. Haleem Y, Husain Rehmani M., Crespi N. et al. Parking recommender system privacy preservation through anonymization and differential privacy. Wiley, 12297. 1-30. 2019.
10. Phudinawala H., Malusare O., Mahadik R. Vehicle Parking Management System // International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology. 1(1). 2022. P. 556-559. doi:10.48175/ijarsct-2995.
11. Chowdhury L.H., Mahmud Z.N.M.Z., Islam I.-U., Jahan I., Islam S. Smart. Car Parking Management System // 2019 IEEE International Conference on Robotics, Automation, Artificial-intelligence and Internet-of Things (RAAICON). 2019. doi:10.1109/raaicon48939.2019.49.
12. Rahman A. Multilevel Automated Car Parking System // Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems. 12(SP7). 2020. P.1273-1281. doi:10.5373/jardcs/v12sp7/20202227.
13. James A., Abraham P. Smart Car Parking With Reservation System Using QR Generator. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. 396. P. 012019. doi:10.1088/1757-899x/396/1/012019.
14. Ggyu G., Gunasekara A., Kathriarachch R. A Smart Vehicle Parking Management Solution. 2015.
15. Шештокас В.В. Город и транспорт. М.: Стройиздат, 1984. 176 с

Шапранова Элина Константиновна

Государственный университет управления

Адрес: 109542, Россия, Москва, Рязанский проспект, 99

Аспирант

E-mail: ek_shapranova@guu.ru

E.K. SHAPRANOVA

CLIENT APPLICATION FOR THE PARKING SPACE BOOKING PROCESS

Abstract. *In the modern technological world, the concept of a «smart city» is used in many sociotechnical systems. This includes the parking sector. To optimize the road management system, the following have been introduced: traffic management, video surveillance of road traffic, regulation of parking spaces, as well as other control systems. At the same time, the limited supply of parking spaces becomes a problem for drivers, which leads to loss of personal time and increased fuel consumption, and, as a result, to the deterioration of the urban environment. To solve these problems, it is advisable to combine the city parking network into a single controlled space with well-organized regulation and control.*

Keywords: *application, reservation, parking*

BIBLIOGRAPHY

1. R. Atiqur, Y. Li, A. M. Liton. Automated Smart Car Parking System Using Internet of Things (IoT) Technology for Smart Cities Demand // North American Academic Research. Vol. 3. №08. R. 7-19. 2020.
2. M.I.A. Ferreira. Intelligent Systems, «Control and Automation: Science and Engineering. How Smart Is Your City?» // Technological Innovation, Ethics and Inclusiveness, Springer Nature Switzerland. 2021.
3. Magare S.S., Dudhgaonkar A.A., Kondekar S.R. Security and Privacy Issues in Smart City: Threats and Their Countermeasures // Studies in Systems, Decision and Control 308., Security and Privacy Applications for Smart City Development, Springer Nature Switzerland AG 2021.
4. Kasar S., Kshirsagar M. Open Challenges in Smart Cities: Privacy and Security // Studies in Systems, Decision and Control 308., Security and Privacy Applications for Smart City Development, Springer Nature Switzerland AG 2021.
5. Mubarakshina F.D., Rachkova O.G. K voprosu o sovremennoy tipologii i nekotorykh problemakh arkhitektury transportnykh sooruzheniy // Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. 2012. №1. S. 17-23.
6. Fahim A., Mehedi Hasan B., Muhtasim Alam Chowdhury A. Intelligent Parking Systems: a Comprehensive Review based on various aspects. Heliyon, e07050. 1-10. 2021.
7. Dureja A., Sangwan S. Intelligent traffic management system using ant colony optimization and internet of things. Wiley, 5248: 1-12. 2020.
8. Zulfiqar H., Mahfooz Ul Haque H., Tariq F. et al. A survey on smart parking systems in urban cities. Wiley, 6511. 1-32. 2020.
9. Haleem Y, Husain Rehmani M., Crespi N. et al. Parking recommender system privacy preservation through anonymization and differential privacy. Wiley, 12297. 1-30. 2019.
10. Phudinawala H., Malusare O., Mahadik R. Vehicle Parking Management System // International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology. 1(1). 2022. R. 556-559. doi:10.48175/ijarsct-2995.
11. Chowdhury L.H., Mahmud Z.N.M.Z., Islam I.-U., Jahan I., Islam S. Smart. Car Parking Management System // 2019 IEEE International Conference on Robotics, Automation, Artificial-intelligence and Internet-of Things (RAAICON). 2019. doi:10.1109/raaicon48939.2019.49.
12. Rahman A. Multilevel Automated Car Parking System // Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems. 12(SP7). 2020. R.1273-1281. doi:10.5373/jardcs/v12sp7/20202227.
13. James A., Abraham P. Smart Car Parking With Reservation System Using QR Generator. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. 396. P. 012019. doi:10.1088/1757-899x/396/1/012019.
14. Ggyu G., Gunasekara A., Kathriarachch R. A Smart Vehicle Parking Management Solution. 2015.
15. Sheshtokas V.V. Gorod i transport. M.: Stroyizdat, 1984. 176 s

Shapranova Ellina Konstantinovna

State University of Management

Address: 109542, Moscow, Ryazansky prospect, 99

Postgraduate student

E-mail: ek_shapranova@guu.ru

Научная статья

УДК 656.01

doi:10.33979/2073-7432-2024-4-2(87)-114-121

И.С. МИТРЯЕВ, А.Н. НОВИКОВ, А.А. КРАВЧЕНКО, С.В. ЕРЕМИН

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ ИЗ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Аннотация. В статье исследуются методы повышения точности извлечения информации из социальных сетей для применения в интеллектуальных транспортных системах. Работа фокусируется на анализе текстовых, фото- и видеоданных, которые могут содержать оперативную информацию о дорожно-транспортных происшествиях, работе общественного транспорта, состоянии дорожной инфраструктуры и гражданских предложениях по улучшению транспортных систем. Приведен обзор современных алгоритмов искусственного интеллекта и машинного обучения, таких как модели BERT, HuggingFace transformers для обработки текстов, а также YOLO и OpenCV для анализа визуальных данных. Рассматриваются этапы сбора, преобразования и анализа данных, включая извлечение временных и географических метаданных из изображений и видео. Особое внимание уделено мультимодальным подходам, позволяющим объединять данные различных типов для повышения точности и надёжности извлеченной информации. Автор отмечает основные вызовы, такие как разнородность данных, шум и неоднозначность сообщений, а также акцентирует внимание на необходимости дальнейших исследований для адаптации алгоритмов к особенностям данных из открытых источников.

Ключевые слова: интеллектуальные транспортные системы, социальные сети, извлечение данных, искусственный интеллект, обработка естественного языка, компьютерное зрение, мультимодальный анализ, дорожная инфраструктура, машинное обучение

Введение

Современные города сталкиваются с рядом сложных транспортных проблем, таких как перегрузка дорожной сети, увеличение числа дорожно-транспортных происшествий (ДТП), низкая эффективность работы общественного транспорта и износ инфраструктуры. Эти проблемы негативно влияют на качество жизни горожан, повышают экономические издержки и увеличивают негативное воздействие на окружающую среду. Интеллектуальные транспортные системы (ИТС) предоставляют возможности для оптимизации и координации транспортных потоков, повышения безопасности и улучшения взаимодействия граждан с городской инфраструктурой. Эффективное функционирование ИТС требует постоянного обновления данных о текущей ситуации на дорогах, работе общественного транспорта и состоянии инфраструктуры [1-3].

Материал и методы

Одним из перспективных источников данных являются социальные сети, такие как ВКонтакте и Telegram, где пользователи регулярно публикуют актуальную информацию о событиях на дорогах, задержках транспорта, состоянии инфраструктуры и делятся предложениями по улучшению городской среды. С развитием интернета и мобильных устройств эти платформы стали не только средством общения, но и важным каналом для распространения информации, в том числе о дорожных происшествиях и проблемах в транспортной системе. Пользовательский контент, включающий тексты, фотографии и видео, способен предоставить уникальные и оперативные данные, которые сложно или невозможно получить из других источников.

Однако использование социальных сетей в качестве источника данных для ИТС сопряжено с рядом трудностей. Прежде всего, информация в социальных сетях носит разнородный характер, может содержать ошибки, шум и дублирование, а также быть представлена в разном формате. Тексты зачастую бесструктурные и содержат неформальный язык, жарго

низмы или опечатки. Анализ изображений и видео также требует применения сложных алгоритмов, способных извлечь из них значимые данные, такие как объекты инфраструктуры или геолокация. Важно не только идентифицировать ключевые события и объекты, но и обеспечить точное извлечение метаданных - времени и места происшествий, которые могут быть либо указаны явно в сообщении, либо извлечены из мультимедийного контента с помощью компьютерного зрения.

Применение современных технологий искусственного интеллекта (ИИ) и машинного позволяет автоматизировать процесс извлечения информации и повысить его точность. Для анализа текстов используется обработка естественного языка (Natural Language Processing, NLP) с помощью библиотек, таких как spaCy и HuggingFace transformers, а для анализа изображений и видео - методы компьютерного зрения, реализованные в OpenCV, TensorFlow и PyTorch. Эти подходы помогают классифицировать сообщения, распознавать объекты на фотографиях и видео, а также извлекать метаданные, даже если они не указаны явно.

Теория

Актуальность исследования заключается в растущей потребности в автоматизированных решениях для мониторинга и управления транспортной системой. В условиях динамично изменяющейся дорожной обстановки и растущей роли цифровых платформ использование данных из социальных сетей предоставляет значительные преимущества для ИТС. Традиционные источники информации, такие как камеры видеонаблюдения, датчики и отчёты служб, не всегда обеспечивают достаточную оперативность и охват. В то же время социальные сети дают возможность получать информацию от множества пользователей в режиме реального времени, что делает их ценным инструментом для принятия решений и улучшения транспортной инфраструктуры.

Анализ данных из социальных сетей для нужд транспортных систем изучается на пересечении нескольких научных направлений: обработка естественного языка, компьютерное зрение, анализ мультимедийных данных и работа с метаданными. В литературе подчеркивается потенциал данных, генерируемых пользователями, для мониторинга и оптимизации городской инфраструктуры, однако также указываются сложности, связанные с разнородностью источников, шумами и ограниченной структурированностью данных.

Исследования, посвящённые NLP для анализа социальных сетей, показывают, что социальные платформы содержат богатую информацию, но её сложность требует применения моделей машинного обучения, способных работать с контекстом и неструктурированным текстом. Современные исследования используют трансформеры, такие как BERT и XLM-R, поскольку они превосходят классические методы наивного байеса или логистической регрессии в задаче классификации и извлечения сущностей. Например, в работах, связанных с мониторингом общественного транспорта, отмечается эффективность применения BERT для определения инцидентов, таких как задержки поездов, благодаря способности модели улавливать скрытые зависимости в текстах и учитывать особенности неформального языка пользователей. Эти подходы применимы в том числе к российским социальным сетям, таким как ВКонтакте и Telegram, хотя требуется адаптация моделей к специфике русского языка и локального контекста [5-7].

Кроме того, выявлено, что использование гибридных моделей - комбинации классических алгоритмов и глубоких нейронных сетей - позволяет повысить точность извлечения данных. В частности, для русскоязычных сообщений эффективно применяются модели на базе предобученных эмбеддингов, таких как ruBERT или DeepPavlov, что даёт возможность повысить точность извлечения ключевых сущностей, таких как локации и типы происшествий.

Компьютерное зрение также играет важную роль в извлечении данных для транспортных систем, особенно при анализе изображений и видеозаписей. Литература демонстрирует, что модели на основе свёрточных нейронных сетей (CNN), таких как ResNet, VGG и YOLO, обеспечивают высокую точность в задачах обнаружения объектов. Например, в задачах распознавания дорожных знаков и анализа состояния дорог модели YOLO достигают

высокой производительности в реальном времени, что делает их подходящими для анализа видеофайлов и фотографий, загружаемых пользователями в социальные сети. Эти исследования подчёркивают, что комбинация CNN с алгоритмами для извлечения признаков повышает точность идентификации объектов, таких как повреждения дорожного покрытия или препятствия на дороге. В контексте ИТС это позволяет оперативно оценивать состояние инфраструктуры и реагировать на появляющиеся проблемы.

Отдельным направлением исследований является извлечение метаданных из изображений и видео. Геолокационные данные и временные метки могут быть получены как из встроенных тегов (например, EXIF), так и с помощью анализа контекста изображения. Применение алгоритмов компьютерного зрения позволяет идентифицировать объекты или ориентиры, которые указывают на географическое расположение события. Примеры таких решений включают использование архитектур на основе ResNet и EfficientNet для распознавания ландшафта или городских объектов [8-9]. Временная привязка данных также может быть улучшена с помощью анализа освещённости на изображениях или синхронизации данных с временными метками сообщений в социальной сети.

Большое внимание следует уделить проблемам, связанным с шумами и разнородностью данных. Посты в социальных сетях часто содержат неполную или неточную информацию, что требует использования алгоритмов для фильтрации шума и устранения дубликатов. Одной из эффективных стратегий является применение кластеризации сообщений, что позволяет группировать сообщения, относящиеся к одному событию, и повышать точность анализа. Алгоритмы кластеризации, такие как k-means и DBSCAN, успешно используются для объединения сообщений на основе их содержимого и временных меток [10].

Интеграция данных из различных источников - как социальных сетей, так и датчиков, камер и геоинформационных систем (ГИС) - способствует повышению качества анализа и достоверности прогнозов. Такие подходы позволяют комбинировать быстро обновляемые данные из социальных сетей с надёжными данными из традиционных источников, обеспечивая более полную картину происходящего.

Для достижения поставленных целей процесс анализа данных разделён на несколько последовательных этапов: сбор данных, предобработка, анализ текстов, анализ изображений и видео, извлечение метаданных и оценка эффективности алгоритмов. Каждый этап требует применения специализированных инструментов и моделей, адаптированных для работы с разнородной информацией.

Данные для анализа поступают из ВКонтакте и Telegram в виде постов и сообщений, содержащих текст, изображения и видео. Сбор данных осуществляется с помощью API, позволяющих в автоматическом режиме получать информацию из открытых каналов и групп. На этом этапе данные могут быть фрагментированы, неполны или содержать ошибки, поэтому важно выполнить фильтрацию и очистку. Фильтрация включает удаление дублирующихся сообщений и спама, а также выделение только релевантных записей, связанных с транспортной тематикой (например, упоминания ДТП, работы общественного транспорта или состояния дорог).

Для стандартизации текстов применяется токенизация, удаление стоп-слов и приведение словоформ к нормальной форме (лемматизация). Эти задачи решаются с помощью библиотеки spaCy, а также русскоязычных моделей, представленных в DeepPavlov. Из мультимедийных данных извлекаются встроенные метаданные (например, EXIF-теги), если они доступны, а также создаются временные метки для синхронизации данных с временными последовательностями сообщений [11].

На этапе анализа текстовых данных используется обработка естественного языка для извлечения ключевых сущностей (например, геолокаций, временных меток, типа событий). Модели на основе трансформеров, такие как ruBERT и HuggingFace transformers, обучаются на корпусах, содержащих транспортную лексику, для повышения точности классификации и извлечения информации [12].

Для анализа визуального контента, опубликованного пользователями, используются

методы компьютерного зрения. Алгоритмы на базе YOLO и EfficientNet применяются для обнаружения объектов на фотографиях и в видеороликах - например, автомобилей, дорожных знаков, препятствий и повреждений дорожного покрытия. Видео дополнительно обрабатываются для извлечения ключевых кадров, что позволяет сократить объём данных и выделить только важные моменты.

Мультимодальный анализ включает сравнение текстовой и визуальной информации. Например, если сообщение сопровождается изображением аварии, алгоритмы проверяют соответствие между текстом и визуальным контентом. Это помогает повысить надёжность выводов и отфильтровать сообщения, содержащие несоответствия или дезинформацию.

Извлечение метаданных, таких как время и геолокация, является ключевой задачей для точного мониторинга транспортной ситуации. Если EXIF-теги недоступны, используются геокодеры для определения локаций на основе упоминаний в тексте или визуального контента. Для анализа изображений применяются модели для распознавания ориентиров и городских объектов, что помогает определить местоположение события. Временная привязка осуществляется на основе временных меток сообщений и анализа освещённости на изображениях.

Таким образом, предложенная методология охватывает все этапы работы с данными - от сбора и предобработки до анализа результатов. Использование современных методов машинного обучения и ИИ позволяет повысить точность извлечения информации и обеспечить её актуальность для нужд интеллектуальных транспортных систем.

Эксперименты проводились на данных, собранных из публичных групп и каналов социальных сетей Орловской области ВКонтакте, связанных с транспортной тематикой. В выборку вошли сообщения, содержащие текст, фотографии и видео, охватывающие такие события, как дорожно-транспортные происшествия, задержки общественного транспорта, ремонтные работы и предложения граждан. Для обеспечения достоверности результатов выборка включала как актуальные данные (за последние 3 месяца), так и исторические данные, что позволило оценить устойчивость алгоритмов к разным типам сообщений и их вариативности.

Для проведения экспериментов использовались современные инструменты Python, включая spaCy, HuggingFace transformers, OpenCV, YOLO и PyTorch.

Модель уверенно распознавала ключевые категории, хотя испытывала сложности при работе с ироничными или саркастическими сообщениями. Для решения этой проблемы была добавлена дополнительная обработка с помощью эмоционального анализа, что улучшило качество классификации.

Извлечение сущностей с помощью DeepPavlov позволило точно идентифицировать геолокации и временные метки в текстах. Однако при анализе сообщений с сокращениями и сленгом модель иногда пропускала значимые сущности. Для решения этой проблемы была добавлена лемматизация и расширение корпуса для дообучения модели на неформальных текстах.

Извлечение метаданных из EXIF-тегов фотографий позволило автоматически определить 65 % местоположений событий. Временные метки успешно синхронизировались с временными последовательностями сообщений.

Таким образом, использование современных трансформеров и свёрточных нейронных сетей способствует значительному улучшению точности и надёжности извлечения данных.

Эксперименты подтвердили, что предложенные методы и алгоритмы обеспечивают высокую точность и надёжность при работе с данными из социальных сетей. Система успешно справляется с разнородными данными и способна фильтровать шумы, обеспечивая высокое качество извлечённой информации. Тем не менее, для дальнейшего улучшения предлагается расширить корпус данных для обучения и доработать алгоритмы для обработки сложных сообщений, содержащих иронию или неявные указания на события.

Работа с разнородными данными из социальных сетей ВКонтакте сопровождается рядом вызовов, связанных с их характером и качеством. Один из ключевых вызовов - неоднородность формата данных. Сообщения могут включать текст, изображения, видео и вложен-

ные ссылки, причём часто эти компоненты противоречат друг другу или содержат дублирующую информацию. Необходима мультимодальная обработка, что требует координации алгоритмов анализа текста и визуальных данных.

Шум в данных - ещё одна важная проблема. Пользователи часто публикуют неполные, неструктурированные или ироничные сообщения. Например, сообщения могут содержать метафоры или сарказм, что затрудняет их автоматическую интерпретацию. Также могут встречаться ложные или устаревшие данные, особенно в виде репостов. Для минимизации влияния таких сообщений требуется разработка фильтров и уточняющих алгоритмов.

Качество метаданных также играет критическую роль. Не все изображения и видео содержат EXIF-теги, а геолокационные данные в текстах могут быть неточными или отсутствовать. Извлечение метаданных требует использования дополнительных методов, таких как геокодирование по упоминаниям улиц или ориентиров. При этом важна способность системы сопоставлять метаданные из разных источников для устранения несоответствий.

Другой вызов - многозначность и полисемия в сообщениях. Например, слово «остановка» может означать как транспортную остановку, так и остановку движения. Разрешение таких многозначностей требует применения продвинутых моделей NLP, а также анализа контекста.

Результаты и обсуждение

Интеграция данных из социальных сетей в ИТС открывает множество прикладных возможностей. Оперативный мониторинг дорожной ситуации на основе сообщений пользователей позволяет городским службам быстрее реагировать на ДТП и заторы. Алгоритмы анализа данных из Telegram-каналов, например, способны обнаруживать сообщения о происшествиях раньше, чем поступают официальные уведомления, что ускоряет принятие мер.

Оптимизация работы общественного транспорта также выигрывает от использования данных из соцсетей. Сообщения пассажиров о задержках, перегруженности маршрутов или поломках помогают транспортным операторам быстрее корректировать расписания или направлять дополнительные ресурсы на проблемные направления [13-14].

Следует отметить, что наравне с основными направлениями в области безопасности дорожного движения [15-20], активно развивается направление оценки состояния дорожной инфраструктуры. На основе анализа изображений и текстов можно выявлять проблемные участки дорог, требующие ремонта, а также состояние светофоров и дорожных знаков. Обратная связь от граждан в виде жалоб и предложений позволяет присваивать приоритеты ремонтным работам и обновлению инфраструктуры.

Социальные сети также предоставляют уникальную возможность для анализа предложений граждан по улучшению транспортной системы. Эти данные могут использоваться для планирования новых маршрутов, корректировки существующих и повышения комфорта пассажиров. Кроме того, оценка тональности сообщений позволяет выявить негативные тенденции и предотвратить потенциальные проблемы.

ИТС могут значительно выиграть от интеграции данных из социальных сетей, что открывает возможности для более эффективного управления транспортом и улучшения взаимодействия с гражданами. Тем не менее, для достижения максимальной эффективности необходимо решить вызовы, связанные с качеством данных и устойчивостью алгоритмов.

Перспективным направлением для дальнейших исследований является разработка мультимодальных моделей, которые могут одновременно обрабатывать текстовую и визуальную информацию, связывая их в единую когерентную структуру. Такой подход позволит повысить точность анализа и сократить количество ошибок, связанных с несоответствиями между разными типами данных. Интеграция с другими источниками данных, такими как датчики дорожного движения и системы видеонаблюдения, позволит создать комплексную систему мониторинга транспортной ситуации. Объединение данных из социальных сетей и сенсорных систем откроет новые возможности для анализа и управления.

Вывод

Таким образом, будущее использование данных из социальных сетей для ИТС связано

с решением ряда методологических и технических вызовов, но открывает перспективы для создания более эффективных и гибких транспортных систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жанказиев С.В. Интеллектуальные транспортные системы. Пути развития // Информационные технологии и инновации на транспорте: материалы 2-ой Международной научно-практической конференции. Орел: Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева. 2016. С. 3-9.
2. Матросова Л.Д. Использование автоматизированных информационных систем в целях эффективности решения задач управления деятельностью ГИБДД // Научный вестник Орловского юридического института МВД России имени В.В. Лукьянова. 2018. №1(74). С. 116-119.
3. Жбанова С.А. Поиск и внедрение инновационных решений в сфере дорожной безопасности // Научный вестник Орловского юридического института МВД России имени В.В. Лукьянова. 2020. №4(85). С. 116-120.
4. Матросова Л.Д. Совершенствование методов получения и обработки информации для поддержки принятия управленческих решений в деятельности правоохранительных органов // Научный вестник Орловского юридического института МВД России имени В.В. Лукьянова. 2018. №4(77). С. 152-154.
5. Цитульский А.М., Иванников А.В., Рогов И.С. NLP-обработка естественных языков // StudNet. 2020. №6. С. 467-475.
6. Новиков А.С., Шарлаев Е.В. Использование языковой модели BERT для анализа текстов на русском языке // Наукосфера. 2021. №6-1. С. 200-202.
7. Иванченко О.В., Барауля Е.В. Влияние обработки естественного языка (NLP) на цифровой маркетинг // Развитие логистики в условиях санкционных ограничений и международной экономической интолерантности: материалы международной научно-практической конференции: XVIII Южно-Российский логистический форум. Ростов-на-Дону: Ростовский государственный экономический университет «РИНХ». 2022. С. 133-137.
8. Созыкин А.В. Обзор методов обучения глубоких нейронных сетей // Вестник ЮУрГУ. Серия: Вычислительная математика и информатика. 2017. Т. 6. №3. С. 28-59.
9. Дильмухаметова А.Р., Беляева М.Б. Архитектура resnet // Modern Science. 2021. №12-2. С. 356-359.
10. Чесноков М.Ю. Поиск аномалий во временных рядах на основе ансамблей алгоритмов DBSCAN // Искусственный интеллект и принятие решений. 2018. №1. С. 99-107.
11. M. Burtsev, A. Seliverstov, R. Airapetyan [et al.] DeepPavlov: Open-Source library for dialogue systems // ACL 2018 - 56th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, Proceedings of System Demonstrations. 2015. P. 122-127.
12. Галеев Д.Т., Панищев В.С., Титов Д.В. Увеличение производительности языковых моделей «трансформер» в информационных вопросно-ответных системах // Известия Юго-Западного государственного университета. 2022. Т. 26. №2. С. 159-171. DOI 10.21869/2223-1560-2022-26-2-159-171.
13. Кулев А.В., Минаева Е.М. Проблемы повышения качества в сфере перевозок пассажиров // Мир транспорта и технологических машин. 2023. №3-2(82). С. 100-105. DOI 10.33979/2073-7432-2023-3-2(82)-100-105.
14. Семкин А.Н., Шевляков А.Н. Опыт внедрения систем координации движения общественного транспорта на примере Орловской городской агломерации // Мир транспорта и технологических машин. 2023. №1-1(80). С. 50-59. DOI 10.33979/2073-7432-2023-1(80)-1-50-59.
15. Glagolev S., Shevtsova A., Shekhovtsova S. Basis for application of new-generation anti-icing materials as an efficient way to reduce the accident rate on roads in winter // Transportation Research Procedia, Saint Petersburg. Vol. 36. Saint Petersburg: Elsevier B.V. 2018. P. 193-198. DOI 10.1016/j.trpro.2018.12.063.
16. Новиков А.Н., Шевцова А.Г. Безопасное и эффективное управление транспортными потоками в городской транспортной системе. Москва: Академия, 2022. 205 с.
17. Шевцова А.Г., Бурлуцкая А.Г., Юнг А.А. Оценка влияния параметров автомобилей на значение потока насыщения // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2022. №1. С. 126-134. DOI 10.25198/2077-7175-2022-1-126.
18. Шевцова А.Г., Бурлуцкая А.Г., Васильева В.В. Внедрение интеллектуальной транспортной системы Ramp Metering на примере г. Белгород // Мир транспорта и технологических машин. 2018. №4(63). С. 42-48.
19. Боровской А.Е., Шевцова А.Г. Исследование степени насыщения пересечения при учете классификации легковых автомобилей // Автотранспортное предприятие. 2014. №5. С. 51-53.
20. Новописный И.А., Шевцова А.Г., Макагонов А.Е. Сравнительный анализ программ безопасности дорожного движения германии и Российской Федерации // Техника и технологии строительства. 2015. №4(4). С. 11-17.

Митряев Иван Сергеевич
ОрЮИ МВД России имени В.В. Лукьянова

Адрес: 302027, Россия, г Орёл, ул. Игнатова, д. 2
Старший преподаватель кафедры ИТ в Д ОВД
E-mail: ismitryaev@gmail.com

Новиков Александр Николаевич

Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева
Адрес: 302026 г. Орел, ул. Комсомольская, 95
Д.т.н., проф., заведующий кафедрой сервиса и ремонта машин
E-mail: novikovan@ostu.ru

Кравченко Андрей Алексеевич

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

Еремин Сергей Васильевич

Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева
Адрес: 302026, Россия, г. Орел, ул. Комсомольская, 95
Д.т.н., профессор кафедры сервиса и ремонта машин
E-mail: 140576@mail.ru

I.S. MITRYAEV, A.N. NOVIKOV, A.A. KRAVCHENKO, S.V. EREMIN

METHODS FOR IMPROVING THE ACCURACY OF INFORMATION EXTRACTION FROM SOCIAL NETWORKS FOR INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS

Abstract. *This article explores methods for enhancing the accuracy of information extraction from social networks for application in intelligent transportation systems (ITS). The study focuses on analyzing text, photo, and video data that may contain real-time information on traffic accidents, public transport operations, road infrastructure conditions, and citizen proposals for improving transportation systems. The article provides an overview of modern artificial intelligence and machine learning algorithms, including models like BERT and HuggingFace transformers for text processing, as well as YOLO and OpenCV for visual data analysis. The stages of data collection, pre-processing, and analysis are discussed, including the extraction of temporal and geographic metadata from images and videos. Special attention is given to multimodal approaches that allow for the integration of various data types to improve the accuracy and reliability of extracted information. The author highlights key challenges such as data heterogeneity, noise, and message ambiguity, emphasizing the need for further research to adapt algorithms to the characteristics of data from open sources.*

Keywords: *intelligent transportation systems, social networks, data extraction, artificial intelligence, natural language processing, computer vision, multimodal analysis, road infrastructure, machine learning*

BIBLIOGRAPHY

1. ZHankaziev S.V. *Intellektual`nye transportnye sistemy. Puti razvitiya // Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte: materialy 2-oy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii.* Орел: Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева. 2016. С. 3-9.
2. Matrosova L.D. *Ispol`zovanie avtomatizirovannykh informatsionnykh sistem v tselyakh effektivnosti resheniya zadach upravleniya deyatel`nost`yu GIBDD // Nauchnyy vestnik Orlovskogo yuridicheskogo instituta MVD Rossii imeni V.V. Luk`yanova.* 2018. №1(74). С. 116-119.
3. ZHbanova S.A. *Poisk i vnedrenie innovatsionnykh resheniy v sfere dorozhnoy bezopasnosti // Nauchnyy vestnik Orlovskogo yuridicheskogo instituta MVD Rossii imeni V.V. Luk`yanova.* 2020. №4(85). С. 116-120.
4. Matrosova L.D. *Sovershenstvovanie metodov polucheniya i obrabotki informatsii dlya podderzhki prinyatiya upravlencheskikh resheniy v deyatel`nosti pravookhranitel`nykh organov // Nauchnyy vestnik Orlovskogo yuridicheskogo instituta MVD Rossii imeni V.V. Luk`yanova.* 2018. №4(77). С. 152-154.
5. Tsitul`skiy A.M., Ivannikov A.V., Rogov I.S. *NLP-obrabotka estestvennykh yazykov // StudNet.* 2020. №6. С. 467-475.

6. Novikov A.S., Sharlaev E.V. Ispol'zovanie yazykovoy modeli BERT dlya analiza tekstov na russkom yazyke // Naukosfera. 2021. №6-1. S. 200-202.
7. Ivanchenko O.V., Baraulya E.V. Vliyaniye obrabotki estestvennogo yazyka (NLP) na tsifrovoy marketing // Razvitiye logistiki v usloviyakh sanktsionnykh ogranicheniy i mezhdunarodnoy ekonomicheskoy intolerantnosti: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii: XVIII YUzhno-Rossiyskiy logisti-cheskiy forum. Rostov-na-Donu: Rostovskiy gosudarstvennyy ekonomicheskiy universitet "RINH". 2022. S. 133-137.
8. Sozykin A.V. Obzor metodov obucheniya glubokikh neyronnykh setey // Vestnik YUUrGU. Seriya: Vy-chislitel'naya matematika i informatika. 2017. T. 6. №3. S. 28-59.
9. Dil'mukhametova A.R., Belyaeva M.B. Arkhitektura resnet // Modern Science. 2021. №12-2. S. 356-359.
10. Chesnokov M.YU. Poisk anomalii vo vremennykh ryadakh na osnove ansambley algoritmov DBSCAN // Iskusstvennyy intellekt i prinyatie resheniy. 2018. №1. S. 99-107.
11. M. Burtsev, A. Seliverstov, R. Airapetyan [et al.] DeepPavlov: Open-Source library for dialogue systems // ACL 2018 - 56th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, Proceedings of System Demonstrations. 2015. P. 122-127.
12. Galeev D.T., Panishchev V.S., Titov D.V. Uvelicheniye proizvoditel'nosti yazykovykh modeley "transformer" v informatsionnykh voprosno-otvetnykh sistemakh // Izvestiya YUgo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. 2022. T. 26. №2. S. 159-171. DOI 10.21869/2223-1560-2022-26-2-159-171.
13. Kulev A.V., Minaeva E.M. Problemy povysheniya kachestva v sfere perevozok passazhirov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2023. №3-2(82). S. 100-105. DOI 10.33979/2073-7432-2023-3-2(82)-100-105.
14. Semkin A.N., Shevlyakov A.N. Opyt vnedreniya sistem koordinatsii dvizheniya obshchestvennogo transporta na primere Orlovskoy gorodskoy aglomeratsii // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2023. №1-1(80). S. 50-59. DOI 10.33979/2073-7432-2023-1(80)-1-50-59.
15. Glagolev S., Shevtsova A., Shekhovtsova S. Basis for application of new-generation antiicing materials as an efficient way to reduce the accident rate on roads in winter // Transportation Research Procedia, Saint Petersburg. Vol. 36. Saint Petersburg: Elsevier B.V. 2018. P. 193-198. DOI 10.1016/j.trpro.2018.12.063.
16. Novikov A.N., Shevtsova A.G. Bezopasnoe i effektivnoe upravleniye transportnymi potokami v gorodskoy transportnoy sisteme. Moskva: Akademiya, 2022. 205 s.
17. Shevtsova A.G., Burlutskaya A.G., YUng A.A. Otsenka vliyaniya parametrov avtomobiley na znachenie po-toka nasyshcheniya // Intellekt. Innovatsii. Investitsii. 2022. №1. S. 126-134. DOI 10.25198/2077-7175-2022-1-126.
18. Shevtsova A.G., Burlutskaya A.G., Vasil'eva V.V. Vnedreniye intellektual'noy transportnoy sistemy Ramp Metering na primere g. Belgorod // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2018. №4(63). S. 42-48.
19. Borovskoy A.E., Shevtsova A.G. Issledovanie stepeni nasyshcheniya peresecheniya pri uchete klassifikatsii legkovykh avtomobiley // Avtotransportnoe predpriyatie. 2014. №5. S. 51-53.
20. Novopisnyy I.A., Shevtsova A.G., Makagonov A.E. Sravnitel'nyy analiz programm bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya germanii i Rossiyskoy Federatsii // Tekhnika i tekhnologii stroitel'stva. 2015. №4(4). S. 11-17.

Mitryaev Ivan Sergeevich

ORYUI of the Ministry of Internal Affairs of Russia
Address: 302027, Russia, Orel, Ignatova str., 2
Senior lecturer departments of the Department of Internal Affairs
E-mail: ismitryaev@gmail.com

Novikov Alexander Nikolaevich

Oryol State University
Address: 302026, Russia, Orel, Komsomolskaya str., 95
Doctor of Technical Sciences
E-mail: novikovan@ostu.ru

Kravchenko Andrey Alekseevich

Belgorod State Technological University
Address: 308012, Russia, Belgorod, Kostyukova str., 46
Candidate of Technical Sciences
E-mail: kaa3181@mail.ru

Eremin Sergey Vasilyevich

Oryol State University
Address: 302026, Russia, Orel, Komsomolskaya str., 95
Doctor of Technical Sciences
E-mail: 140576@mail.ru

Научная статья

УДК 338.47

doi:10.33979/2073-7432-2024-4-2(87)-122-127

С.В. ДОРОХИН, В.А. РУДЬ

РОЛЬ ИННОВАЦИОННЫХ СИСТЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ МЕГАПОЛИСОВ РФ

***Аннотация:** проблема перегрузки улично-дорожной сети актуальна для многих крупных городов. В связи с этим в рамках внедрения интеллектуальных транспортных систем устанавливаются «умные» светофоры, которые способны адаптироваться к сложившимся ситуациям на дорогах. В данной статье рассмотрены основные принципы их работы, влияние на безопасность дорожного движения и перспективы применения в РФ.*

***Ключевые слова:** интеллектуальная транспортная система, умные светофоры, дорожное движение, транспорт, улично-дорожная сеть*

Введение

В настоящее время в крупных городах наблюдается рост автомобилизации населения, тогда как состояние улично-дорожной сети (УДС) остается на прежнем уровне. Это вызывает серьезные проблемы с транспортом, такие как длительные пробки, повышенное количество дорожно-транспортных происшествий и загрязнение окружающей среды. Для решения этих проблем необходимо провести комплексное обследование и оценку состояния улично-дорожной сети, разработать проекты новых дорожных объектов и оптимизировать существующие. Только таким образом можно обеспечить безопасность и комфортность движения на дорогах, а также снизить негативное воздействие автомобилизации на городскую среду.

Материал и методы

Основная проблема крупных городов - дорожные заторы, которые оказывают негативное влияние на жизнь населения и экономику страны. При движении автомобиля на низких передачах возрастают выбросы отработавших газов на единицу площади, что ухудшает экологическую обстановку района и влияет на здоровье людей. Также заторы усложняют логистику и снижают прибыль предприятий за счет увеличения срока доставки грузов и расходов на топливо.

Большая часть дорожно-транспортных происшествий происходит при движении в ограниченном пространстве и при плотном транспортном потоке в условиях дорожных заторов, что говорит о том, что решение данной проблемы также повысит безопасность на дорогах.

Внедрение систем умных светофоров является одним из шагов к созданию «умных» городов, где технологии используются для оптимизации инфраструктуры и повышения комфорта для жителей. Важным аспектом внедрения умных светофоров является их вклад в снижение загрязнения окружающей среды. Благодаря оптимизации движения транспорта и сокращению пробок, умные светофоры способствуют экономии топлива и уменьшению выбросов вредных веществ [2].

Теория

Система умного светофора включает в себя контроллеры, датчики движения и видеокамеры.

Видеокамеры считывают параметры транспортного потока и передают информацию на центральный сервер управления, связь с которыми обеспечивается с помощью радиосигнала или оптических линий связи.

На основе этих данных рассчитываются светофорные циклы, обеспечивающие проезд всех транспортных средств, стоящих в очереди, в течение одной фазы.

Системы, считывающие информацию о дорожном движении, собирают информацию

трех типов:

1) статистическая информация о транспортном потоке: интенсивность движения, состав потока (по типам транспортных средств), скорость и плотность потока;

2) информация о дорожной ситуации: занятость полос, наличие заторов и дорожно-транспортных происшествий, остановившиеся или медленно движущиеся транспортные средства, подозрительные объекты на дороге;

3) информация об очереди транспортных средств на перекрестке: приближающиеся автомобили, количество транспортных средств, проехавших через сечение участка УДС, длина очереди на перекрестке [3].

Структура светофорного цикла состоит из тактов и фаз. Тактом регулирования называется период действия определенных светофорных сигналов. Во время основного такта включаются разрешающие и запрещающие сигналы для различных направлений транспортного потока. Во время промежуточного такта движение для всех потоков запрещено, он предназначен для транспортных средств, не успевших завершить маневр за время действия основного такта. Фазой регулирования называется совокупность основного и промежуточного тактов, а циклом регулирования называется повторяющаяся совокупность всех фаз [6].

Умные светофоры могут работать в четырех разных режимах:

1) локальный режим. Самый простой режим работы, где светофоры на одном регулируемом объекте работают по заранее заложенной схеме отдельно от всей системы светофоров. Циклы в них меняются в зависимости от времени суток или дней недели. Недостатком такого режима является невозможность перестройки цикла в случае изменения дорожной обстановки, например, при дорожно-транспортном происшествии;

2) координированный режим. В данном режиме работы системы светофоров на разных регулируемых объектах, расположенных вблизи друг от друга, взаимосвязаны и работают слаженно. Это позволяет сохранять необходимую интенсивность движения транспортных средств на участке УДС, но так же, как и при локальном режиме, нет возможности перестройки цикла под текущую ситуацию на дороге;

3) адаптивный режим. При данном режиме системы светофоров взаимосвязаны и способны подстраиваться под текущие параметры транспортного потока и автоматически изменять циклы регулирования. Является самым оптимальным режимом, но требующим значительных финансовых затрат из-за высокой стоимости оборудования и сложности в обслуживании;

4) централизованное управление из ситуационного центра. В случае неисправности системы специалисты Центра организации дорожного движения могут вмешиваться в работу системы умных светофоров и самостоятельно корректировать циклы [7].

С помощью умных светофоров можно также предупреждать о возможных опасностях на дороге и улучшать координацию взаимодействия участников дорожного движения. Это значительно снижает риск возникновения аварий и повышает безопасность на дорогах.

Координация взаимодействия участников дорожного движения - ключевой аспект безопасности. Умные светофоры способствуют более плавному потоку движения, минимизируя вероятность конфликтов и обеспечивая безопасность на дорогах. Использование умных светофоров не только снижает риск возникновения аварий, но и создает более благоприятные условия для всех участников дорожного движения.

Для достижения более эффективного управления потоком транспорта необходимо учитывать не только скорость передвижения транспортных средств на участке дороги, но и время, необходимое на перемещение между регулируемыми участками. Это позволит синхронизировать работу светофоров таким образом, чтобы при подъезде к ним автомобили могли проехать без остановок, не создавая очередей. Использование такой системы управления потоком транспорта поможет улучшить проходимость дорог и снизить время простоя на светофорах. Поэтому система умного светофора работает наиболее эффективно, если она интегрирована в интеллектуальную транспортную систему города.

При организации дорожного движения в городе используется принцип приоритета общественного транспорта для снижения плотности транспортного потока. В связи с этим при планировании работы умных светофоров имеется возможность установки датчиков, учитывающих приближение общественного транспорта, чтобы система светофора подстроила цикл под них. Это помогает улучшить проходимость общественного транспорта и сделать его более привлекательным для пассажиров, поскольку позволяет им достигать своих мест назначения быстрее и комфортнее. Также это способствует снижению выбросов вредных веществ в атмосферу за счет более эффективного использования общественного транспорта и снижения интенсивности транспортных средств на дорогах.

Эффективное управление светофорами по принципу приоритета общественного транспорта значительно улучшает транспортную систему города и делает ее более устойчивой к перегрузкам и аварийным ситуациям.

Системы умных светофоров в адаптивном режиме используются в Москве с 2008 года, а также начинают внедряться в других крупных городах. Результаты исследований показывают, что в результате внедрения умных светофоров в столице время движения по городу сократилось на 25 %, а время на простой в очереди перед объектами регулирования снизилось на 40 %.

В городе Воронеж запущено внедрение интеллектуальной транспортной системы (ИТС) в рамках национального проекта «Безопасные качественные дороги» стоимостью в 618,4 млн рублей. Этот процесс разделен на три этапа и продолжается с 2022 по 2024 годы.

В течение 2022 года происходило оборудование пункта управления системой и подключение к ней 21 светофорного объекта и одной метеостанции. Модернизированы светофоры на бульваре Победы, улицах Генерала Лизюкова, 45 Стрелковой Дивизии, Шишкова.

В 2023 году происходило дооборудование центра и его интеграция с другими системами города: «Безопасный город», «АСУ Навигация», «Система 112», АСУДД «Микро-М» и др. и установка еще 74 светофорного объекта на улицах Ленина, 9 января, Пешестрелецкой, Героев Сибиряков, Южно-Моравской и Домостроителей.

В течение третьего этапа (2024 год) планируется установка 101 светофора, а также совершенствование системы путем внедрения подсистем мониторинга общественного транспорта, мониторинга ДТП и системы обеспечения информационной безопасности.

Реализация проекта запланирована до 2030 года. К этому времени ожидается увеличение средней скорости транспортного потока на 12 %, снижение интенсивности движения транспортных средств на 25,3 % и сокращение количества дорожно-транспортных происшествий на 26 %.

Планируется улучшение общей безопасности дорожного движения на дорогах и снижения вредного воздействия автотранспорта на окружающую среду. Все эти меры позволяют значительно улучшить качество транспортной инфраструктуры и повысить комфортность перемещения для всех участников дорожного движения [10].

Данный проект также не является единственным. Он реализуется в комплексе с другими крупными проектами, такими, как реорганизация дорожного движения на ул. Остужева, строительства дублера Московского проспекта и внедрение нового вида общественного транспорта в городе - метробуса. Он представляет собой автобус, который следует по специальной выделенной полосе, что позволяет ему обходить пробки и двигаться по маршруту быстрее обычных автомобилей.

Эти проекты в совокупности направлены на улучшение транспортной инфраструктуры города, снижение загруженности магистралей и повышение комфорта пассажиров.

Результаты и обсуждение

На сегодняшний день внедрение умных светофоров на улице Московский проспект помогло увеличить скорость потока на 28 %, что значительно снизило нагрузку на участок УДС. Это говорит о том, что данная технология выполняет свою функцию, но нуждается в более масштабном применении.

Исследование в области разработки систем умных светофоров в России поручено инновационному холдингу «Швабе», входящему в структуру Госкорпорации «Ростех». Продукция данного холдинга представляет собой передовое технологическое решение, нацеленное на обеспечение безопасности и оптимизации дорожного движения.

Одним из ключевых аспектов функционирования систем умных светофоров является их надежность в различных климатических условиях. Светофоры, созданные компанией «Швабе», обладают высокой степенью устойчивости к неблагоприятным погодным факторам. Они спроектированы с учетом особенностей российского климата и способны выдерживать значительные перепады температур от -40 до +60 градусов Цельсия, что обеспечивает стабильную и бесперебойную работу даже в условиях экстремальных температурных воздействий.

Важным аспектом функционирования систем умных светофоров от холдинга «Швабе» является их простота в обслуживании. Благодаря интуитивно понятному интерфейсу и надежным компонентам, эти светофоры становятся более доступными для технического обслуживания, что способствует эффективной и бесперебойной работе всей системы.

Следует отметить, что применение систем умных светофоров от холдинга "Швабе" не только способствует повышению безопасности на дорогах, но и демонстрирует высокий уровень надежности и удобства в обслуживании. Эти инновационные технологии играют важную роль в создании современной и безопасной инфраструктуры для городов, обращая особое внимание на технические характеристики и климатическую устойчивость средств регулирования дорожного движения [12].

Холдингом разработан светофор Visual Intelligent Control (VIC), который способен работать в адаптивном режиме. При включении запрещающего сигнала такой светофор с помощью лазеров проецирует ограждения красного цвета над стоп-линией. Такой светофор обеспечивает четкую подачу сигналов в условиях плохой видимости (туман, снегопад и др.). Данная технология имеет также и психологический эффект: водителям будет трудно проехать сквозь преграду, за счет чего снизится количество нарушений на перекрестках.

Помимо этого, светофор VIC оснащен камерами и датчиками, которые позволяют ему анализировать трафик и регулировать время работы светофора в зависимости от количества автомобилей на дороге. Таким образом, он способен оптимизировать движение, уменьшая временные затраты и улучшая общую безопасность на дорогах, но вместе с этим требует значительных финансовых вложений и текущих расходов на обслуживание.

Кроме того, светофор VIC может быть интегрирован в централизованную систему управления дорожным движением, что позволит регулировать его работу согласно текущим потребностям городской инфраструктуры. Такой подход позволяет значительно сократить пробки, повысить проходимость и снизить количество аварий на дорогах.

В целом, светофор VIC представляет собой инновационное решение, которое позволяет существенно улучшить эффективность и безопасность дорожного движения.

Внедрение таких систем в крупных городах способствует решению многих проблем в организации дорожного движения:

- снижение плотности транспортных потоков;
- увеличение пропускной способности объектов регулирования;
- увеличение средней скорости потока.

Следует отметить, что системы умных светофоров наиболее эффективны при интеграции ее в имеющуюся интеллектуальную транспортную систему города. В организации дорожного движения мегаполисов необходим комплексный подход, при котором реализуются одновременно несколько крупных проектов. И развитие систем умных светофоров является важным шагом в развитии транспортной инфраструктуры, которое нуждается в дальнейшем развитии и внедрении во всех крупных городах.

Выводы

Умные светофоры смогут не только улучшить пропускную способность дорог и снизить заторы, но и повысить безопасность дорожного движения за счет оптимизации работы светофоров с учетом погодных условий, времени суток, плотности транспортного потока и других факторов. Такие системы способствуют экономии времени и топлива, а также уменьшению выбросов вредных веществ в атмосферу. Они помогают более плавному движению транспорта, сокращают время простоя на светофорах и делают перемещение по городу более эффективным.

Интеграция систем умных светофоров в интеллектуальную транспортную систему позволит создать городскую инфраструктуру, способную реагировать на изменения в транс-

портном потоке и адаптироваться к ним, обеспечивая оптимальные условия для перемещения населения и сокращая время на ожидание на перекрестках.

Эффективное использование новейших технологий в области транспортной инфраструктуры позволит сделать города более удобными для жителей и туристов, а также способствует развитию экономики и повышению уровня жизни населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сажнева Л.П., Розов А.А. Исследование мирового опыта внедрения системы «умный светофор» в целях повышения эффективности функционирования транспортного комплекса мегаполиса // XI Конгресс молодых учёных: Сборник научных трудов. Санкт-Петербург. 2022. С. 549-552.
2. Панькина К.Е. Методы управления транспортным потоком, основанные на регулировании светофорных параметров // Интеллектуальные транспортные системы: Материалы II Международной научно-практической конференции. Москва. 2023. С. 311-315.
3. Дорохин С.В., Артемов А.Ю. Развитие методов управления транспортными потоками в малых и средних городах // Мир транспорта и технологических машин. 2023. №1-1(80). С. 60-67. DOI 10.33979/2073-7432-2023-1(80)-1-60-67. EDN EOYCSQJ.
4. Дорохин С.В., Азарова Н.А., Рудь В.А. Проблемы и перспективы организации парковочного пространства в РФ // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2018. С. 211-216.
5. Дорохин С.В., Азарова Н.А., Рудь В.А. Цифровизация парковочного пространства как путь решения проблем организации парковочных пространств // Современные направления и подходы к проектированию и строительству инженерных сооружений: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева. 2020. С. 80-84.
6. Кораблев Р.А. Развитие и современное состояние работ по организации дорожного движения [Электронный ресурс]: Учебное пособие. Воронеж: ВГЛУ им. Г.Ф. Морозова, 2016. 766 с. ЭБС «Знаниум». URL: <http://znanium.com/bookread2.php?book=858486>.
7. Холченков О.И. К проблеме совершенствования адаптивной системы управления светофорными объектами // Будущее науки: взгляд молодых ученых на инновационное развитие общества: сборник научных статей Всероссийской молодежной научной конференции. В 3 т. Т. 3. Курск. 2023. С. 333-336.
8. Башмакова И.А., Володина В.А. Анализ влияния коррекции интенсивности движения транспортно-потока на возможность непрерывного проезда светофорных объектов // Логистика и управление цепями поставок. 2023. Т. 20. №22. С. 23-32.
9. Панькина К.Е. Алгоритм перераспределения длительности фаз внутри цикла на основе анализа текущих фазовых коэффициентов в конфликтующих направлениях и сдвиг фаз встречных потоков // Транспортное дело России. 2022. №6. С. 139-141.
10. Болодурина И.П. Интеллектуализация процесса управления светофорным объектом в нечетких условиях // Системная инженерия и информационные технологии. 2021. №3. С. 59-64.
11. Коковина С.А., Ни Е.С. Возможные пути сокращения транспортных задержек на участках улиц со светофорным регулированием в целях повышения среднетехнической скорости сообщения // Общественная безопасность в сфере дорожного движения: профессиональная подготовка и организационно-правовые инструменты: Материалы межведомственной научно-практической конференции. 2020. С. 146-149.
12. Грибанов А.А. Адаптивное управление светофорным объектом // Механизация и автоматизация технологических процессов в сельскохозяйственном производстве: Материалы национальной научно-практической конференции. 2020. С. 160-165.
13. Куфтинова Н.Г. Разработка координированного управления светофорных объектов транспортной сети с помощью виртуальных детекторов в программной среде // Интегрированные автоматизированные системы управления в отраслях транспортно-дорожного комплекса: Материалы 78-ой научно-методической и научно-исследовательской конференции МАДИ. Москва. 2020. С. 97-104.
14. Мажар К.В. К вопросу о приоритете проезда перекрестков общественному транспорту с применением адаптивного управления светофорными объектами / Отв. редактор А.В. Медведев // Проблемы функционирования систем транспорта: Материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 2-х томах. Т. 2. 2020. С. 186-189.
15. Новиков А.Н. Основные принципы расчета программы светофорного регулирования на основе управляемых сетей и потока насыщения // Вестник сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. Т. 16. №6(70). С. 680-691.

Дорохин Сергей Владимирович

Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова

Адрес: г. Воронеж, ул. Тимирязева, д. 8

Доктор технических наук, доцент, профессор

E-mail: Dsvvrn@yandex.ru

Рудь Виктория Александровна

Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова

Адрес: г. Воронеж, ул. Тимирязева, д. 8

Студент

E-mail: Airotciv35@gmail.com

S.V. DOROKHIN, V.A. RUD

THE ROLE OF INNOVATIVE TRAFFIC REGULATION SYSTEMS IN TRANSPORT INFRASTRUCTURE OF RUSSIAN MEGACITIES

Abstract: *the problem of congestion of the road network is relevant for many large cities. In this regard, as part of the implementation of intelligent transport systems, "smart" traffic lights are being installed that are able to adapt to current situations on the roads. This article discusses the basic principles of their work, the impact on road safety and the prospects for their application in the Russian Federation.*

Keywords: *intelligent transport system, smart traffic lights, traffic, transport, road network*

BIBLIOGRAPHY

1. Sazhneva L.P., Rozov A.A. Issledovanie mirovogo opyta vnedreniya sistemy «umnyy svetofor» v tselyakh povysheniya effektivnosti funktsionirovaniya transportnogo kompleksa megapolisa // XI Kongress molodykh uchionykh: Sbornik nauchnykh trudov. Sankt-Peterburg. 2022. S. 549-552.
2. Pan`kina K.E. Metody upravleniya transportnym potokom, osnovannye na regulirovanii svetofornykh parametrov // Intellektual`nye transportnye sistemy: Materialy II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Moskva. 2023. S. 311-315.
3. Dorokhin S.V., Artemov A.YU. Razvitie metodov upravleniya transportnymi potokami v malykh i srednikh gorodakh // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2023. №1-1(80). S. 60-67. DOI 10.33979/2073-7432-2023-1(80)-1-60-67. EDN EOYCQJ.
4. Dorokhin S.V., Azarova N.A., Rud` V.A. Problemy i perspektivy organizatsii parkovochnogo prostranstva v RF // Aktual`nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika. 2018. S 211-216.
5. Dorokhin S.V., Azarova N.A., Rud` V.A. Tsifrovizatsiya parkovochnogo prostranstva kak put` resheniya problem organizatsii parkovochnykh prostranstv // Sovremennye napravleniya i podkhody k proektirovaniyu i stroitel`stvu inzhenernykh sooruzheniy: Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Ryazan`: Ryazanskiy gosudarstvennyy agrotekhnologicheskii universitet im. P.A. Kostycheva. 2020. S. 80-84.
6. Korablev R.A. Razvitie i sovremennoe sostoyanie rabot po organizatsii dorozhnogo dvizheniya [Elektronnyy resurs]: Uchebnoe posobie. Voronezh: VGLTU im. G.F. Morozova, 2016. 766 s. EBS «Znaniy». URL: <http://znaniy.com/bookread2.php?book=858486>.
7. Holchenkov O.I. K probleme sovershenstvovaniya adaptivnoy sistemy upravleniya svetofornymi ob`ektami // Budushchee nauki: vzglyad molodykh uchenykh na innovatsionnoe razvitie obshchestva: sbornik nauchnykh statey Vserossiyskoy molodezhnoy nauchnoy konferentsii. V 3 t. T. 3. Kursk. 2023. S. 333-336.
8. Bashmakova I.A., Volodina V.A. Analiz vliyaniya korrektsii intensivnosti dvizheniya transportnogo potoka na vozmozhnost` nepreryvnogo proezda svetofornykh ob`ektov // Logistika i upravlenie tsepyami postavok. 2023. T. 20. №22. S. 23-32.
9. Pan`kina K.E. Algoritm pereraspredeleniya dlitel`nosti faz vnutri tsikla na osnove analiza tekushchikh fazovykh koefitsientov v konfliktuyushchikh napravleniyakh i sdvig faz vstrechnykh potokov // Transportnoe delo Rossii. 2022. №6. S. 139-141.
10. Bolodurina I.P. Intellektualizatsiya protsessa upravleniya svetofornymi ob`ektom v nechetkikh usloviyakh // Sistemnaya inzheneriya i informatsionnye tekhnologii. 2021. №3. S. 59-64.
11. Kokovina S.A., Ni E.S. Vozmozhnye puti sokrashcheniya transportnykh zaderzhek na uchastkakh ulits so svetofornym regulirovaniem v tselyakh povysheniya srednetekhnicheskoy skorosti soobshcheniya // Obshchestvennaya bezopasnost` v sfere dorozhnogo dvizheniya: professional`naya podgotovka i organizatsionno-pravovye instrumentarii: Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 2020. S. 146-149.
12. Gribanov A.V. Adaptivnoe upravlenie svetofornymi ob`ektom // Mekhanizatsiya i avtomatizatsiya tekhnologicheskikh protsessov v sel`skokhozyaystvennom proizvodstve: Materialy natsional`noy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 2020. S. 160-165.
13. Kuftinova N.G. Razrabotka koordinirovannogo upravleniya svetofornykh ob`ektov transportnoy seti s pomoshch`yu virtual`nykh detektorov v programmnoy srede // Integrirovannye avtomatizirovannye sistemy upravleniya v otraslyakh transportno-dorozhnogo kompleksa: Materialy 78-oy nauchno-metodicheskoy i nauchno-issledovatel`skoy konferentsii MADI. Moskva. 2020. S. 97-104.
14. Mazhar K.V. K Voprosu o prioritete proezda perekrestkov obshchestvennomu transportu s primene-niem adaptivnogo upravleniya svetofornymi ob`ektami / Otv. redaktor A.V. Medvedev // Problemy funktsionirovaniya sistem transporta: Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh. V 2-kh tomakh. T. 2. 2020. S. 186-189.
15. Novikov A.N. Osnovnye printsipy rascheta programmy svetofornogo regulirovaniya na osnove upravlyayemykh setey i potoka nasyshtcheniya // Vestnik sibirskogo gosudarstvennogo avtomobil`no-dorozhnogo universiteta. T. 16. №6(70). S. 680-691.

Dorokhin Sergey Vladimirovich
Voronezh Forest State Technical University
Address: Russia, Voronezh, st. Timiryazeva, 8
Doctor of Technical Sciences
E-mail: Dsvvrn@yandex.ru

Rud Victoria Alexandrovna
Voronezh Forest State Technical University
Address: Russia, Voronezh, st. Timiryazeva, 8
Student
E-mail: Airotciv35@gmail.com

Научная статья

УДК 656.11

doi:10.33979/2073-7432-2024-4-2(87)-128-134

Е.Г. ВЕРЕМЕЕНКО, А.А. ВЕРЕМЕЕНКО, А.В. КУЛЕВ, В.Ю. ЛИННИК

АНАЛИЗ ТРАНЗИТНОГО ПОТЕНЦИАЛА РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. В работе проведен анализ транзитного потенциала Ростовской области, изучены основные направления грузопотоков и особенности транспортной инфраструктуры региона. Рассмотрено резкое увеличение транзитного трафика через территорию Ростовской области после присоединения новых регионов к Российской Федерации. Установлены факторы, ограничивающие рост транзитного потенциала области. Предложена схема модернизации транспортно-логистической инфраструктуры региона. Разработана трехуровневая региональная транспортно-логистическая система.

Ключевые слова: грузопотоки, транспортная инфраструктура, транзитный потенциал области, транспортно-логистическая система

Введение

Ростовская область отличается выгодным геополитическим расположением и обладает огромным, но в значительной степени, нереализованным транзитным потенциалом. Регион входит в систему как внутрироссийских, так и международных транспортных коридоров. Учитывая благоприятное географическое положение региона и развитую транспортную инфраструктуру, ежегодно наблюдается развитие промышленности, сельского хозяйства, торговли и туризма.

В статье проведен анализ транзитного потенциала Ростовской области и предложен ряд мероприятий по его повышению.

Материал и методы

Для оценки результатов функционирования транспортных систем используются объемные показатели, такие как:

- количество контейнеров в двадцатифутовом эквиваленте, перевезенных за год;
- объем перевозок определяется в тоннах и тоннокилометрах транспортной работы.

Относительно перевозок автомобильным транспортом, для оценки потенциальных возможностей по перевозке грузов применяют показатель «провозные возможности». Существует несколько способов их расчета:

- как произведение среднесписочного количества автомобиле-тонно-дней на суточную производительность по каждой группе автомобилей;
- суммарный объем транспортных услуг, который может быть обеспечен с имеющимся парком и текущими технико-эксплуатационными показателями работы подвижного состава;
- суммарная производительность парка подвижного состава для конкретных условий перевозок и пр. [1-4]

Широкое распространение в специализированной литературе получила следующая аналитическая модель расчета провозных возможностей автотранспортной системы:

$$W = \frac{D_k A_{сп} \alpha_{в} q_n \gamma T_n \beta V_m l_e}{l_e + t_{n-p} V_m \beta}, \quad (1)$$

где W – провозные возможности автотранспортной системы, т·км/год;

D_k – число дней календарных работы;

$A_{сп}$ – среднесписочное количество автомобилей, ед./день;

$\alpha_{в}$ – коэффициент выпуска автомобилей на линию;

q_n – номинальная грузоподъемность автомобилей, т;
 γ – коэффициент использования грузоподъемности автомобилей;
 T_n – время в наряде, ч;
 B – коэффициент использования пробега;
 V_t – техническая скорость автомобилей, км/ч;
 l_e – длина ездки с грузом, км;
 $t_{п-р}$ – время погрузки–разгрузки, ч.

Транзитные возможности транспортной системы прямо пропорциональны объему транзитного потока Q и его средней скорости V , и обратно пропорциональны протяженности транзитного маршрута L [1, 6]:

$$W = \frac{Q * V}{L} = \frac{Q}{T}. \quad (2)$$

Максимальные провозные способности транспортных систем всегда определяются по самому грузонапряженному направлению.

Расчет

Существенное изменение транзитного потенциала Ростовской области произошло в связи с присоединением новых территорий.

30 сентября 2022 года произошло присоединение к Российской Федерации новых территорий: ДНР, ЛНР, Херсонская и Запорожская область. В связи с данным событием Ростовская область перестала быть приграничной территорией, что сильно повлияло на транспортную сеть.

На сегодняшний день от Ростовской области строится вся транспортная логистика на новые территории, кроме того, транзит с Севера и с Юга также переместился на Ростовскую область. Транспортный поток на федеральных трассах увеличился на 300%, на региональных дорогах на 100%.

В связи с резким увеличением транзитного потока был создан ряд перехватывающих парковок и развернут региональный оперативный штаб. Сформированы списки автоколонн для движения по установленным транспортным коридорам через пограничные пункты.

На сегодняшний день самым значимым проектом для региона является строительство Ростовского транспортного кольца (РТК). Первоначальной целью его создания был вывод всего большегрузного транспорта с улично-дорожной сети Ростовской агломерации. Однако, после присоединения новых территории, данный инфраструктурный проект стал важной транзитной дорогой для транспортного коридора Мариуполь-Джанкой. В связи с чем проект РТК был доработан и сокращен по срокам выполнения.

Ростовского транспортного кольца включает в себя 110 км автомобильных дорог. В результате реализации проекта будет увеличена пропускная способность для существенно возросшего грузового и пассажирского потоков.

Важным инфраструктурным проектом является также строительство трассы Ростов-на-Дону – Симферополь. Данная автомобильная дорога планируется по западному побережью Азовского моря. Она позволит снизить нагрузку на Крымский мост. Ожидаемая пропускная способность составит 30 тысяч автомобилей в сутки. Преимуществом данного маршрута станет сокращение протяженности с 750 км существующего пути через Крымский мост и Керчь до 640 км (маршрут из Ростова-на-Дону в Симферополь через Мариуполь).

В качестве основного мероприятия по повышению транзитного потенциала Ростовской области предлагается создание региональной транспортно-логистической системы Ростовской области [2, 3, 5]. Реализация данного мероприятия позволит:

- обеспечить реализацию логистических принципов при взаимодействии различных видов транспорта как между собой, так и со складской инфраструктурой;
- оптимизировать структуру специализированных транспортных средств региона, устранить дефициты в данном аспекте;
- уменьшить количество посреднических организаций и заложить основу взаимодействия контрагентов между собой посредством он-лайн платформ;

– формулировать конкретные предложения и пожелания по развитию транспортно-складской инфраструктуры области.

Наиболее важным следствием создания региональной транспортно-логистической системы Ростовской области должно стать снижение совокупных логистических издержек, сопутствующих продвижению материальных, информационных и финансовых потоков [7, 8].

Перед тем, как выбрать наиболее перспективные места размещения региональных транспортно-терминальных комплексов, на рисунке 1 рассмотрены ключевые критерии выбора таких мест [9, 10].

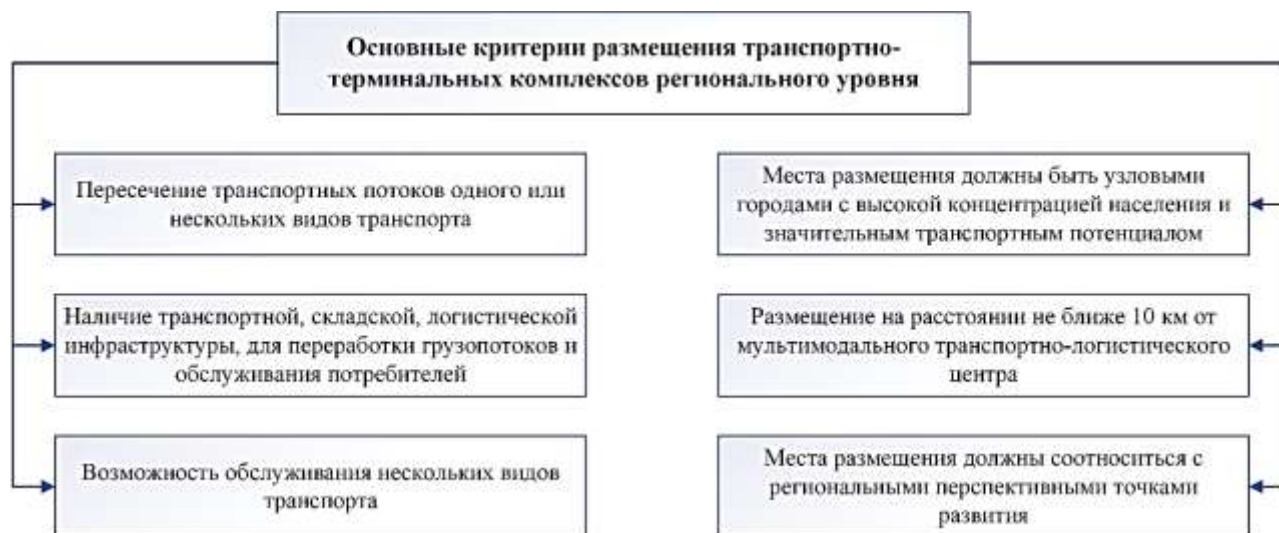


Рисунок 1 – Ключевые критерии размещения региональных транспортно-терминальных комплексов

Произведено моделирование трехуровневой структуры транспортно-логистической системы Ростовской области, внедрение которой позволит существенно повысить транзитный потенциал региона [11-13].

При практической реализации разработанной сети транспортно-терминальных объектов, необходимо учитывать как транзитные грузопотоки, так внутриобластные потребности в перевалке грузов.

Результаты и обсуждение

В результате анализа существующей сети терминалов и их транспортного обслуживания предложено создание трехуровневой системы логистических накопительно-распределительных комплексов:

Первый уровень – вокруг Ростова-на-Дону на основных направлениях движения грузопотоков по Ростовскому транспортному кольцу располагается сеть мультимодальных терминальных центров международного значения (обозначены на рисунке 2 красными флажками).

Для обслуживания потребностей жителей Ростовской области продуктами питания и товарами народного потребления выделены четыре крупных города Шахты, Таганрог, Батайск, Новочеркасск. Они расположены вблизи автомобильных дорог федерального значения, следовательно, доставка продукции будет осуществляться быстро и бесперебойно. В данных городах будет размещен ряд логистических накопительно-распределительных комплексов (отмечены на рисунке 2 зелеными флажками).

Второй уровень – предполагает строительство региональной сети транспортно-логистических центров, которые будут выполнять посредническую функцию между центральными МТЦ и локальными транспортно-логистическими центрами. Для их размещения в результате анализа выбраны следующие населенные пункты: г. Миллерово, г. Сальск, г. Волгодонск, пос. Красноармейск (на рисунке 3 отмечены фиолетовыми флажками).



Рисунок 2 – Сеть мультимодальных терминальных центров международного значения и схема размещения ЛНРК для обеспечения жителей региона товарами народного потребления

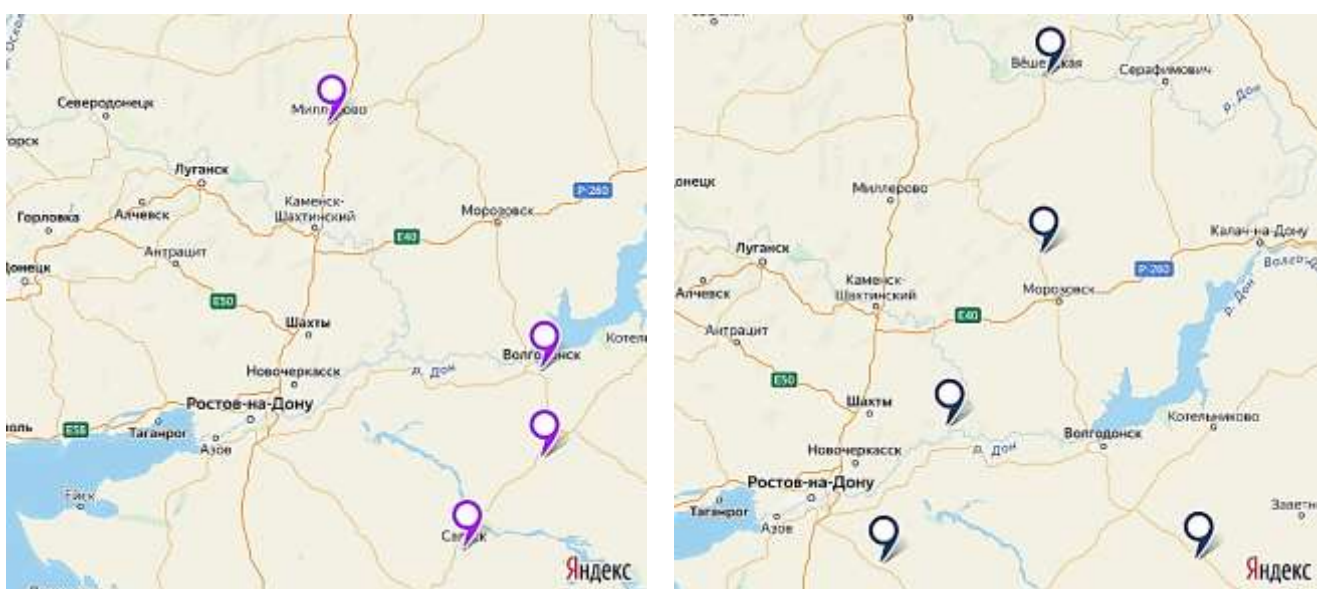


Рисунок 3 – Сеть региональных и локальных транспортно-логистических центров

При выборе местоположения региональных логистических центров также значительную роль играло их размещение вблизи автомобильных дорог регионального значения с интенсивным грузопотоком. Учтены были также потребности жителей близлежащих населенных пунктов.

Третий уровень представляет собой локальные транспортно-распределительные центры, размещенные в следующих населенных пунктах: ст. Вешенская, ст. Милютинская, пгт. Усть-Донецк, х. Хуторской, г. Зерноград. Их местоположение отмечено на рисунке 3 синими флажками, они выполняют функцию ведения внутриобластных грузопотоков до конечных потребителей [12, 14, 15].

Выбор местоположения транспортно-логистических объектов на всех уровнях осуществлялся с учетом «Стратегии социально-экономического развития Ростовской области на период до 2030 года» [15-21].

Выводы

Проведен анализ транзитного потенциала Ростовской области с учетом последних геополитических изменений. Установлен многократный рост транзитного грузопотока через территорию региона.

Изучены особенности определения провозных и транзитных возможностей транспортных систем. Систематизированы ключевые критерии размещения региональных транспортно-терминальных комплексов.

Предложена схема оптимизации транспортно-логистической инфраструктуры региона. Разработана трехуровневая региональная транспортно-логистическая система, которая позволит обеспечить беспрепятственное прохождение по территории Ростовской области транзитных грузопотоков и, в то же время, учесть потребности населения во внутриобластных грузоперевозках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ларин О.Н. Транзитный потенциал транспортных систем: Учебное пособие. Челябинск: ЮУрГУ, 2013. 172 с.
2. Троицкая Н.А. Единая транспортная система: Учебник для студентов учреждений сред. проф. образования. Москва: Академия, 2003. 240 с.
3. Об утверждении Стратегии развития транспортного комплекса Ростовской области до 2030 года: Постановление Правительства Ростовской области от 13 октября 2011 № 52 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.donland.ru/documents/Ob-utverzhenii-Strategii-razvitiya-transportnogo-kompleksa-Rostovskoj-oblasti-do-2030-goda?pageid=128483>.
4. Glagolev S., Shevtsova A., Shekhovtsova S. Basis for application of new-generation anti-icing materials as an efficient way to reduce the accident rate on roads in winter // *Transportation Research Procedia*. Vol. 36. Saint Petersburg: Elsevier B.V. 2018. P. 193-198. DOI 10.1016/j.trpro.2018.12.063.
5. Чжан Ц., Булатова О.Ю. Анализ функционирования элементов интеллектуальной транспортной системы г. Пекин (КНР) // *Наука и инновации в современном мире: Материалы Национальной научно-практической конференции*. Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова. 2024. С. 82-86. DOI 10.58168/SIMW2024_82-86. EDN NVPKVE.
6. Жанказиев С.В., Вражнова М.Н., Пашкова А.А. Концепция методики повышения безопасности дорожного движения за счет предоставления безопасного маршрута пользователям средств индивидуальной мобильности // *Мир транспорта и технологических машин*. 2023. №1-1(80). С. 43-49.
7. Ма И., Булатова О.Ю. Реализация цифровых дорожных сервисов на примере моста Янпу (КНР) // *Развитие современной науки и технологий транспортных процессов: Материалы Всероссийской научно-практической конференции*. Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова. 2024. С. 105-109. DOI 10.58168/DMSTTP2024_105-109. EDN WEOXIW.
8. Шевцова А.Г., Бурлуцкая А.Г., Васильева В.В. Внедрение интеллектуальной транспортной системы Ramp Metering на примере г. Белгород // *Мир транспорта и технологических машин*. 2018. №4(63). С. 42-48.
9. Дурова Е.А., Шаталова Е.Е. Применение интеллектуальных транспортных систем для организации грузовых перевозок в городах // *Актуальные проблемы науки и техники: Материалы национальной научно-практической конференции*. 2020. С. 1270-1272.
10. Новиков А.Н., Шевцова А.Г. Безопасное и эффективное управление транспортными потоками в городской транспортной системе. Москва: Академия, 2022. 205 с.
11. Зырянов В.В., Семчугова Е.Ю., Караева М.Р., Костенко А.А. Повышение качества прогнозирования объемов перевозок с использованием нейронных сетей // *Мир транспорта и технологических машин*. 2024. №1-3 (84). С. 27-34.
12. Ким В.Р., Веремеенко Е.Г. Перспективы развития грузовых перевозок между Россией и Китаем / Под общей редакцией Н.А. Шевченко // *Актуальные проблемы науки и техники: Материалы национальной научно-практической конференции*. 2020. С. 1274-1275.
13. Ли С., Зырянов В.В. Реализация интеллектуальной системы управления BRT в Г. Цзинань (КНР) // *Мир транспорта и технологических машин*. 2023. №3-3 (82). С. 137-143.
14. Фейзуллаев А.Р., Топилин И.В. Подходы к выявлению инцидентов на дорожной сети // *Информационные технологии и инновации на транспорте: Материалы VI Международной научно-практической конференции*. Орёл: Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева. 2020. С. 150-154.
15. Молоканова А.В., Веремеенко Е.Г. Системы глобальной интегральной мобильности (MAAS) // *Молодой исследователь Дона*. 2019. №6(21). С. 68-71.
16. Ань С., Булатова О.Ю. Оптимизация управления цепочками поставок путём реализации технологии блокчейн // *Актуальные вопросы организации автомобильных перевозок, безопасности движения и эксплуатации транспортных средств: Сборник научных трудов по материалам XIX Международной научно-технической конференции*. Саратов: Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А. 2024. С. 229-234. EDN HUDIGT.
17. Новописный И.А., Шевцова А.Г., Макагонов А.Е. Сравнительный анализ программ безопасности дорожного движения германии и Российской Федерации // *Техника и технологии строительства*. 2015. №4(4).

С. 11-17.

18. Шевцова А.Г., Локтионова А.Г., Гузенко С.А., Васильева В.В. Использование технических характеристик транспортных средств для расширения функциональных возможностей интеллектуальной транспортной системы // Мир транспорта и технологических машин. 2024. №3-1(86). С. 108-115. DOI 10.33979/2073-7432-2024-3-1(86)-108-115. EDN UJGEJA.

19. Глаголев С.Н., Еремин С.В., Новиков А.Н., Шевцова А. Г. Повышение эффективности функционирования транспортно-логистического комплекса страны // Мир транспорта и технологических машин. 2024. №3-2(86). С. 132-138. DOI 10.33979/2073-7432-2024-3-2(86)-132-138. EDN TLYHMJ.

20. Боровской А.Е., Шевцова А.Г. Исследование степени насыщения пересечения при учете классификации легковых автомобилей // Автотранспортное предприятие. 2014. №5. С. 51-53.

21. Булатова О.Ю., Зырянов В.В. Организация безопасного движения пешеходных потоков при проведении городских массовых мероприятий // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. 2024. №2. С. 57-63. DOI 10.36535/0236-1914-2024-02-8. EDN MVJLIC.

Веремеенко Елена Геннадьевна

Донской государственный технический университет
Адрес: 344002, Россия, Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162
Доцент кафедры «Организация перевозок и дорожного движения»
E-mail: lena_dedyaeva@mail.ru

Веремеенко Андрей Анатольевич

Донской государственный технический университет
Адрес: 344002, Россия, Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162
Доцент кафедры «Автомобильные дороги»
E-mail: veremeenko78@mail.ru

Кулев Андрей Владимирович

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

Линник Владимир Юрьевич

Государственный университет управления
Адрес: 109542, Россия, г. Москва, Рязанский проспект, 99
Д.э.н., доцент, профессор кафедры экономики и управления в топливно-энергетическом комплексе
Государственного университета управления
e-mail: y_linnik@guu.ru

E.G. VEREMEENKO, A.A. VEREMEENKO, A.V. KULEV, V.Y. LINNIK

ANALYSIS OF TRANSIT POTENTIAL OF ROSTOV REGION

***Abstract.** The paper analyzes the transit potential of the Rostov region, examines the main directions of cargo flows and features of the transport infrastructure of the region. A sharp increase in transit traffic through the territory of the Rostov region after the accession of new regions to the Russian Federation is considered. The factors limiting the growth of the transit potential of the region have been identified. The scheme of modernization of the transport and logistics infrastructure of the region is proposed. A three-level regional transport and logistics system has been developed.*

***Keywords:** cargo flows, transport infrastructure, transit potential of the region, transport and logistics system*

BIBLIOGRAPHY

1. Larin O.N. *Tranzitnyy potentsial transportnykh sistem: Uchebnoe posobie.* Chelyabinsk: YUUrGU, 2013. 172 s.
2. Troitskaya N.A. *Edinaya transportnaya sistema: Uchebnyk dlya studentov uchrezhdeniy sred. prof. obrazovaniya.* Moskva: Akademiya, 2003. 240 s.
3. *Ob utverzhdenii Strategii razvitiya transportnogo kompleksa Rostovskoy oblasti do 2030 goda: Postanovlenie Pravitel'stva Rostovskoy oblasti ot 13 oktyabrya 2011 № 52 [Elektronnyy resurs].* URL: <http://www.donland.ru/documents/Ob-utverzhdenii-Strategii-razvitiya-transportnogo-kompleksa-Rostovskojj-oblasti-do-2030-goda?pageid=128483>.
4. Glagolev S., Shevtsova A., Shekhovtsova S. Basis for application of newgeneration antiicing materials as an efficient way to reduce the accident rate on roads in winter // *Transportation Research Procedia.* Vol. 36. Saint Petersburg: Elsevier B.V. 2018. P. 193-198. DOI 10.1016/j.trpro.2018.12.063.

5. CHzhan TS., Bulatova O.YU. Analiz funktsionirovaniya elementov intellektual'noy transportnoy sistemy g. Pekin (KNR) // Nauka i innovatsii v sovremennom mire: Materialy Natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Voronezh: Voronezhskiy gosudarstvennyy lesotekhnicheskii universitet im. G.F. Morozova. 2024. S. 82-86. DOI 10.58168/SIMW2024_82-86. EDN NVPKVE.
6. ZHankaziev S.V., Vrazhnova M.N., Pashkova A.A. Kontseptsiya metodiki povysheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya za schet predostavleniya bezopasnogo marshruta pol'zovatelyam sredstv individual'noy mobil'nosti // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2023. №1-1(80). S. 43-49.
7. Ma I., Bulatova O.YU. Realizatsiya tsifrovyykh dorozhnykh servisov na primere mosta YAnpu (KNR) // Razvitie sovremennoy nauki i tekhnologiy transportnykh protsessov: Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Voronezh: Voronezhskiy gosudarstvennyy lesotekhnicheskii universitet imeni G.F. Morozova. 2024. S. 105-109. DOI 10.58168/DMSTTP2024_105-109. EDN WEOXIW.
8. Shevtsova A.G., Burlutskaya A.G., Vasil'eva V.V. Vnedrenie intellektual'noy transportnoy sistemy Ramp Metering na primere g. Belgorod // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2018. №4(63). S. 42-48.
9. Durova E.A., Shatalova E.E. Primenenie intellektual'nykh transportnykh sistem dlya organizatsii gruzovykh perevozok v gorodakh // Aktual'nye problemy nauki i tekhniki: Materialy natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 2020. S. 1270-1272.
10. Novikov A.N., Shevtsova A.G. Bezopasnoe i effektivnoe upravlenie transportnymi potokami v gorodskoy transportnoy sisteme. Moskva: Akademiya, 2022. 205 s.
11. Zyryanov V.V., Semchugova E.YU., Karaeva M.R., Kostenko A.A. Povyshenie kachestva prognozirovaniya ob'emov perevozok s ispol'zovaniem neyronnykh setey // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2024. №1-3(84). S. 27-34.
12. Kim V.R., Veremeenko E.G. Perspektivy razvitiya gruzovykh perevozok mezhdru Rossiey i Kitaem / Pod obshchey redaktsiey N.A. Shevchenko // Aktual'nye problemy nauki i tekhniki: Materialy natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 2020. S. 1274-1275.
13. Li S., Zyryanov V.V. Realizatsiya intellektual'noy sistemy upravleniya BRT v G. TSzinan` (KNR) // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2023. №3-3(82). S. 137-143.
14. Feyzullaev A.R., Topilin I.V. Podkhody k vyavleniyu intsidentov na dorozhnoy seti // Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte: Materialy VI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Oriol: Orlovskiy gosudarstvennyy universitet imeni I.S. Turgeneva. 2020. S. 150-154.
15. Molokanova A.V., Veremeenko E.G. Sistemy global'noy integral'noy mobil'nosti (MAAS) // Molodoy issledovatel` Dona. 2019. №6(21). S. 68-71.
16. An` S., Bulatova O.YU. Optimizatsiya upravleniya tsepkami postavok putiom realizatsii tekhnologii blokcheyn // Aktual'nye voprosy organizatsii avtomobil'nykh perevozok, bezopasnosti dvizheniya i ekspluatatsii transportnykh sredstv: Sbornik nauchnykh trudov po materialam XIX Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. Saratov: Saratovskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet im. Gagarina YU.A. 2024. S. 229-234. EDN HUDIGT.
17. Novopisnyy I.A., Shevtsova A.G., Makagonov A.E. Sravnitel'nyy analiz programm bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya germanii i Rossiyskoy Federatsii // Tekhnika i tekhnologii stroitel'stva. 2015. №4(4). S. 11-17.
18. Shevtsova A.G., Loktionova A.G., Guzenko S.A., Vasil'eva V.V. Ispol'zovanie tekhnicheskikh kharakteristik transportnykh sredstv dlya rasshireniya funktsional'nykh vozmozhnostey intellektual'noy transportnoy sistemy // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2024. №3-1(86). S. 108-115. DOI 10.33979/2073-7432-2024-3-1(86)-108-115. EDN UJGEJA.
19. Glagolev S.N., Eremin S.V., Novikov A.N., Shevtsova A. G. Povyshenie effektivnosti funktsionirovaniya transportno-logisticheskogo kompleksa strany // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2024. №3-2(86). S. 132-138. DOI 10.33979/2073-7432-2024-3-2(86)-132-138. EDN TLYHMJ.
20. Borovskoy A.E., Shevtsova A.G. Issledovanie stepeni nasyshcheniya peresecheniya pri uchete klassifikatsii legkovykh avtomobiley // Avtotransportnoe predpriyatie. 2014. №5. S. 51-53.
21. Bulatova O.YU., Zyryanov V.V. Organizatsiya bezopasnogo dvizheniya peshekhodnykh potokov pri prove-denii gorodskikh massovykh meropriyatiy // Transport: nauka, tekhnika, upravlenie. Nauchnyy informatsionnyy sbornik. 2024. №2. S. 57-63. DOI 10.36535/0236-1914-2024-02-8. EDN MVJIC.

Veremeenko Elena Gennadievna
Don State Technical University
Address: 344011, Russia, Rostov-on-Don
Candidate of technical sciences
E-mail: lena_dedyaeva@mail.ru

Veremeenko Andrey Anatoliyevich
Don State Technical University
Address: 344011, Russia, Rostov-on-Don
Candidate of technical sciences
E-mail: veremeenko78@mail.ru

Kulev Andrei Vladimirovich
Orel State University
Address: 302026, Russia, Orel
Candidate of Technical Sciences
E-mail: andrew.ka@mail.ru

Linnik Vladimir Yurievich
State University of Management
Address: 109542, Russia, Moscow
Doctor of Economics sciences
E-mail: y_linnik@guu.ru

Научная татья
 УДК 62-94
 doi:10.33979/2073-7432-2024-4-2(87)-135-140

А.А. ЮНГ, А.С. ТРОШИН, В. ЯДУН, А.О. РОМАНЕНКО

ОЦЕНКА СКОРОСТНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ МОБИЛЬНОСТИ ПРИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ ГОРОДСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Аннотация. На протяжении семи лет существует тенденция активного внедрения средств индивидуальной мобильности на дорожное пространство, что, несомненно, оказывает негативное влияние на количество дорожно-транспортных происшествий с их участием. В работе произведена оценка скоростных особенностей движения СИМ при интеллектуализации городских транспортных систем. Рассмотрен процесс движения СИМ по городским дорогам в случае потери поперечной устойчивости, характерного для маневра поворота.

Ключевые слова: скорость, оценка, система, дорожное движение, средства индивидуальной мобильности

Введение

Популярность средств индивидуальной мобильности на дорогах общего пользования набирает стремительные обороты, что в первую очередь создает острую угрозу в повышение количества дорожно-транспортных происшествий с участием данных средств [1]. Существующая опасность касается не только пользователей данных устройств, но и других участников дорожного движения, а именно пешеходов и водителей транспортных средств.

Согласно расчётам НИЦ БДД в 2018 году было зарегистрировано 39 происшествий, а уже в 2023 году 2647 дорожно-транспортных происшествий, что увеличивает данный показатель в 67 раз за последние 5 лет. Также следует отметить, что в данных ДТП получают ранения и погибают люди.

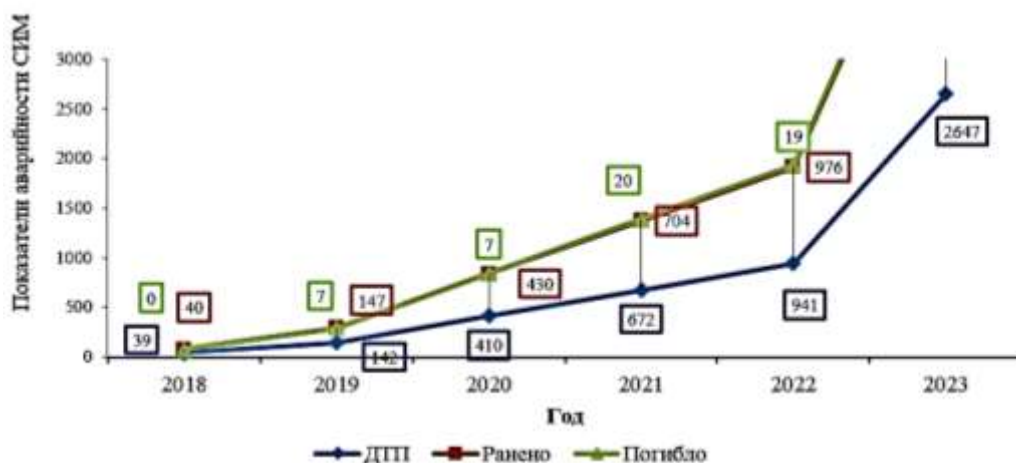


Рисунок 1 – Показатели аварийности дорожно-транспортных происшествий с участием СИМ
 Источник: статистик НИЦ БДД

Однако существенные минусы от использования СИМ не вынуждают пользователей данных устройств отказаться от их эксплуатации, а наоборот пользуются еще большим спросом у населения. Происходит это из-за большого количества положительных факторов: беспрепятственное передвижение в условиях густонаселенной застройки и частых заторах, экономия времени передвижения, экологичность, доступность для любых слоев населения, простота в парковке [2].

Для комфортного и экономического использования данных средств передвижения необходимо доказать, что скоростные характеристики СИМ на улично-дорожной сети ока

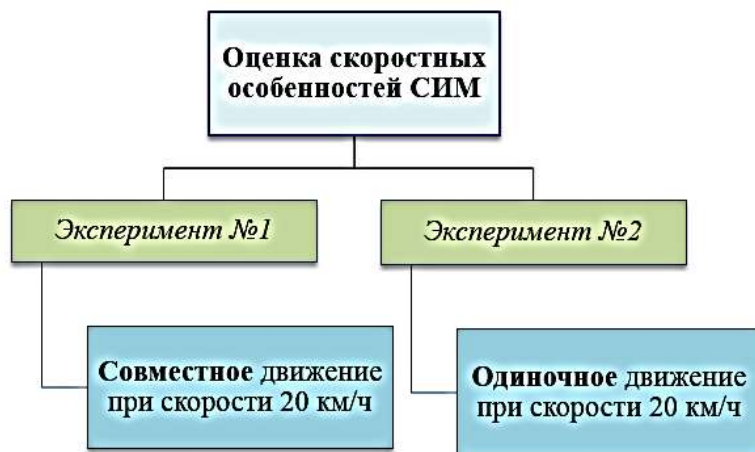
зывают существенное влияние на безопасность движения данных устройств

Материал и методы

Для достижения данной цели необходимо провести два эксперимента, в ходе которого были получены замеры скорости средств индивидуальной мобильности и транспортного средства.

Эксперимент №1 заключается в соблюдении одинаковой скорости средств индивидуальной мобильности и транспортного средства, а именно 20 км/ч.

Эксперимент №2 подразумевает одиночное движение средства мобильности и автомобиля по тому же участку улично-дорожной сети со скоростью 20 км/ч.



Также следует теоретически обосновать процесс движения СИМ по городским дорогам и улицам, для получения безопасной скорости движения данных устройств в условиях маневра поворота.

Теория / Расчет

В ходе проведения эксперимента №1 были сделаны замеры скорости средств индивидуальной мобильности и автомобиля при условии совместного движения и соблюдения скорости 20 км/ч. Средняя скорость транспортного средства в данном случае составляет 16,36 км/ч, что доказывает негативное влияние СИМ на совместное движение в транспортном потоке.

В ходе проведения эксперимента №2 были сделаны замеры скорости транспортного средства при одиночном движении и условии соблюдения скорости 20 км/ч.

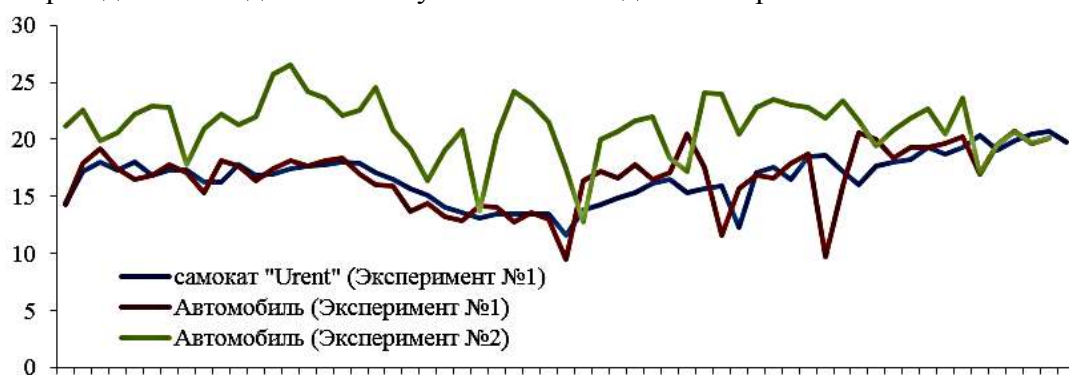


Рисунок 2 – Изменение скорости транспортного средства и СИМ при проведение экспериментов
 Источник: Приложение «Трек скорости»

Средняя скорость в данном случае составляет 20,47 км/ч, из рисунка 5 видно, что движение было свободным и беспрепятственным. При совместном движении средств индивидуальной мобильности и транспортного средства можно наблюдать снижение скорости на 20 %.

Согласно анализу процесса движения установлено, что величина предельной скорости движения СИМ при повороте будет определена с использованием формулы:

$$\vartheta_{\text{опр}} = 3,6 \cdot \sqrt{\frac{a_{\text{сим}} \cdot g \cdot R}{h_g}}, \quad (1)$$

где $\vartheta_{\text{опр}}$ – предельная скорость движения СИМ при повороте, км/ч;

$a_{\text{сим}}$ – расстояние от проекции центра тяжести СИМ на плоскости дороги до линии, соединяющей точки касания колес с дорогой;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

R – радиус колеса, м; h_g – высота центра тяжести мотоцикла в метрах при крене на повороте на угол γ .

При этом угол бокового крена мотоцикла γ прямо пропорционален квадрату скорости и обратно пропорционален радиусу поворота:

$$\text{tg} \gamma = \frac{P_{\text{ц}}}{G} = \frac{\vartheta^2}{gR}. \quad (2)$$

Тогда формула для определения критической скорости СИМ на повороте из условия опрокидывания будет иметь вид:

$$\vartheta_{\text{опр}} = 3,6 \cdot \sqrt{gR \text{tg} \gamma}. \quad (3)$$

В результате выполненных расчетов, было установлено, что критическая скорость в данном случае составит 19,8 км/ч.

В ходе проведения натурального эксперимента есть необходимость также рассмотреть изменение скорости транспортного потока при движении различного количества СИМ.

Таблица 1 – Соотношение скорости ТП от количества автомобилей и СИМ в транспортном потоке

$N_{\text{сим}}, \text{ СИМ}$ $N_{\text{авт}}, \text{ авт.}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
500	60,2	57,8	51,7	46,3	43,1	40,4	37,2	31,3	20,5
750	58,3	55,2	50,2	45,1	42,1	40,1	36,8	30,7	29,4
900	52,4	51,9	48,7	44,9	41,9	39,4	34,1	28,2	26,5
1200	48,4	47,6	45,9	42,9	40,7	38,5	32,8	26,9	23,1
1500	45,2	44,4	42,7	41,6	39,5	37,2	30,7	24,5	18,5
2100	42,5	42,9	40,1	38,4	37,6	35,3	27,4	22,6	16,9
2550	38,1	37,4	36,8	35,1	33,1	30,2	24,1	20,4	14,6
2800	31,9	29,5	24,5	22,8	20,7	19,7	18,3	16,5	10,1
3000	24,3	22,1	20,8	18,1	17,9	16,3	13,2	10,2	7,4

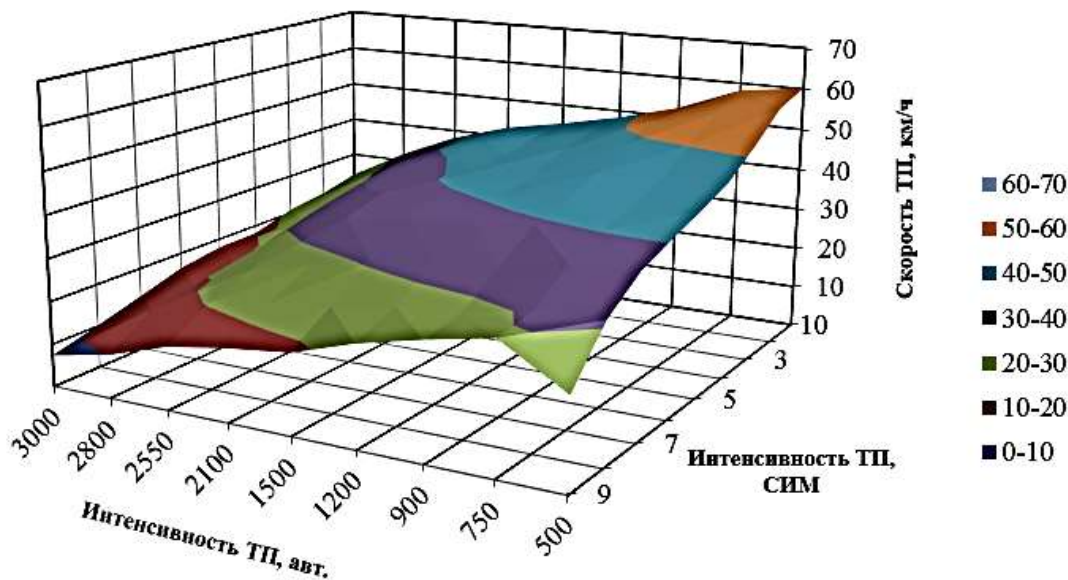


Рисунок 3 – Изменение скорости транспортного средства при совместном движении автомобилей и СИМ

Результаты и обсуждение

При рассмотрении результатов полученных при проведении экспериментов можно сделать вывод что, использование средств индивидуальной мобильности на улично-дорожной сети при совместном движении с транспортными средствами является неэффективным, так как в данном случае скорость автомобиля снижается на 20 % [8-12]. Существует еще один анализ, позволяющий определить величину предельной скорости движения средств индивидуальной мобильности, который указывает на значение критической скорости СИМ – 19,8 км/ч. Однако, согласно пункту ПДД 24.6. Движение лиц, использующих для передвижения средства индивидуальной мобильности, разрешается со скоростью не более 25 км/ч, что указывает на необходимость пересмотреть максимальную скорость для передвижения СИМ из-за возможности его опрокидывания.

Для создания безопасного дорожного движения [13-20], а также благоприятных условий для комфортного взаимодействия транспортных средств и средств индивидуальной мобильности необходимо определить комфортное количество СИМ на улично-дорожной сети, чтобы избежать возникновения конфликтов, а также обеспечения транспортных средств оптимальной скоростью движения.

Вывод

В ходе исследования использования СИМ в городских условиях можно сделать вывод, что средства индивидуальной мобильности преимущественно движутся совместно с автомобиля по краю проезжей части. В данном случае для более безопасного передвижения всех участников дорожного движения необходимы корректировки режимов управления, а в некоторых случаях и изменения схем организации дорожного движения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации: Федеральный закон от 6 октября 2003 г. № 131-ФЗ (ред. 14.07.2022).
2. Сильянов В.В., Домке Э.Р. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц: учебник для студ. высш. учеб. заведений. М.: Академия. 2-е изд., стер., 2008. 352 с.
3. Шелмаков С.В., Гальшев А.Б. Обоснование необходимости внесения новых дорожных знаков по организации велосипедного движения в правила дорожного движения Российской Федерации // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. 2016. №4(10). 2 с.
4. Шевцова А.Г., Юнг А.А. Оценка аварийности с участием средств индивидуальной мобильности с учетом сезонности // Научно-технические инновации (XXIV научные чтения): Сборник докладов Международной научно-практической конференции. Белгород. 2021. С. 238-241.
5. Юнг А.А. К вопросу о безопасности движения средств индивидуальной мобильности // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова: Материалы конференции. Белгород. 2021. С. 2411-2417.
6. Юнг А.А., Шевцова А.Г. Оценка аварийности средств индивидуальной мобильности в различных условиях движения // Современная наука. 2021. №2. С. 36.
7. Илькевич С.В. Источники формирования конкурентных преимуществ сервисов проката электросамокатов // Стратегические решения и риск-менеджмент. 2019. №3. С. 239-250.
8. Юнг А.А., Шевцова А.Г. Оценка аварийности средств индивидуальной мобильности в различных условиях движения // Современная наука. 2021. №2. С. 31-36.
9. Сумин В.И., Рябинин В.В., Дыбова М.А., Колыхалин В.М., Ильницкий А.В. Методы определения целевой функции организационной системы // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2011. С. 1-4.
10. Мишина Ю.В. Проблемы определения административно-правового статуса лиц, использующих для передвижения электросамокаты, сегвей и иные современные технические средства // Проблемы экономики и юридической практики. 2020. №4. С. 321-325.
11. Донченко В.В., Купавцев В.А. Анализ основных квалификационных систем средств индивидуальной мобильности // Вестник СибАДИ. 2021. №3. Т. 18. С. 252-263.
12. Петров К.А., Сидоров В.В. Вопросы, связанные с отнесением гироскутеров, сигвеев, моноциклов и электросамокатов к категории транспортных средств // Актуальные проблемы расследования преступлений: междисциплинарный подход: Сборник трудов конференции. Калининград. 2019. С. 89-93.
13. Glagolev S., Shevtsova A., Shekhovtsova S. Basis for application of new-generation anti-icing materials as

an efficient way to reduce the accident rate on roads in winter // Transportation Research Procedia. Vol. 36. Saint Petersburg: Elsevier B.V. 2018. P. 193-198. DOI 10.1016/j.trpro.2018.12.063.

14. Новиков А.Н., Шевцова А.Г. Безопасное и эффективное управление транспортными потоками в городской транспортной системе. Москва: Академия. 2022. 205 с.

15. Боровской А.Е., Шевцова А.Г. Исследование степени насыщения пересечения при учете классификации легковых автомобилей // Автотранспортное предприятие. 2014. №5. С. 51-53.

16. Новописный И.А., Шевцова А. Г., Макагонов А. Е. Сравнительный анализ программ безопасности дорожного движения германии и Российской Федерации // Техника и технологии строительства. 2015. №4(4). С. 11-17.

17. Булатова О.Ю. Принципы функционирования транспортной инфраструктуры в умных городах // Мир транспорта и технологических машин. 2022. №3-1(78). С. 73-78. DOI 10.33979/2073-7432-2022-1(78)-3-73-78.

18. Криволапова О.Ю. Подход к оценке эффективности объектов совершенствования транспортной сети // Научное обозрение. 2014. №11-2. С. 606-608.

19. Шевцова, А.Г., Бурлуцкая А.Г., Васильева В.В. Внедрение интеллектуальной транспортной системы Ramp Metering на примере г. Белгород // Мир транспорта и технологических машин. 2018. №4(63). С. 42-48.

20. Булатова О.Ю. Интеллектуальные транспортные системы. Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет, 2022. 101 с.

Юнг Анастасия Алексеевна

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

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

Аспирант

E-mail: yungnastena33@gmail.com

Трошин Александр Сергеевич

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

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

Д.э.н., доцент, заведующий кафедрой мировой экономики и финансового менеджмента

E-mail: as_troschin@inbox.ru

Ван Ядун

Шандунский транспортный университет

Адрес: Китай, Цзинань, Хайтан Роуд 5001.

Преподаватель кафедры инженерии логистики

E-mail: 57991672@qq.com

Романенко Артур Олегович

Донской государственный технический университет

Адрес: 344002, Россия, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162

Аспирант

E-mail: opdrgsu@mail.ru

A.A. JUNG, A.S. TROSHIN, V. YADUN, A.O. ROMANENKO

ASSESSMENT OF THE SPEED CHARACTERISTICS OF INDIVIDUAL VEHICLES IN THE INTELLECTUALIZATION OF URBAN TRANSPORT SYSTEMS

***Abstract.** For seven years, there has been a tendency to actively introduce personal mobility equipment into the road space, which undoubtedly has a negative impact on the number of road accidents involving them. The paper evaluates the high-speed features of SIM movement in the intellectualization of urban transport systems. The process of SIM movement on urban roads in the case of loss of lateral stability characteristic of a turning maneuver is considered.*

***Keywords:** speed, assessment, system, traffic, means of individual mobility*

BIBLIOGRAPHY

1. Ob obshchikh printsipakh organizatsii mestnogo samoupravleniya v Rossiyskoy Federatsii: Federal'nyy zakon ot 6 oktyabrya 2003 g. № 131-FZ (red. 14.07.2022).

2. Sil'yanov V.V., Domke E.R. Transportno-ekspluatatsionnye kachestva avtomobil'nykh dorog i gorodskikh ulits: uchebnyk dlya stud. vyssh. ucheb. zavedeniy. M.: Akademiya. 2-e izd., ster., 2008. 352 s.
3. Shelmakov S.V., Galyshev A.B. Obosnovanie neobkhodimosti vneseniya novykh dorozhnykh znakov po organizatsii velosipednogo dvizheniya v pravila dorozhnogo dvizheniya Rossiyskoy Federatsii // *Avtomobil'. Doroga. Infrastruktura*. 2016. №4(10). 2 s.
4. Shevtsova A.G., YUng A.A. Otsenka avariynosti s uchastiem sredstv individual'noy mobil'nosti s uchedom sezonnosti // *Naukoemkie tekhnologii i innovatsii (XXIV nauchnye chteniya): Sbornik dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Belgorod*. 2021. S. 238-241.
5. YUng A.A. K voprosu o bezopasnosti dvizheniya sredstv individual'noy mobil'nosti // *Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya molodykh uchenykh BGTU im. V.G. Shukhova: Materialy konferentsii. Belgorod*. 2021. S. 2411-2417.
6. YUng A.A., Shevtsova A.G. Otsenka avariynosti sredstv individual'noy mobil'nosti v razlichnykh usloviyakh dvizheniya // *Sovremennaya nauka*. 2021. №2. S. 36.
7. Il'kevich S.V. Istochniki formirovaniya konkurentnykh preimushchestv servisov prokata elektrosamokatov // *Strategicheskie resheniya i risk-menedzhment*. 2019. №3. S. 239-250.
8. YUng A.A., Shevtsova A.G. Otsenka avariynosti sredstv individual'noy mobil'nosti v razlichnykh usloviyakh dvizheniya // *Sovremennaya nauka*. 2021. №2. S. 31-36.
9. Sumin V.I., Ryabinin V.V., Dybova M.A., Kolykhalin V.M., Il'nitskiy A.V. Metody opredeleniya tselevoyy funktsii organizatsionnoy sistemym // *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2011. S. 1-4.
10. Mishina YU.V. Problemy opredeleniya administrativno-pravovogo statusa lits, ispol'zuyushchikh dlya peredvizheniya elektrosamokaty, segvei i inye sovremennye tekhnicheskie sredstva // *Problemy ekonomiki i yuridicheskoy praktiki*. 2020. №4. S. 321-325.
11. Donchenko V.V., Kupavtsev V.A. Analiz osnovnykh kvalifikatsionnykh sistem sredstv individual'noy mobil'nosti // *Vestnik SibADI*. 2021. №3. T. 18. S. 252-263.
12. Petrov K.A., Sidorov V.V. Voprosy, svyazannye s otneseniem giroskuterov, sigveev, monotsiklov i elektrosamokatov k kategorii transportnykh sredstv // *Aktual'nye problemy rassledovaniya prestupleniy: mezhdistsiplinarnyy podkhod: Sbornik trudov konferentsii. Kaliningrad*. 2019. S. 89-93.
13. Glagolev S., Shevtsova A., Shekhovtsova S. Basis for application of new-generation antiicing materials as an efficient way to reduce the accident rate on roads in winter // *Transportation Research Procedia*. Vol. 36. Saint Petersburg: Elsevier B.V. 2018. P. 193-198. DOI 10.1016/j.trpro.2018.12.063.
14. Novikov A.N., Shevtsova A.G. Bezopasnoe i effektivnoe upravlenie transportnymi potokami v gorodskoy transportnoy sisteme. Moskva: Akademiya. 2022. 205 s.
15. Borovskoy A.E., Shevtsova A.G. Issledovanie stepeni nasyshcheniya peresecheniya pri uchete klassifikatsii legkovykh avtomobiley // *Avtotransportnoe predpriyatie*. 2014. №5. S. 51-53.
16. Novopisnyy I.A., Shevtsova A. G., Makagonov A. E. Sravnitel'nyy analiz programm bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya germanii i Rossiyskoy Federatsii // *Tekhnika i tekhnologii stroitel'stva*. 2015. №4(4). S. 11-17.
17. Bulatova O.YU. Printsipy funktsionirovaniya transportnoy infrastruktury v umnykh gorodakh // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. 2022. №3-1(78). S. 73-78. DOI 10.33979/2073-7432-2022-1(78)-3-73-78.
18. Krivolapova O.YU. Podkhod k otsenke effektivnosti ob'ektov sovershenstvovaniya transportnoy seti // *Nauchnoe obozrenie*. 2014. №11-2. S. 606-608.
19. Shevtsova, A.G., Burlutskaya A.G., Vasil'eva V.V. Vnedrenie intellektual'noy transportnoy sistemy Ramp Metering na primere g. Belgorod // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. 2018. №4(63). S. 42-48.
20. Bulatova O.YU. Intellektual'nye transportnye sistemy. Rostov-na-Donu: Donskoy gosudarstvennyy tekhnicheskyy universitet, 2022. 101 s.

Jung Anastasia Alekseevna

Belgorod State Technological University
Address: 308012, Russia, Belgorod, Kostyukova str., 46
Postgraduate student
E-mail: yungnastena33@gmail.com

Wang Yadong

Don State Technical University
Address: 344002, Russia, Rostov-on-Don
Postgraduate student
E-mail: 57991672@qq.com

Troshin Alexander Sergeevich

Belgorod State Technological University
Address: 308012, Russia, Belgorod, Kostyukova str., 46
Doctor of Economics Science
E-mail: as_troshin@inbox.ru

Romanenko Artur Olegovich

Don State Technical University
Address: 344002, Russia, Rostov-on-Don
Postgraduate student
E-mail: opdrgrsu@mail.ru

Научная статья

УДК 62-51

doi:10.33979/2073-7432-2024-4-2(87)-141-146

А.К. ПОГОДАЕВ, В.Э. КЛЯВИН, А.С.СЫСОЕВ, Г.С. БОРОВКОВА

СРАВНЕНИЕ МАРШРУТОВ ПО КОЛИЧЕСТВУ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ ПОТОКАМИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

***Аннотация.** Рассмотрены методические аспекты, касающиеся принципов создания маршрутов движения транспортных потоков, направленных на обслуживание транспортно-логистических систем. Определены основные принципы формирования таких маршрутов. Предложен дополнительный критерий для сравнения формируемых маршрутов на территории городских агломераций – экологическая оценка с помощью расчёта выбросов загрязняющих веществ. Методика расчёта позволяет провести сравнение с минимальными исходными данными, но предполагает использование результатов исследований, если таковые имеются.*

***Ключевые слова:** транспортный поток, интенсивность движения, состав потока, средняя скорость движения, формируемый маршрут, экологическая оценка*

Введение

Развитие концепции построения региональных транспортно-логистических систем требует создания модели интеллектуальной системы управления транспортными потоками в городских агломерациях для обеспечения бесперебойного функционирования примыкающих к ним высокоскоростных транспортных коридоров.

Неуправляемый вход потоков транспортных средств высокой интенсивности в транспортный коридор из городских агломераций может снизить пропускную способность транспортного коридора, вплоть до его блокировки.

Приоритетным направлением при внедрении интеллектуальных систем как на макроуровне транспортного коридора, соединяющего различные регионы (или государства), так и на микроуровне в рамках одного населенного пункта, является максимальное использование существующего логистического потенциала с минимальными финансовыми затратами на его изменение. Однако к основным параметрам транспортных потоков в городских агломерациях требуется особый подход. Одной из основных задач является выбор маршрута, при этом наиболее распространённым критерием является минимизация задержек движения транспортных средств [1]. Но, с учётом того, что «автомобильный транспорт является одним из самых мощных источников загрязнения окружающей среды» [2] не менее важным аспектом выбора является сравнение маршрутов по количеству выбросов загрязняющих веществ в атмосферу потоками автотранспортных средств.

Материал и методы

Существуют различные методики выбора наиболее рационального маршрута по времени, по затратам, по степени рискованных ситуаций и др. [3]. При этом многократно возрастает необходимость эффективных и своевременных управленческих воздействий, например, посредством использования информационного пространства как инструмента управления [4], что требует развития и совершенствования методов моделирования при оптимизации транспортных потоков [5]. При этом комплексное оптимизационное и пространственное моделирование обеспечивает наибольшую эффективность управления транспортными потоками [6].

Как правило в основе современных алгоритмов поиска кратчайшего пути лежит алгоритм Дейкстры [7]. Работа над совершенствованием алгоритма Дейкстры в настоящее время ведётся довольно активно. Предлагаются, например, адаптивное управление, учитывающее динамику сети [8], методы оптимизации маршрута с возможностью сконфигурировать его для максимального числа пользователей [9].

Одним из вариантов решения задачи выбора оптимального маршрута является представление алгоритма в виде дискретного программирования [10]. В работе [11] предлагается решать задачу о кратчайшем пути в графе с помощью двухфазного алгоритма – одного из современных алгоритмов оптимальной маршрутизации.

При этом экологической оценке при формировании маршрутов движения транспортных потоков практически не уделяется необходимого внимания. А важность такой оценки диктуется продолжающим увеличением количества подвижного состава автомобильного транспорта, который по некоторым оценкам обеспечивает до 80...90 % загрязнения атмосферного воздуха крупных городов (в Москве в 2011 г. было 92 %) [12]. В средних городах на примере сопоставимых по численности населения городов Липецк [13] и Магнитогорск [14] доля автомобильного транспорта в загрязняющем воздействии на атмосферный воздух составляет немного более 30 %.

Как правило, для определения экологического воздействия автомобильного транспорта требуется проводить обзорные исследования, примеры которых приведены для пересечений в работе [15], а для городской магистрали в работе [16]. Приведённые примеры демонстрируют подход, в котором для достаточно полной оценки экологического воздействия требуются объективные данные по интенсивности и составу потока, включая дифференциацию по видам потребляемого топлива. Одновременно с этим не приводятся данные по имеющим важное значение режимам движения автотранспортного потока [17].

Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 17 сентября 2019 г. No 694-ст утвержден и введен в действие (взамен ГОСТ Р 56162—2014) ГОСТ Р 56162-2019 «Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Метод расчета количества выбросов загрязняющих веществ в атмосферу потоками автотранспортных средств на автомобильных дорогах разной категории». Данный стандарт позволяет выполнить расчёт количества выбросов загрязняющих веществ при наличии таких данных по формируемому маршруту, как интенсивность и состав транспортного потока, средней скорости движения, длин перегонов, режима работы светофорных объектов.

Расчет

Выбросы загрязняющих веществ перегона формируемого маршрута (далее для примера, учитывая, что экологический расчёт проводится для сравнения маршрутов, рассматривается только выбросы CO, так как согласно ГОСТ 56162-2019 остальные выбросы рассчитываются аналогично и будут пропорциональны) предлагается рассчитывать по формуле (движение в одну сторону):

$$M_i^{п-н} = \frac{L}{1200} \cdot M_{CO} \cdot G \cdot r_{V_{CO}}, \quad (1)$$

где $M_{CO}=0,90$ (для легковых автомобилей) - удельный пробеговый выброс CO автомобилями;

G – фактическая наибольшая интенсивность движения, т. е. число приведённых к легковому автомобилю, проходящих через фиксированное сечение выбранного участка автомобильной дороги в учетный интервал времени (20 мин) в направлении построения маршрута по всем полосам движения;

$r_{V_{CO}}$ - поправочный коэффициент, учитывающий среднюю скорость движения потока автотранспортных средств V_k , на выбранной автомобильной дороге, определяемый в рассматриваемом случае согласно СП 42.13330.2011 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений»: магистральные регулируемого движения – при $V_k = 80$ км/ч: $r_{V_{CO}} = 0,50$; магистральные регулируемого движения районного значения – при $V_k = 60$ км/ч: $r_{V_{CO}} = 0,30$ (расч. $V_k = 70$ км/ч: $r_{V_{CO}} = 0,40$); улицы и дороги производственных, промышленных и коммунально-складских районов – при $V_k = 40$ км/ч: $r_{V_{CO}} = 0,75$.

Или для одной полосы перегона:

$$M_i^{п-н} = \frac{L}{1200} \cdot M_{CO} \cdot z \cdot \frac{1}{3} \cdot P_i^{п-н} \cdot r_{V_{CO}}, \quad (2)$$

где $P_i^{п-н}$ – пропускная способность i -той полосы перегона (движение по маршруту);

z – коэффициент (уровень) загрузки движением (при отсутствии экспериментальных

данных рекомендуется принимать расчётное значение $z = 0,70$ в соответствии с СП 34.13330.2012 «Автомобильные дороги. Актуализированная редакция. СНиП 2.05.02-85*» (табл. 5.14, с. 21)).

Тогда суммарно для перегона:

$$M^{n-h} = \sum M_i^{n-h}, \quad (3)$$

или (при допущении, что транспортный поток распределяется по полосам равномерно):

$$M^{n-h} = n^{n-h} \cdot M_i^{n-h}, \quad (4)$$

где n^{n-h} – число полос на перегоне.

Для расчёта выбросов загрязняющего вещества автомобилями конкретного направления движения в районе перекрестка при запрещающих движение сигналах светофора за 20-минутный период (подход к регулируемому пересечению по формируемому маршруту для отдельно взятой полосы) предлагается формула (ГОСТР 56162-2019):

$$M_{ppi}^3 = \frac{P_{\text{ц}}}{60} \cdot N_{\text{ц}} \cdot M_{\text{co}}^3 \cdot G_i^3, \quad (5)$$

где: $P_{\text{ц}}$ – продолжительность действия запрещающего движение сигнала светофора (включая желтый цвет) в течение 20 мин, с;

$N_{\text{ц}}$ – количество циклов действия запрещающего движение сигнала светофора за 20-минутный период времени;

$M_{\text{co}}^3 = 0,17$ (для легковых автомобилей) - удельный выброс CO автомобилями, находящимися в очереди у запрещающего движение сигнала светофора;

G_i^3 - количество автомобилей, находящихся в очереди в районе перекрестка в конце каждого цикла действия запрещающего движение сигнала светофора на отдельно взятой полосе подхода:

$$G_i^3 = \left(\frac{1}{n^{pp}} \cdot \frac{1}{3N_{\text{ц}}} \cdot z \cdot \sum_{i=1}^{n^{pp}} P_i^{n-h} - G_i^p \right), \quad (6)$$

где n^{pp} – число полос на подходе к регулируемому пересечению;

G_i^p – количество автомобилей, проходящих через регулируемое пересечение по отдельно взятой полосе подхода формируемого маршрута за время действия разрешающего сигнала светофора за один цикл (пропускная способность полосы за фазу).

Суммарное количество выбросов загрязняющих веществ (CO) на подходе формируемого маршрута автомобилями, находящимися в очереди у запрещающего движение сигнала светофора:

$$M_{ppi}^3 = \sum_{i=1}^{n^{pp}} M_{ppi}^3 \quad (7)$$

Выброс CO автотранспортом конкретного направления движения в районе перекрестка при разрешающих движение сигналах светофора за 20-минутный период предлагается вычислять по формуле:

$$M_{ppi}^p = L_i^{pp} \cdot N'_{\text{ц}} \cdot M_{\text{co}} \cdot G_i^p \cdot r_{V_{\text{co}}}, \quad (8)$$

где: $N'_{\text{ц}}$ – количество циклов действия разрешающего движение сигнала светофора за 20-минутный период времени;

L^{pp} – расстояние, проходимое автотранспортом в одном направлении с одной полосы подхода при разрешающих движение сигналах светофора за один цикл, включающее в себя длину очереди автомобилей, образуемой при запрещающем движение сигнале светофора, и длину соответствующей зоны перекрестка, км;

$$L_i^{pp} = L_i^{ppp} + L_i^{do}, \quad (9)$$

где L_i^{ppp} - длина пути через регулируемое пересечение для отдельно взятой полосы подхода формируемого маршрута;

L_i^{do} – длина очереди по отдельно взятой полосе подхода формируемого маршрута;

$$L_i^{do} = 0,001 L^y G_i^3, \quad (10)$$

где L^y – длина участка дороги в очереди автомобилей перед регулируемым пересечением на один легковой автомобиль. При отсутствии данных длину можно принять 6 м [18] или 6,5 м [19].

Суммарное количество выбросов загрязняющих веществ (СО) на подходе формируемого маршрута автомобилями при разрешающих движениях сигналах светофора за 20-минутный период:

$$M_{\text{рп}}^{\text{P}} = \sum_{i=1}^{n_{\text{рп}}} M_{\text{рп}i}^{\text{P}} \quad (11)$$

Суммарное количество выбросов загрязняющих веществ (СО) на регулируемом пересечении формируемого маршрута автомобилями за 20-минутный период:

$$M_{\text{рп}}^{\text{рп}} = M_{\text{рп}}^{\text{з}} + M_{\text{рп}}^{\text{P}} \quad (12)$$

Суммарное количество выбросов загрязняющих веществ (СО) на формируемом маршруте автомобилями за 20-минутный период:

$$M_{\text{со}}^{\text{ФМ}} = \sum_{j=1}^{n_{\text{п-н}}} M_j^{\text{п-н}} + \sum_{j=1}^{n_{\text{рп}}} M_j^{\text{рп}}, \quad (13)$$

где $M_j^{\text{п-н}}$ – суммарные выбросы загрязняющих веществ (СО) на j -том перегоне;

$n_{\text{п-н}}$ – число перегонов;

$M_j^{\text{рп}}$ – суммарные выбросы загрязняющих веществ (СО) на j -том регулируемом пересечении;

$n_{\text{рп}}$ – число регулируемых пересечений.

Для сравнения формируемых маршрутов требуется привести выбросы к удельным показателям на одну полосу, так как необходимо учитывать, что перегоны могут отличаться по числу полос, а пересечения по числу входов:

$$M_{\text{со}}^{\text{ФМ}} = \sum_{j=1}^{n_{\text{п-н}}} \frac{M_j^{\text{п-н}}}{n_{\text{п-н}}} + \sum_{j=1}^{n_{\text{рп}}} \left(\frac{M_{\text{рп}j}^{\text{з}} + M_{\text{рп}j}^{\text{P}}}{n_{\text{рп}}} \right). \quad (14)$$

Результаты и обсуждение

Предложенная экологическая оценка формируемого маршрута, приведённая выше, отличается широкими возможностями в использовании имеющихся данных исследований по формируемым маршрутам. Причём, экологическая оценка осуществляется непосредственно по самому маршруту, исключая влияние встречных и пересекающих маршрутов транспортных потоков, что делает оценку более объективной. При отсутствии возможностей не требуется проводить каких-либо дополнительных исследований, связанных с такими переменными характеристиками транспортного потока, как интенсивность, состав потока и средняя скорость. Но при наличии любых данных из перечисленных предусмотрена возможность их использования, что даёт возможность повысить объективность оценки.

Данная методика не заменяет имитационное моделирование, если присутствует транспортная модель городской агломерации, но обладает такими преимуществами, как простота и минимизация необходимых для сравнения данных. Кроме того, имитационная модель требует высокого уровня калибровки для обеспечения корректного сравнения формируемых маршрутов.

Выводы

Предложенная экологическая для сравнения двух и более формируемых маршрутов для магистрального транспортного потока в городских агломерациях при необходимости создания транспортных коридоров позволяет осуществить выбор маршрута не только по общепринятым критериям, таким как кратчайший путь и минимальное время, но и дать экологическую оценку, что является особенно важно при наличии близких по остальным параметрам маршрутов. Необходимо отметить, что данная методика не требует особых трудозатрат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Погодаев А.К., Галкин А.В., Хабибуллина Е.Л. Адаптация нечеткого классификатора к задаче управления транспортными потоками внутри высокоскоростного // Математические методы в технологиях и технике. 2021. № 9. С. 15-18. DOI: 10.52348/2712-8873_ММТТ_2021_9_15.
2. Чомаева М.Н. Автотранспорт и его влияние на экологическую ситуацию в городской местности // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. №3-1(42). С. 6-10. DOI: 10.24411/2500-1000-2020-10193.
3. Болбаков Р.Г., Маркелов В.М., Цветков В.Я. Топологическое моделирование на геоанализе // Перспективы науки и образования. 2014. №2. С. 34-39.

4. Соловьёв И.В., Цветков В. Я. Информационное пространство как инструмент управления в транспортной сфере // Государственный советник. 2014. №2(6). С. 58-63.
5. Семенов В.В. Математическое моделирование динамики транспортных потоков мегаполиса // Препринты Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН. 2004. №10. С. 34-38.
6. Маркелов В.М. Создание картографических логистических моделей логистике // Науки о Земле. 2012. №3. С. 54-58.
7. Dijkstra E.J.V. A note on two problems in connexion with graphs // Numerische mathematik. 1959. Т. 1. №1. С. 269-271.
8. Цветков В.Я., Алпатов А.Н. Управление распределенными транспортными потоками // Государственный советник. 2014. №3. С. 55-60.
9. Андреев К.П., Терентьев В.В. Информационное моделирование в проектировании транспортных сетей городов // Новая наука: Теоретический и практический взгляд. 2016. №117-2. С. 108-110.
10. Степанов В.П. Оптимизация маршрутов на дорожной сети // Наука и образование. Электронный научно-технический журнал. 2012. №05. С. 1-12.
11. Солдатенко А.А. Адаптивный алгоритм поиска оптимального маршрута в нестационарной сети // Программные продукты и системы. 2018. №2. С. 321-329.
12. Kovrigin A.A., Marshalkovich A.S. Otsenka vozdeystviya ot vybrosov dvizhushchegosya avtotransporta dlya obespecheniya ekologicheskoy bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti gorozhan [Электронный ресурс] // Stroitel'stvo. 2016. №3. Р. 5. URL: <http://www.nso-journal.ru>. DOI: 10.22227/2305-5502.2016.3.5.
13. Седых В.А., Беляева Л.Н., Климов Д.С. Состояние атмосферного воздуха города Липецк // Проблемы региональной экологии. 2019. №3. С.77-80. DOI: 10.24411/1728-323X-2019-13077.
14. Пыгалева О.А., Фридрихсон О.В., Бердашкевич С.М. Исследование экологического аспекта при организации транспортных потоков в городах (на примере города Магнитогорска) // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2016. Т.6. №1. С. 58-64. DOI: 10.18503/2222-9396-2016-6-1-58-64.
15. Новиков И.А., Галушко Е.В. Анализ экологической ситуации в г. Белгороде // Известия ТулГУ. Технические науки. 2015. Вып. 5. С. 183-188.
16. Фандеев Н.П., Стрельникова Л.В., Михалюк Н.С. Определение выбросов вредных веществ автотранспортом на городской магистрали // Известия ТулГУ. Технические науки. 2014. Вып. 2. С. 293-303.
17. Журавлев А.Н., Овешников Ю.М. Режим движения автомобилей - фактор, определяющий уровень загрязнения атмосферного воздуха городской среды // Вестник ЧитГУ. 2009. №1(52). С. 46-50.
18. Handbuch für die Bemessung von Strassenverkehrsanlagen (HBS 2015). Kommission Bemessung von Straßenverkehrsanlagen. Köln, Ausgabe 2015. 300 p.
19. Виталин С.В. Оценка длины участка дороги на один легковой автомобиль в очереди перед регулируемым перекрестком // Транспорт: наука, техника, управление. 2019. №11. С. 50-52.

Погодаев Анатолий Кирьянович

Липецкий государственный технический университет
Адрес: 398040, Россия, г. Липецк, ул. Московская, 30
Д.т.н., профессор
E-mail: pogodaev_ak@mail.ru

Клявин Владимир Эрнстович

Липецкий государственный технический университет
Адрес: 398040, Россия, г. Липецк, ул. Московская, 30
Д.т.н., доцент, ГНС НИИ ЛГТУ
E-mail: vllk@list.ru

Сысоев Антон Сергеевич

Липецкий государственный технический университет
Адрес: 398040, Россия, г. Липецк, ул. Московская, 30
К.т.н., доцент, заведующий кафедрой
E-mail: anton_syssoev@mail.ru

Боровкова Галина Сергеевна

Липецкий государственный технический университет
Адрес: 398040, Россия, г. Липецк, ул. Московская, 30
К.т.н., доцент
E-mail: haligh@mail.ru

A.K. POGODAEV, V.E. KLYAVIN, A.S. SYSOEV, G.S. BOROVKOVA
**COMPARISON OF ROUTES BY THE AMOUNT OF POLLUTANT
EMISSIONS INTO THE ATMOSPHERE BY VEHICLE FLOWS**

Abstract. Methodological aspects related to the principles of creating routes for traffic flows aimed at servicing transport and logistics systems are considered. The basic principles for the formation of such routes are determined. An additional criterion is proposed for comparing the routes

being formed on the territory of urban agglomerations - environmental assessment using the calculation of pollutant emissions. The calculation methodology allows for comparison with minimal initial data, but involves the use of research results, if any.

Keywords: *traffic flow, traffic intensity, flow composition, average speed, route being formed, environmental assessment*

BIBLIOGRAPHY

1. Pogodaev A.K., Galkin A.V., Habibullina E.L. Adaptatsiya nechetkogo klassifikatora k zadache upravleniya transportnymi potokami vntri vysokoskorostnogo // Matematicheskie metody v tekhnologiyakh i tekhnike. 2021. № 9. S. 15-18. DOI: 10.52348/2712-8873_MMTT_2021_9_15.
2. Chomaeva M.N. Avtotransport i ego vliyanie na ekologicheskuyu situatsiyu v gorodskoy mestnosti // Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk. №3-1(42). S. 6-10. DOI: 10.24411/2500-1000-2020-10193.
3. Bolbakov R.G, Markelov V.M., TSvetkov V.YA. Topologicheskoe modelirovanie na geodannykh // Perspektivy nauki i obrazovaniya. 2014. №2. S. 34-39.
4. Solov`iov I.V., TSvetkov V. YA. Informatsionnoe prostranstvo kak instrument upravleniya v transportnoy sfere // Gosudarstvennyy sovetnik. 2014. №2(6). S. 58-63.
5. Semenov V.V. Matematicheskoe modelirovanie dinamiki transportnykh potokov megapolisa // Preprinty Instituta prikladnoy matematiki im. M.V. Keldysha RAN. 2004. №10. S. 34-38.
6. Markelov V.M. Sozdanie kartograficheskikh logisticheskikh modeley logistike // Nauki o Zemle. 2012. №3. S. 54-58.
7. Dijkstra E.JV. A note on two problems in connexion with graphs // Numerische mathematik. 1959. T. 1. №1. C. 269-271.
8. TSvetkov V.YA., Alpatov A.N. Upravlenie raspredelennymi transportnymi potokami // Gosudarstvennyy sovetnik. 2014. №3. S. 55-60.
9. Andreev K.P., Terent`ev V.V. Informatsionnoe modelirovanie v proektirovanii transportnykh setey gorodov // Novaya nauka: Teoreticheskii i prakticheskii vzglyad. 2016. №117-2. S. 108-110.
10. Stepanov V.P. Optimizatsiya marshrutov na dorozhnoy seti // Nauka i obrazovanie. Elektronnyy nauchno-tekhnicheskii zhurnal. 2012. №05. S. 1-12.
11. Soldatenko A.A. Adaptivnyy algoritm poiska optimal`nogo marshruta v nestatsionaroy seti // Programmye produkty i sistemy. 2018. №2. S. 321-329.
12. Kovrigin A.A., Marshalkovich A.S. Otsenka vozdeystviya ot vybrosov dvizhushchegosya avtotransporta dlya obespecheniya ekologicheskoy bezopasnosti zhiznedeyatel`nosti gorozhan [Elektronnyy resurs] // Stroitel'stvo. 2016. №3. R. 5. URL: <http://www.nso-journal.ru>. DOI: 10.22227/2305-5502.2016.3.5.
13. Sedykh V.A., Belyaeva L.N., Klimov D.S. Sostoyanie atmosfernogo vozdukha goroda Lipetsk // Problemy regional'noy ekologii. 2019. №3. S.77-80. DOI: 10.24411/1728-323X-2019-13077.
14. Pytaleva O.A., Fridrikhson O.V., Berdashkevich S.M. Issledovanie ekologicheskogo aspekta pri organizatsii transportnykh potokov v gorodakh (na primere goroda Magnitogorska) // Sovremennye problemy transportnogo kompleksa Rossii. 2016. T.6. №1. S. 58-64. DOI: 10.18503/2222-9396-2016-6-1-58-64.
15. Novikov I.A., Galushko E.V. Analiz ekologicheskoy situatsii v g. Belgorode // Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki. 2015. Vyp. 5. S. 183-188.
16. Fandeev N.P., Strel`nikova L.V., Mikhalyuk N.S. Opredelenie vybrosov vrednykh veshchestv avtotransportom na gorodskoy magistrali // Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki. 2014. Vyp. 2. S. 293-303.
17. ZHuravlev A.N., Oveshnikov YU.M. Rezhim dvizheniya avtomobiley - faktor, opredelyayushchiy uroven` zagryazneniya atmosfernogo vozdukha gorodskoy sredy // Vestnik ChitGU. 2009. №1(52). S. 46-50.
18. Handbuch f?r die Bemessung von Strassenverkehrsanlagen (HBS 2015). Kommission Bemessung von Stra?enverkehrsanlagen. K?ln, Ausgabe 2015. 300 p.
19. Vitolin S.V. Otsenka dliny uchastka dorogi na odin legkovoy avtomobil` v ocheredi pered reguliruemym perekrestkom // Transport: nauka, tekhnika, upravlenie. 2019. №11. S. 50-52.

Pogodaev Anatoly Kiryanovich

Lipetsk State Technical University
Address: 398040, Russia, Lipetsk, st. Moskovskaya, 30
Doctor of Technical Sciences
E-mail: pogodaev_ak@mail.ru

Klyavin Vladimir Ernstovich

Lipetsk State Technical University
Address: 398040, Russia, Lipetsk, st. Moskovskaya, 30
Doctor of Technical Sciences
E-mail: vllk@list.ru

Sysoev Anton Sergeevich

Lipetsk State Technical University
Address: 398040, Russia, Lipetsk, st. Moskovskaya, 30
Candidate of Technical Sciences
E-mail: anton_sysoyev@mail.ru

Borovkova Galina Sergeevna

Lipetsk State Technical University
Address: 398040, Russia, Lipetsk, st. Moskovskaya, 30
Candidate of Technical Sciences
E-mail: halig@mail.ru

Уважаемые авторы!
Просим Вас ознакомиться с требованиями
к оформлению научных статей.

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

- Представляемый материал должен быть оригинальным (оригинальность не менее 70%), не опубликованным ранее в других печатных изданиях.
- объем материала, предлагаемого к публикации, измеряется страницами текста на листах формата А4 и содержит от 4 до 9 страниц; все страницы рукописи должны иметь сплошную нумерацию;
- статья предоставляется в электронном виде (по электронной почте или на любом электронном носителе);
- в одном номере может быть опубликована только одна статья одного автора, включая соавторство;
- если статья возвращается автору на доработку, исправленный вариант следует прислать в редакцию повторно, приложив письмо с ответами на замечания. Доработанный вариант статьи рецензируется и рассматривается редакционной коллегией вновь. Датой представления материала считается дата поступления в редакцию окончательного варианта исправленной статьи;
- аннотации всех публикуемых материалов, ключевые слова, информация об авторах, списки литературы будут находиться в свободном доступе на сайте соответствующего журнала и на сайте Российской научной электронной библиотеки - РУНЭБ (Российский индекс научного цитирования).

ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

Научная статья, предоставляемая в журнал, должна иметь следующие **обязательные элементы**:

Введение

Укажите цели работы и предоставьте достаточный накопленный опыт, избегая подробного обзора литературы или обобщенных результатов.

Материал и методы

Предоставьте достаточно подробных сведений, чтобы можно было воспроизвести работу независимым исследователем. Методы, которые уже опубликованы, должны быть обобщены и указаны ссылкой. Если вы цитируете непосредственно из ранее опубликованного метода, используйте кавычки и также ссылаетесь на источник. Любые изменения существующих методов также должны быть описаны.

Теория / расчет

Раздел «Теория» должен продлить, а не повторять предысторию статьи, уже рассмотренную во введении, и заложить основу для дальнейшей работы. Напротив, раздел «Расчет» представляет собой практическое развитие с теоретической основы.

Результаты

Результаты должны быть четкими и краткими.

Обсуждение

Здесь необходимо рассмотреть значимость результатов работы, а не повторять их. Часто целесообразен комбинированный раздел «Результаты и обсуждение». Избегайте подробных цитат и обсуждений опубликованной литературы.

Выводы

Основные выводы исследования могут быть представлены в кратком разделе «Выводы», который может стоять отдельно или составлять подраздел раздела «Обсуждение» или «Результаты и обсуждение».

В тексте статьи **не рекомендуется**:

- применять обороты разговорной речи, техницизмы, профессионализмы;
 - применять для одного и того же понятия различные научно-технические термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке;
 - применять произвольные словообразования;
 - применять сокращения слов, кроме установленных правилами русской орфографии, соответствующими стандартами;
- Сокращения и аббревиатуры должны расшифровываться по месту первого упоминания (вхождения) в тексте статьи.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

Статья должна быть набрана шрифтом Times New Roman, размер 12 pt с одинарным интервалом, текст выравнивается по ширине; абзацный отступ - 1,25 см, правое поле - 2 см, левое поле - 2 см, поля внизу и сверху - 2 см.

Обязательные элементы:

- **заглавие** (на русском и английском языке) публикуемого материала - должно быть точным и ёмким; слова, входящие в заглавие, должны быть ясными сами по себе, а не только в контексте; следует избегать сложных синтаксических конструкций, новых словообразований и терминов, а также слов узкопрофессионального и местного значения;

- **аннотация** (на русском и английском языке) - описывает цели и задачи проведенного исследования, а также возможности его практического применения, указывает, что нового несет в себе материал; рекомендуемый средний объем - 500 печатных знаков;

- **ключевые слова** (на русском и английском языке) - это текстовые метки, по которым можно найти статью при поиске и определить предметную область текста; обычно их выбирают из текста публикуемого материала, достаточно 5-10 ключевых слов;

- **список литературы** должен содержать не менее 20-ти источников. В списке литературы количество источников, принадлежащих любому автору не должно превышать 30% от общего количества.

ПОСТРОЕНИЕ СТАТЬИ

- Индекс универсальной десятичной классификации (УДК) - сверху слева с абзацным отступом.
- С пропуском одной строки - выровненные по центру страницы, без абзацного отступа и набранные прописными буквами светлым шрифтом 12 pt инициалы и фамилии авторов (И.И. ИВАНОВ).

- С пропуском одной строки - название статьи, набранное без абзацного отступа прописными буквами полужирным шрифтом 14 pt и расположенное по центру страницы.
- С пропуском одной строки - краткая (не более 10 строк) аннотация, набранная с абзацного отступа курсивным шрифтом 10 pt на русском языке. С абзацного отступа - ключевые слова на русском языке.
- Текст статьи, набранный обычным шрифтом прямого начертания 12 pt, с абзацной строки, расположенный по ширине страницы.
- Список литературы, набранный обычным шрифтом прямого начертания 10 pt, помещается в конце статьи. Заголовок «СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ» набирается полужирным шрифтом 12 pt прописными буквами с выравниванием по центру.
- После списка литературы, с абзацного отступа, приводятся набранные обычным шрифтом 10 pt сведения об авторах (на русском языке) в такой последовательности:
Фамилия, имя, отчество (полужирный шрифт)
Учреждение или организация
Адрес
Ученая степень, ученое звание, должность
Электронная почта (обычный шрифт), не может повторяться у двух и более авторов
- С пропуском одной строки - выровненные по центру страницы, без абзацного отступа и набранные прописными буквами светлым шрифтом 12 pt инициалы и фамилии авторов (на английском языке).
- С пропуском одной строки - название статьи, набранное без абзацного отступа прописными буквами полужирным шрифтом 14 pt и расположенное по центру страницы (на английском языке).
- Краткая (не более 10 строк) аннотация, набранная с абзацного отступа курсивным шрифтом 10 pt, с абзацного отступа - ключевые слова (на английском языке).
- С абзацного отступа, приводятся набранные обычным шрифтом 10 pt сведения об авторах (на английском языке).

ТАБЛИЦЫ, РИСУНКИ, ФОРМУЛЫ

Все таблицы, рисунки и основные формулы, приведенные в тексте статьи, должны быть пронумерованы.

Формулы следует набирать в редакторе формул Microsoft Equation 3.0 с размерами: обычный шрифт - 12 pt, крупный индекс - 10 pt, мелкий индекс - 8 pt.

Формулы, внедренные как изображение, не допускаются!

Русские и греческие буквы, а также обозначения тригонометрических функций, набираются прямым шрифтом, латинские буквы - курсивом.

Формулы располагают по центру страницы и нумеруют (только те, на которые приводят ссылки); порядковый номер формулы обозначается арабскими цифрами в круглых скобках около правого поля страницы.

В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими стандартами. Описание начинается со слова «где» без двоеточия, без абзацного отступа; пояснение каждого символа дается с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Единицы измерения даются в соответствии с Международной системой единиц СИ.

Переносить формулы на следующую строку допускается только на знаках выполняемых операций, причем знак в начале следующей строки повторяют.

Пример оформления формулы в тексте

$$q_1 = (\alpha - 1)^2 \left(1 + \frac{1}{2\alpha}\right) / d, \quad (1)$$

где $\alpha = 1 + 2a/b$ - коэффициент концентрации напряжений;

$d = 2a$ - размер эллиптического отверстия вдоль опасного сечения.

Рисунки и другие иллюстрации (чертежи, графики, схемы, диаграммы, фотоснимки) следует располагать непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые. Рисунки, число которых должно быть логически оправданным, представляются в виде отдельных файлов в формате *.eps (Encapsulated PostScript) или TIF размером не менее 300 dpi.

Если рисунок небольшого размера, желательно его обтекание текстом.

Подписи к рисункам (полужирный шрифт курсивного начертания 10 pt) выравнивают по центру страницы, в конце подписи точка не ставится, например:

Рисунок 1 - Текст подписи

Пояснительные данные набираются светлым шрифтом курсивного начертания 10 pt и ставят после наименования рисунка.

Таблицы должны сопровождаться ссылками в тексте.

Заголовки граф и строк таблицы пишутся с прописной буквы, а подзаголовки - со строчной, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставятся. Текст внутри таблицы в зависимости от объема размещаемого материала может быть набран шрифтом меньшего кегля, но не менее 10 pt. Текст в столбцах располагают от левого края либо центрируют.

Слово «Таблица» размещается по левому краю, после него через тире располагается название таблицы, например: Таблица 1 - Текст названия

Если в конце страницы таблица прерывается и ее продолжение будет на следующей странице, нижнюю горизонтальную линию в первой части таблицы не проводят. При переносе части таблицы на другую страницу над ней пишут слово «Продолжение» и указывают номер таблицы. Пример: Продолжение таблицы 1

Нумерация граф таблицы арабскими цифрами необходима только в тех случаях, когда в тексте имеются ссылки на них, при делении таблицы на части, а также при переносе части таблицы на следующую страницу.

Адрес издателя:

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»
302026, Орловская обл., г. Орёл, ул. Комсомольская, 95
Тел.: (4862) 75-13-18
www.oreluniver.ru.
E-mail: info@oreluniver.ru

Адрес редакции:

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»
302030, Орловская обл., г. Орёл, ул. Московская, 77
Тел.+7 905 856 6556
www.oreluniver.ru.
E-mail: srmostu@mail.ru

Материалы статей печатаются в авторской редакции

Право использования произведений предоставлено авторами на основании
п. 2 ст. 1286 Четвертой части Гражданского Кодекса Российской Федерации

Технический редактор, корректор,
компьютерная верстка И.В. Акимочкина

Подписано в печать 27.11.2024 г.
Дата выхода в свет 16.12.2024 г.
Формат 70x108/16. Усл. печ. л. 9,3
Цена свободная. Тираж 500 экз.
Заказ № 276

Отпечатано с готового оригинал-макета
на полиграфической базе ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»
302026, г. Орёл, ул. Комсомольская, 95