

ISSN 2073-7432

МИР ТРАНСПОРТА
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№ 3-3 (86) 2024

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

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

Редакция:
Агеев Е.В. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Агуреев И.Е. д-р техн. наук, проф. (Россия)
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)
Ременцов 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)

Ответственный за выпуск: **Акимочкина И.В.**

Адрес редакции:
302030, Россия, Орловская обл., г. Орёл,
ул. Московская, 77
Тел. +79058566556
<https://oreluniver.ru/science/journal/mtitm>
E-mail: srmostu@mail.ru

Зарегистрировано в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).
Свидетельство: ПИ № ФС77-67027 от 30.08.2016г.

Подписной индекс: **16376**
по объединенному каталогу «Пресса России»
на сайтах www.pressa-rf.ru и www.akc.ru

© Составление. ОГУ имени И.С. Тургенева,
2024

Содержание

Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте

И.Д. Бешенцев, А.А. Белехов Сравнение городского пассажирского транспорта мегаполисов на основе показателей различных лет и способы выхода из кризиса 3

В.В. Зырянов, Т.А. Ветрова Теоретические основы динамического управления маршрутами общественного транспорта 14

Управление процессами перевозок

Я.Д. Гончарова Обеспечение безопасности перевозки топлива мобильными АЗС 22

А.В. Юннинен, С.С. Евтюков Предложение по совершенствованию подхода в вопросе оценки безопасности дорожного движения 28

С.А. Жесткова Повышение эффективности управления процессами перевозок сетевой доставки груза автомобильным транспортом 34

Х. Цзянг, О.Ю. Булатова, И. Ли, М. Хань Применение этограммы поведения водителя с целью исследования характеристик неблагоприятного вождения... 39

А.Н. Новиков, Е.В. Петрище Проблемы транспортного обслуживания города Орла и Орловского муниципального округа 48

А.В. Кулев, М.В. Кулев Теоретические основы выбора пассажирами маршрутного транспортного средства в условиях повышения информативности о динамических показателях транспортного процесса 55

Эксплуатация автомобильного транспорта

А.Н. Новиков, О.Ю. Блошенко Анализ использования автомобильного транспорта в условиях АПХ «Мираторг» 62

Д.О. Ломакин, А.К. Поздняков Диагностирование подшипниковых узлов по косвенным признакам 69

С.А. Евтюков, С.А. Воробьев, Е.С. Трофимов, П.А. Разумов Концептуальный проект системы топливных элементов на основе материалов с изменяемым фазовым составом 76

А.А. Носков, А.В. Терентьев, А.А. Белехов Метод оценки структурной эффективности системы грузовых контейнерных автомобильных перевозок 83

Ю.А. Заяц, Н.А. Загородний, Т.М. Заяц Решение второй задачи прогнозирования воздействий и остаточного ресурса транспортных средств 93

Интеллектуальные транспортные системы

П.Ю. Пушкин, Ю.Н. Ризаева, А.Б. Сухатерин Инновационные технологии для беспилотных систем 102

Ю.В. Трофименко, Р.С. Рунец, С.В. Ушков Концепция создания эффективных транспортных систем с использованием «облачных» интеллектуальных технологий 111

О.О. Пилипец Перспективы применения онтологического подхода в контексте формирования единой интеллектуальной транспортной системы 120

Логистические транспортные системы

М.В. Передерий, Л.В. Савкина, В.Е. Яркина Оптимизация логистических процессов при организации мультимодальных перевозок 128

Ю.Н. Линник, М.Ю. Карелина, В.Ю. Линник, А.А. Акулов Разработка метода оптимизации маршрутов региональной логистики на основе гравитационной модели управления транспортными городскими узлами 135

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

World of transport and technological machines

Scientific and technical journal

Published since 2003

A quarterly review

№ 3-3(86) 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>I.D. Beshentsev, A.A. Belekhov</i> Comparison of urban passenger transport in megacities based on indicators of different years and ways to overcome the crisis 3</p> <p><i>V.V. Zyryanov, T.A. Vetrova</i> Theoretical foundations of dynamic management of public transport routes 14</p> <p style="text-align: center;"><i>Management of transportation processes</i></p> <p><i>I.D. Goncharova</i> Ensuring safety of fuel transportation mobile gas stations 22</p> <p><i>A.V. Iunninen, S.S. Evtukov</i> Proposal to improve the approach to road safety assessment 28</p> <p><i>S.A. Zhestkova</i> Improving the efficiency of managing the processes of transportation of network cargo delivery by road 34</p> <p><i>H. Jiang, O.Y. Bulatova, Y. Li, M. Han</i> Investigation of the characteristics of dangerous driving based on the ethogram of driver behavior 39</p> <p><i>A.N. Novikov, E.V. Petrishche</i> Problems of transport services in the city of oryol and the oryol municipal district bibliography 48</p> <p><i>A.V. Kulev, M.V. Kulev</i> Theoretical basis for passengers' choice of a route vehicle in conditions of increasing information about dynamic indicators of the transport process 55</p> <p style="text-align: center;"><i>Operation of motor transport</i></p> <p><i>A.N. Novikov, O.Yu. Bloshenkov</i> Analysis of road transport use in the conditions of the «miratorg» agricultural holding 62</p> <p><i>D.O. Lomakin, A.K. Pozdnykov</i> Diagnosis of bearing assemblies by indirect signs 69</p> <p><i>S.A. Yevtyukov, S.A. Vorobyov, E.S. Trofimov, P.A. Razumov</i> Conceptual design of a fuel cell system based on materials with variable phase composition 76</p> <p><i>A.A. Noskov, A.V. Terentyev, A.A. Belekhov</i> Method for assessing the structural efficiency of the container freight transportation system 83</p> <p><i>Yu.A. Zayats, N.A. Zagorodny, T.M. Zayats</i> Solving the second problem of forecasting impacts and residual life of vehicles 93</p> <p style="text-align: center;"><i>Intelligent transport systems</i></p> <p><i>P.Yu. Pushkin, Yu.N. Rizaeva, A.B. Sukhaterin</i> Innovative technologies for unmanned systems 102</p> <p><i>Y.V. Trofimenco, R.S. Runets, K.Y. Trofimenco, S.V. Ushkov</i> The concept of creating efficient transport systems using cloud-based intelligent technologies 111</p> <p><i>O.O. Pilipets</i> Prospects of application ontological approach in the context of forming a unified intelligent transportation system 120</p> <p style="text-align: center;"><i>Logistic transport systems</i></p> <p><i>M.V. Perederiy, L.V. Savkina, V.E. Yurkina</i> Optimization of logistics processes in the organization of multimodal transportation 128</p> <p><i>Y.N. Linnik, M.Y. Karelina, V.Y. Linnik, A.A. Akulov</i> Development of a method for optimizing regional logistics routes based on a gravity model for managing urban transport hubs 135</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. Evtukov <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. Trofimenco <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>Person in charge for publication:</i> I.V. Akimochkina</p>	
<p><i>Editorial Board Address:</i> 302030, Russia, Orel, Orel Region, Moskovskaya str., 77 Tel. +7 (905)8566556 https://oreluniver.ru/science/journal/mtitm E-mail: srmostu@mail.ru</p>	
<p>The journal is registered in Federal Agency of supervision in sphere of communication, information technology and mass communications. Registration Certificate ПИ № ФС77-67027 of August 30 2016</p>	
<p>Subscription index: 16376 in a union catalog «The Press of Russia» on sites www.pressa-rf.ru and 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

doi: 10.33979/2073-7432-2024-3-3(86)-3-13

И.Д. БЕШЕНЦЕВ, А.А. БЕЛЕХОВ

**СРАВНЕНИЕ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА
МЕГАПОЛИСОВ НА ОСНОВЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ЛЕТ
И СПОСОБЫ ВЫХОДА ИЗ КРИЗИСА**

***Аннотация.** Рассмотрены различные показатели транспортных систем мегаполисов – Санкт-Петербурга и Москвы. Выявлены недостатки существующей транспортной системы Санкт-Петербурга. Исследована существующая программа развития предприятия-перевозчика СПб ГУП «Горэлектротранс». Предложен поэтапный план выхода из кризиса на основе различных методов и практик: обособление трамвайных линий и выделение полос для колёсного транспорта, применение авторского коридорно-узлового способа формирования маршрутной сети для повышения доступности общественного транспорта и снижения индивидуальной мобильности. Использование предполагаемых результатов планируется расширить в направлении развития Санкт-Петербурга, в дальнейшем – городов и мегаполисов с негативными показателями транспортной системы.*

***Ключевые слова:** транспортная система, транспортные обследования, пассажирские перевозки, электротранспорт, легкорельсовый трамвай (ЛРТ), троллейбус, автобус*

Введение

Целью работы является формирование поэтапного плана выхода транспортной системы городов из кризиса на примере города Санкт-Петербурга. В настоящее время в городах нашей страны за 30 лет эксплуатации показатели износа транспортной инфраструктуры фиксируют состояние недопустимости эксплуатации, и во избежание повышения аварийности или остановки работы транспорта необходимо обновлять инфраструктуру. В некоторых городах своевременные действия по ремонту производились, однако имеется неопределённость в восстановлении ранее демонтированной инфраструктуры и строительстве новой в быстрорастущих жилых кварталах. Особенно данная проблема актуальна для больших городов, с соответствующей плотностью маршрутной сети и последствиями повышения нагрузки на улично-дорожную сеть (УДС) города после возможного оттока пассажиров на личный автотранспорт в результате изменения маршрутов. Поэтапный план проведения работ по комплексной модернизации транспортной системы поможет систематизировать мероприятия и снизить неопределённость к минимуму. К сожалению, в большинстве городов происходит кризис пассажирских перевозок, и население не будет готово сразу принять существенные изменения. План основывается как на положительном, так и на отрицательном опыте мегаполисов. Преимущественно будет рассмотрен опыт Санкт-Петербурга. Результаты работы могут быть использованы ведомственными организациями, отвечающими за развитие транспорта Санкт-Петербурга (Комитет по транспорту, Комитет по развитию транспортной инфраструктуры), а также основными городскими предприятиями-перевозчиками (СПб ГУП «Горэлектротранс», СПб ГУП «Пассажиравтотранс»).

Материал и методы

Анализ транспортной системы Ленинграда – Санкт-Петербурга выполнен на основе методов натурного транспортного обследования пассажиропотока. Для анализа маршрутной сети используем классификацию «диаметральный-магистральный-подвозящий», а также применен авторский метод коридорно-узлового проектирования маршрутной сети. Определение маршрутов и типа обособления трамвайных линий определен графическим методом.

Теория / Расчёт

Последние крупные обследования проводились в Ленинграде в 1987 году, группой анализа пассажиропотоков СПб ГУП «Горэлектротранс» [1]. В настоящее время подобные обследования не проводятся, поэтому возьмём данные из источников СПб ГУП «Горэлектротранс» [2]. Рассмотрим основные показатели оценки работы транспортной системы, которые особняком стояли в итоговом кратком отчёте, в результате снижения которых произошло уменьшение транспортной работы [3]. Объекты инфраструктуры являются ключевым показателем содержания, развития и оценки деятельности транспортного комплекса [4]. Но начать необходимо с общего анализа, который представлен в таблице 1 – объём перевозок по различным видам транспорта.

Таблица 1 – Объём перевозок и процент распределения по видам транспорта г. Ленинграда (1987) и Санкт-Петербурга (2022)

Критерии Вид ГПТ	Протяжённость м. сети, км	Кол-во перевоз. Пасс, млрд. чел.	Кол-во маршрутов	Кол-во ПС	% распредел. пасс по видам т
Ленинград, 1987 г.					
Трамвай	584,5	1,098	67	2105	23,0%
Троллейбус	616	0,72	49	1320	16,9%
Автобус	7855	1,6	494	4800	38,0%
Метрополитен	85,8	0,88	4	1315	20,7%
ЖД (городская)	432	0,07	15 обычных	906	1,4%
ИТОГО:	9573,3	1,5 млрд. чел. (ежедневно 5,2 млн)	629	10446	100%
Санкт-Петербург, 2022 г.					
Трамвай	500	0,7	39	747	16,4%
Троллейбус	568,95	0,4	47	753	13,37%
Автобус	8324	1,6	462	4261	37,6%
Метрополитен	125	1,3	5	1927	28,83%
ЖД (городская)	432	0,2	3 такт., 10 обычных	929	3,8%
ИТОГО:	9949,95	1,8 млрд. чел. (ежедневно 4,3 млн)	566	8617	100%

Данная таблица показывает, что в Ленинграде трамвай имел превалирующую роль над всеми видами транспорта кроме автобусного, а позже уступил свои позиции и метрополитену, нагрузка на который возросла в 1,5 раза. В таблице 2 более детально рассмотрим электротранспорт Ленинграда и Санкт-Петербурга:

- снижение произошло по всем показателям, характеризующим объекты инфраструктуры и объём пассажиропотока,
- наибольшее снижение у трамвая произошло по следующим показателям: число перевезённых пассажиров (64,6 %), ежедневный выпуск вагонов (64,5 %), количество маршрутов (41,8 %);
- наибольшее снижение у троллейбуса произошло по следующему показателю: число перевезённых пассажиров (44,5%),
- трамвайная инфраструктура в основном была сокращена в центральной части города, за счёт чего был сокращён и ликвидирован ряд магистральных маршрутов;
- по числу объектов хранения, технического обслуживания (ТО) и капитально-восстановительного ремонта (КВР) показатели у трамвая снизились в два раза больше, чем у троллейбуса: закрытие 4 трамвайных парков с сохранением 2-ух в качестве музейных и служебных (27,3 %); закрытие 1 троллейбусного парка с сохранением его в качестве служебного и резервного (14,3 %);
- по числу объектов производства показатели паритетные: трамвайный завод сменил

местоположение и осуществляет сборку трамваев из комплектующих (предыдущий завод ПТМЗ закрылся в 2013 году) на базе Октябрьского электровагоноремонтного завода (ОЭВРЗ), троллейбусный – действует на базе предприятия, производит капремонт и строительство троллейбусов (не в маршрутных целях) для нужд предприятия.

Таблица 2 – Детальное сравнение транспортного комплекса Ленинграда в 1987 году и Санкт-Петербурга в 2022 году

Показатели	Периоды	Ленинград, 1987	Санкт-Петербург, 2022	Разница, %
Трамвай				
Число парков		10	8	↓20
Протяжённость м. сети		584,5	500	↓14,5
Количество маршрутов		67	39	↓41,8
Ежедневный выпуск вагонов		2105	747	↓64,5
Число объектов предприятий (хранение + ТО + ТР)		11	8	↓27,3
Число объектов производства ПС		1	1	-
Число остановочных пунктов		1157	868	↓25
Число перевезённых пассажиров, млн. чел.		1,98	0,7	↓64,6
Доля перевезённых пассажиров в ТС города		23	16,4	↓28,7
Троллейбус				
Число парков		6	5	↓16,7
Протяжённость м. сети		616	568,95	↓7,7
Количество маршрутов		49	47	↓4,1
Ежедневный выпуск машин		1320	753	↓43
Число объектов предприятий (хранение + ТО + ТР)		7	6	↓14,3
Число объектов производства ПС		1	1	-
Число остановочных пунктов		1213	1183	↓2,5
Число перевезённых пассажиров, млн. чел.		0,72	0,4	↓44,5
Доля перевезённых пассажиров в ТС города		16,9	13,37	↓20,9

Рассмотрим программу СПб ГУП «Горэлектротранс», одобренную губернатором города в 2021 году [6]. Она направлена на сохранение исторического облика города и развитие, отталкиваясь от него. Главный её недостаток в том, что она не учитывает ранее демонтированную транспортную инфраструктуру – линии и депо, и поверхностно оценивает перспективы развития электротранспорта. Она предусматривает:

- перевод некоторых трамвайных маршрутов из обычных в ускоренные (на 2023 год их 2, на 2028 год – планируется 15) при сохранении общего количества маршрутов и снижении объёма выпуска трамваев на ускоренных маршрутах на 23,7 %;
- повышение эксплуатационной скорости трамваев (2,1 % – 3,6 %), следовательно, снижение интервалов движения (3,2 % – 17,3 %) – в итоге, сокращение времени корреспонденции ускоренных маршрутов на 15-25 %;
- сохранение средств на зарплату кондукторам трамвая (38 %) при переводе на бескондукторное обслуживание;
- доходы от перевозки пассажиров трамваями предположительно вырастут на 25 %, а транспортная работа – на 5,9 %;
- по троллейбусу: за счёт запуска новых маршрутов троллейбусов с увеличенным автономным ходом (ТУАХ) в районы новостроек транспортная работа увеличится на 8,8 %.

Данная программа имеет ряд недостатков.

Во-первых, инфраструктурный вопрос. Даже после ремонта трамвайных путей они не станут обеспечивать высокую скорость перемещения – для этого необходимо обособливать

путевое хозяйство и создавать приоритетный проезд на светофорах (на всём участке линии). Также без создания венских платформ посадка в трамвай останется небезопасной. Для троллейбуса – это увеличение протяжённости выделенных полос.

В этом ключе показателен опыт Москвы [7]. С 2010-ых годов началось внедрение обособления путей бордюрным камнем, чуть позже – монтаж венских платформ стал нормой на узких улицах с трамвайным движением. Количество дорожно-транспортных происшествий (ДТП) снизилось на 70 %. При протяженности в 166 км в Москве обособлено 86,1 % трамвайной сети, в том числе и в центральных районах, а в Петербурге при длине сети 222 км – лишь 64,1 %, преимущественно в окраинных районах, где обособление уже заранее закладывалось проектировщиками [8].

В центральной части Петербурга ни одна из трамвайных линий не была качественно обособлена, кроме того, обособление было снято на 3-х участках в местах скопления личного автотранспорта. Тем самым создаются конфликтные точки между автомобилями и трамваями. Красным на схеме обозначены необособленные участки, зелёным – обособленные (рис. 1).



Рисунок 1 – Карта обособления трамвайной сети в Москве и Санкт-Петербурге

Во-вторых, маршрутная сеть. Создание ускоренных маршрутов внутри окраинных районов не решит проблему в комплексе: наземный электротранспорт хоть и выполнит свою функцию – вывезет пассажиров из районов к ближайшим станциям метро [9], но метрополитен, по оценкам большинства транспортных инженеров, не справится с нагрузкой [10]. Необходимо создать магистральные и диаметральные связи окраинных районов с соседними и центральными районами коридорно-узловым способом – таким образом мы получим основные «коридоры» – участки, которые будут соединяться транспортно-пересадочными узлами (ТПУ) 1-го класса, магистрального значения. В свою очередь от них будут ответвляться трамвайные линии, следующие к ТПУ 2-го класса, районного значения. Тем самым мы получим доступную сеть с комфортными пересадками, которая станет для пассажира альтернативой использованию метрополитена. Троллейбусная маршрутная сеть должна развиваться таким же, коридорно-узловым способом, но по причине малой привязанности к инфраструктуре (использование автономного хода) может улучшить доступность отдалённых микрорайонов, и связать их напрямую с центральной частью города. При проектировании троллейбусных маршрутов можно рассмотреть маршрутную сеть существовавшего до 2022 года коммерческого транспорта, и перевести магистральные коммерческие маршруты на обслуживающие троллейбусами.

В данном случае можно рассмотреть опыт Ленинграда. Маршрутная сеть формировалась, как альтернатива метрополитену, и существенно опережала его по популярности [11]. Существовало 4 наиболее популярных диаметральных маршрута, 6 магистральных и даже 1 подвозящий (из труднодоступного для метрополитена района). В конце 90-ых – начале 00-ых маршрутная сеть интенсивно сокращалась, и были потеряны практически все диаметральные и магистральные связи, в основном, связанные с центром города. Сокращённые и закрытые маршруты по каждому району представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Порайонная статистика по закрытым, сокращённым маршрутам и демонтированным линиям

Район	МИ + ТИ	Закрытые маршруты	Оставшиеся маршруты (сокр.)	Демонтированные линии
Окраинные районы				
Приморский		2, 3, 31, 37	68 (а, б), 47, 48, 55	-
Выборгский		18, 22, 26, 53	20, 21, 23, 58, 61	-
Калининский		14, 19, 28, 32, 46,	7, 9, 38, 40, 51	Пискаревский пр.
Красногвардейский		12, 30	8, 10, 23, 59, 63, 64	-
Невский		13, 38, 44	10, 23, 24, 27, 39, 65, 77 (А)	Пр. Большевиков, част. Дальневост. пр.
Фрунзенский		15, 50	25, 43, 49	-
Московский		16, 35	29	Благодатная ул.
Кировский		1, 19, 31, 33, 34, 35	36, 41	(3 участка)
Красносельский		4	36, 41, 52, 56	-
Василеостровский		5, 11, 26, 37, 42, 63	6, 40	(5 участков)
Центральные районы				
Центральный		10, 12, 19, 20, 25, 32, 38, 44, 49, 51, 53	3, 16, 25, 49	(7 участков)
Адмиралтейский		2, 3, 5, 11, 13, 14, 24, 29, 33, 34, 42	3, 16, 41	(7 участков)
Петроградский		1, 12, 17, 18, 21, 30, 31, 33, 34, 37	6, 40	(4 участка)

Наконец, в-третьих, организация производства, обслуживания и выпуска на линию подвижного состава. В 2000-е годы существовал тренд на закрытие трамвайных парков в центральных районах города, и перевод всего выпуска вагонов на окраинные [12]. Учитывая сильное сокращение маршрутной сети, трамвайные парки окраинных районов перегрузки избежали, однако при формировании каркасной трамвайной сети без центральных районов не обойтись – а значит, центр города должен быть обеспечен собственными депо. В некоторых случаях выпуск легче осуществить из центра города на окраину, тем самым будут снижены нулевые пробеги. Помимо организации ТО-1 и ТО-2 (производится в любом депо города), необходимо также централизованное производство капитально-восстановительного ремонта вагонов, у которых подходит к концу наработка до капитального ремонта. Для этих целей необходим вагоноремонтный завод. Однако объёмы перевозок трамвайной сети Санкт-Петербурга настолько велики, что городу необходим собственный завод под производством трамвайных вагонов и комплектующих к ним [13].

После корректировок получаем следующую последовательность действий:

- поэтапное восстановление трамвайной инфраструктуры: линии (+25 %), депо (+35%), ТПУ (+100 %) и обособление, приоритизация и канализация основных трамвайных коридоров с интеграцией посадочных платформ (в узких местах – венского типа, в более широких – централизованного);

- в соответствии с восстанавливаемыми линиями запускать трамвайные маршруты магистрального (+362,5 %) и диаметрального (+2200 %) характера через центральную часть города, количество подвозящих маршрутов (-53,6 %) уменьшится;

- по восстановлении трамвайных маршрутов закрывать/изменять трассы дублирующих их автобусных маршрутов, во время строительства трамвайных линий восстанавливать также троллейбусные линии (+15 %) с выделением полос и запуском «зелёной волны»

- восстановление вагоноремонтного завода с собственным производством трамваев (+100%), с приоритетом выполнения петербургских заказов
- внедрение бескондукторного обслуживания на маршруты подвозящего и магистрального характера (в случае последних на линии вводится усиленный контроль), а также беспилотного управления на маршруты, имеющие конечные станции лишь в зоне 1-го и 2-го пояса одного района.



Рисунок 2 – Карта обособления восстановленной сети Санкт-Петербурга

Схема обособления трамвайных путей в Санкт-Петербурге представлена на рисунке 2. С учётом интеграции маршрутной сети, выявлено, что в «узких местах» УДС сочетаются потоки троллейбусных и трамвайных маршрутов. Ввиду этого возможно внедрение трамвайно-троллейбусных полос по швейцарскому принципу, с возможностью запуска реверсивного движения по трамвайным путям троллейбусов без отключения от контактной сети [14]. Такие места обозначены серым цветом. Жёлтым цветом обозначено капитальное обособление (с интегрированными платформами и газоном), зелёным – генеральное (с венскими платформами и полусферами), розовым – трамвайно-пешеходные зоны (с возможностью проезда общественного транспорта).

После полного обособления, установки венских платформ и приоритетного проезда трамваев на перекрестках мы получим типологию трамвайных маршрутов, представленную в таблице 4. Количество наиболее популярных диаметральных маршрутов окажется на втором месте в структуре трамвайных перевозок – 22 маршрута, магистральные маршруты выйдут

на первое место – 29, а мало востребованных подвозящих маршрутов останется 15.

Таблица 4 – Типология трамвайных маршрутов

Период Хар-ка	В настоящий момент		После реализации проекта		Прирост
	Кол-во	№№	Кол-во	№№	
Маршруты					
Диаметральные	1 (2,7%)	40	23 (33,3%)	1, 4, 6, 9, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 24, 25, 26, 28, 30, 31, 32, 36, 40, 41, 63, 71	↑2200%
Магистральные	8 (21,6%)	6, 7, 10, 21, 23, 27, 55, 100	30 (43,9%)	2, 3, 5, 7, 8, 10, 11, 17, 20, 21, 22, 23, 27, 29, 33, 34, 35, 37, 38, 39, 42, 43, 44, 46, 49, 50, 51, 53, 55, 67	↑362,5%
Подвозящие	28 (75,7%)	3, 8, 9, 16, 18, 19, 20, 24, 25, 29, 36, 38, 39, 41, 43, 45, 47, 48, 49, 51, 52, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 65	17 (22,7%)	45, 47, 48, 52, 54, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 64, 65, 68, 90, А	↓53,6%
Всего	37		66		

За время вышеописанных изменений возможно подготовить документацию и начать восстановление двух трамвайных депо (ТП-4 им. Смирнова, ТП-6 им. Скороходова), двух ПТО (ТП-2 «Чекуши» и ТП-4 «Рождественская») и ПТМЗ. Основная площадка трамвайного парка №4 может стать совмещённым трамвайно-троллейбусным депо, а на ПТМЗ будет возможным не только проведение КВР, но и строительство новых вагонов – таким образом в городе будет два трамваестроительных предприятия: ПТМЗ и ПК «ТС» на площадке ОЭВРЗ.

Внедрение бескондукторного обслуживания будет происходить на всех подвозящих и магистральных маршрутах. Контролёры будут делать не менее 1 (для подвозящих) или 2 (для магистральных) проверки на рейс. На диаметральных маршрутах кондукторы останутся, однако работать будут в режиме контролёров, и осуществлять – не менее 3 проверки на рейс.

Внедрение беспилотного обслуживания произойдёт поэтапно, начиная с окраинных районов и заканчивая центральными. В порядке приоритета технологии беспилотного управления будут вводиться на следующих маршрутах: 100, 55, 60, 22, 27, 23, 7, 9, 22, 35, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 50, 52, 54, 56, 57, 58, 59, 62, 64, 65, А.

I этап - северный: 100, 55, 22, 47, 48, 58

II этап - южный: 60, 41, 52, 56, 43, 45, 50, 35, 62

III этап - юго-восточный: 27, 23, 7, 54, 59, 65, А

IV этап - северо-восточный: 9, 22, 44, 46, 57, 64

Помимо трамвая интенсивно будет развиваться троллейбус, по похожему принципу – диаметральные, магистральные, подвозящие маршруты. Основные участки УДС, на которые троллейбусные линии вернутся после реализации вышеупомянутых мероприятий, являются: наб. Л. Шмидта, Благовещенский мост, пл. Труда, Старо-Петергофский пр., Курляндская ул. (вместо Рижского пр.), Нарвский пр., Краснопутиловская ул., Морской пр., ул. Бабушкина. На многих ныне недействующих, но существующих линиях возобновится движение троллейбусов – Лесной пр., Чугунная ул., Большой Сампсониевский пр., Гренадёрский мост, Большая Монетная ул., ул. Ленина, Придорожная аллея, Суздальский пр., ул. Гидротехников.

Для повышения эффективности транспортной системы маршрутная сеть будет выстроена коридорно-узловым способом (рис. 3). Данный способ предполагает:

- обеспечение доступности остановочных пунктов в радиусе 5 минут пешей ходьбы до ТПУ;

- восстановление и строительство троллейбусных линий на второстепенных улицах в местах скопления маршрутов (вблизи ТПУ);
- перевод автобусных маршрутов, трасса которых на 70% и выше проходит под контактной сетью, на троллейбус/ТУАХ;
- объединение подвозящих маршрутов в магистральные и диаметральные (маршрут, ранее связывавший определённый район с определённым ТПУ, будет продлён через маршрутные коридоры к другим ТПУ, тем самым соединит диаметрально-противоположные окраинные районы);
- перенос трасс автобусных маршрутов на второстепенные улицы для улучшения доступности отдалённых кварталов. В первую очередь на Васильевском острове, Петроградской стороне, в Центральном и Адмиралтейском районах.

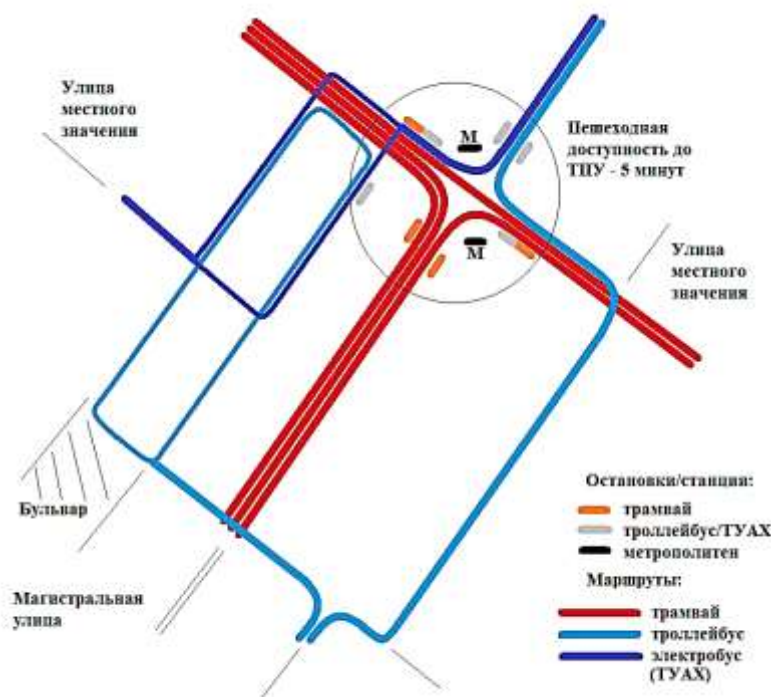


Рисунок 3 – Пример организации маршрутной сети коридорно-узловым способом

Реорганизация системы маршрутов подобным способом потребует немалых капиталовложений. Однако она в долгосрочной перспективе выигрывает у любых альтернативных вариантов развития пассажирского транспорта: электротранспорт, как шинный, так и электрический, получит преимущество и основополагающую роль в городских перевозках. Маршрутная сеть таксомоторного (коммерческого) транспорта будет повторно пересмотрена, и многие уникальные маршруты, ушедшие в прошлое, восстановлены [15]. Итоговые значения по каждому показателю в четкой поэтапной последовательности, представлены в таблице 5.

Результаты и обсуждение

В данной статье были определены и подробно рассмотрены показатели транспортного комплекса городов Ленинграда (1987), Санкт-Петербурга (2022) и Москвы (2022): по объёму перевозок, процентному распределению пассажиров и детальному рассмотрению количества объектов инфраструктуры (по Ленинграду – Санкт-Петербургу). Рассмотрена программа развития электротранспорта Санкт-Петербурга, предложены методы повышения эффективности мероприятий, ею предусмотренных: по приоритизации ОТ, формированию маршрутной сети и выпуска ПС на линию. Также была выработана последовательность действий, по каждой из которых было предложено конкретное решение – карта обособленных различными способами трамвайных линий, типология трамвайных маршрутов и этапы внедрения как

бескондукторного, так и беспилотного обслуживания пассажиров.

Таблица 5 – Поэтапный план по различным видам транспорта с прогнозируемыми показателями повышения/снижения

№, п/п	Виды тр.	Этап	Показатели				
			Объём работ				
1	Тм	Поэтапное восстановление трамвайной инфраструктуры	Линии	Депо	Платф.	Обособ.	Светоф.
			+30%,	+35%	+40%	+20%	+90%
2	Тм	Поэтапное восстановление маршрутной сети Тм	Диаметральные		Магистральные		Подвозящие
			+2200%		+363%		-54%
3	Тб, ТУАХ	Поэтапное строительство троллейбусной инфраструктуры, восстановление м. сети	Линии	Депо	ВП	% МС	Светоф.
			+15%	+30%	+60%	+20%	+70%
4	Тм, Тб, ТУАХ	Восстановление заводов Тм/Тб с функцией производства полного цикла и КВР	Стр-во (ТМ)		КВР (ТМ)	Стр-во (ТБ)	КВР (ТБ)
			+50%		+70%	+50%	+30%
5	ТУАХ ЭНЗ	Перевод автобусной м. сети на второстепенные улицы, частично – на электрическую тягу	Доступ. отд. мкр.		ТУАХ	ЭНЗ	КПГ/СПГ
			+85%		+45%	+65%	-20%
6	Авт. ТУАХ Тб ЭНЗ	Восстановление диаметральных и магистральных маршрутов, объединение подвозящих и формирование ТПУ	Диам.	Магист.	Подвозящие		ТПУ
			+1400%	+240%	-25%		+100%
7	Все	Поэтапное внедрение бескондукторного обслуживания и беспилотного управления	Бескондукторность		Беспилотность (ТМ)		ФОТ
			+80%		+300%		+20%

Выводы

Результаты научного исследования могут быть использованы во многих городах России и мира, где в различные годы, под предлогом неэффективности и вследствие неадекватности органов власти были закрыты предприятия, сокращены маршруты и ликвидирована инфраструктура общественного электротранспорта. Вызванный этими событиями взрывной рост автомобилизации негативно сказывается на здоровье, благополучии и безопасности жителей городов, и, лишь стабильная и главенствующая работа электротранспорта способна изменить многие негативные тенденции, порождённые автомобилизацией, в том числе потерю привлекательности общественного транспорта у некоторых категорий населения в связи с приобретением личных автомобилей. Для этого можно воспользоваться схемами движения электротранспорта, существовавшими ранее, одновременно с этим исследовать последние принятые документы территориального планирования и, следуя предложенной стратегии, сформировать эффективную и доступную транспортную систему города.

Работа выполнена в рамках темы НИР №6С24 при финансовой поддержке гранта СПбГАСУ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исполнительный комитет Ленинградского городского совета народных депутатов. Трамвайно-троллейбусное управление. Приказ от 28.04.1987 №95 «О проведении обследования пассажирских потоков на трамвае и троллейбусе» // Из архива Группы анализа пассажиропотоков СПб ГУП «Горэлектротранс»
2. СПб ГУП «Горэлектротранс»: отчёт о работе предприятия за 2022 год // Из архива Группы анализа пассажиропотоков СПб ГУП «Горэлектротранс»
3. Новиков А.Н., Ерёмин С.В. Методика оценивания пассажиропотоков городской сети общественного транспорта и конкретных параметров маршрутной сети с почасовым объёмом перевозок // Мир транспорта и технологических машин. №4(67). 2019. С. 50-56

4. Рогавичене Л.И., Парамонов С.Б. Сравнение методов анализа пассажиропотока маршрутной сети и остановочных пунктов // Научное обозрение: теория и практика. Т. 1. №5(73). 2020. С. 911-922
5. Ликсутов М.С., Собянин С.С. Транспортный комплекс Москвы. Итоги работы за 2022 год. Издательство Правительства Москвы, 2023.
6. Сохраняя историю, движемся в будущее. Программа развития СПб ГУП «Горэлектротранс». Из отдела перспективного развития СПб ГУП «Горэлектротранс»
7. О внесении изменений в постановление правительства Москвы от 2 сентября 2011 г. № 408-ПП: Постановление правительства Москвы от 28 марта 2017 г. № 143-ПП.
8. Рейтинг по обособлению путей трамвайных систем городов России [Электронный ресурс]. URL: <https://tramlanes.ru/>
9. Донин С.А. Транспортное планирование, или Кто же не любит быстрой езды? // Путевой навигатор. №53. С. 4-17
10. Трамвай, который Петербургу нужен, а Смольному – не очень [Электронный ресурс]. URL: <https://sensaciy.net/tramvaj-kotoroj-peterburgu-nuzhen-a-chinovnikam-smolnogo-neochen/?ysclid=iuszo9jbv1980037657>.
11. Петров Н.С. К итогам обследования пассажиропотоков по новым и старым маршрутам // Ленинградские магистрали. №24. 1989.
12. Бешенцев И.Д. Трамвайная система Санкт-Петербурга: история развития и выделение основных проблем // Гуманитарные науки в современном ВУЗе: вчера, сегодня, завтра: Материалы V международной научной конференции. Т. 2. Санкт-Петербург. 2022.
13. Джулай Д.В. Теория Е как стратегия организационных изменений ОАО «ПТМЗ» // Новая наука: опыт, традиции, инновации. №8-1. 2016. С. 111-114.
14. Красников Г.Е. Швейцария – страна совершенства электротранспорта [Электронный ресурс] / Транспортный глобус. URL: <https://dzen.ru/a/YowfeCFAemkBGZ69>.
15. Бешенцев И.Д., Терентьев А.В. Исследование развития транспортного сообщения между г. Кудрово Ленинградской области и районами Санкт-Петербурга // Проблемы преобразования и регулирования региональных социально-экономических систем. 2023. С. 178-193.

Бешенцев Иван Дмитриевич

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес: 190005, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, 4
Студент бакалавриата
E-mail: ivanbeshentsev@yandex.ru

Белехов Александр Александрович

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес: 190005, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, 4
К.т.н., старший преподаватель кафедры Транспортных систем
E-mail: ibddgasu@gmail.com

I.D. BESHENTSEV, A.A. BELEKHOV

COMPARISON OF URBAN PASSENGER TRANSPORT IN MEGACITIES BASED ON INDICATORS OF DIFFERENT YEARS AND WAYS TO OVERCOME THE CRISIS

Abstract. Various indicators of the transport systems of megalopolises – St. Petersburg and Moscow – are considered. The shortcomings of the existing transport system of St. Petersburg are revealed. The existing program for the development of the electric transport carrier St. Petersburg State Unitary Enterprise «Gorelektrotrans» was also studied. A step-by-step plan for overcoming the crisis based on various methods and practices is proposed: the separation of tram lines and the allocation of lanes for wheeled transport will increase the safety and average speed of transport, the use of the author's corridor-junction method of forming a route network to increase the availability of public transport and reduce individual mobility. The use of the expected results is planned to be expanded in the direction of the development of St. Petersburg, in the future - cities and megacities with negative indicators of the transport system.

Keywords: transport system, transport surveys, passenger transportation, electric transport, light rail tram (LRT), trolleybus, bus

BIBLIOGRAPHY

1. Ispolnitel'nyy komitet Leningradskogo gorodskogo soveta narodnykh deputatov. Tramvayno-trolleybusnoe upravlenie. Prikaz ot 28.04.1987 №95 «O provedenii obsledovaniya passazhirskiykh potokov na tramvae i trolleybuse» // Iz arkhiva Gruppy analiza passazhiropotokov SPb GUP «Gorelektrotrans»
2. SPb GUP «Gorelektrotrans»: otchiot o rabote predpriyatiya za 2022 god // Iz arkhiva Gruppy analiza passazhiropotokov SPb GUP «Gorelektrotrans».
3. Novikov A.N., Eriomin S.V. Metodika otsenivaniya passazhiropotokov gorodskoy seti obshchestvennogo transporta i konkretnykh parametrov marshrutnoy seti s pochasovym ob"iomom perevozk // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. №4(67). 2019. S. 50-56
4. Rogavichene L.I., Paramonov S.B. Sravnenie metodov analiza passazhiropotoka marshrutnoy seti i ostanovochnykh punktov // Nauchnoe obozrenie: teoriya i praktika. T. 1. №5(73). 2020. S. 911-922
5. Liksutov M.S., Sobyanyin S.S. Transportnyy kompleks Moskvy. Itogi raboty za 2022 god. Izdatel'stvo Pravitel'stva Moskvy, 2023.
6. Sokhranyaya istoriyu, dvizhemsya v budushchee. Programma razvitiya SPb GUP «Gorelektrotrans». Iz ot-dela perspektivnogo razvitiya SPb GUP «Gorelektrotrans»
7. O vnesenie izmeneniy v postanovlenie pravitel'stva Moskvy ot 2 sentyabrya 2011 g. №408-PP: Po-stanovlenie pravitel'stva Moskvy ot 28 marta 2017 g. №143-PP.
8. Reyting po obosobleniyu putey tramvaynykh sistem gorodov Rossii [Elektronnyy resurs]. URL: <https://tramlanes.ru/>
9. Donin S.A. Transportnoe planirovanie, ili Kto zhe ne lyubit bystroy ezdy? // Putevoy navigator. №53. S. 4-17
10. Tramvay, kotoryy Peterburgu nuzhen, a Smol'nomu - ne ochen' [Elektronnyy resurs]. URL: <https://sensaciy.net/tramvaj-kotoroj-peterburgu-nuzhen-a-chinovnikam-smolnogo-neochen/?ysclid=luszo9jbv1980037657>.
11. Petrov N.S. K itogam obsledovaniya passazhiropotokov po novym i starym marshrutam // Leningradskie magistrali. №24. 1989.
12. Beshentsev I.D. Tramvaynaya sistema Sankt-Peterburga: istoriya razvitiya i vydelenie osnovnykh problem // Gumanitarnye nauki v sovremennom VUZE: vchera, segodnya, zavtra: Materialy V mezhdunarodnoy nauchnoy kon-ferentsii. T. 2. Sankt-Peterburg. 2022.
13. Dzhulay D.V. Teoriya E kak strategiya organizatsionnykh izmeneniy OAO «PTMZ» // Novaya nauka: opyt, traditsii, innovatsii. №8-1. 2016. S. 111-114.
14. Krasnikov G.E. SHveysariya - strana sovershenstva elektrotransporta [Elektronnyy resurs] / Transportnyy globus. URL: <https://dzen.ru/a/YowfeCFAemkBGZ69>.
15. Beshentsev I.D., Terent'ev A.V. Issledovanie razvitiya transportnogo soobshcheniya mezhdru g. Kudrovo Leningradskoy oblasti i rayonami Sankt-Peterburga // Problemy preobrazovaniya i regulirovaniya regional'nykh sotsial'no-ekonomicheskikh sistem. 2023. S. 178-193.

Beshentsev Ivan Dmitrievich

St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
Address: 190005, Russia, St. Petersburg, st. 2nd Krasnoarmeyskaya, 4
Undergraduate student
Email: ivanbeshentsev@yandex.ru

Belekhov Alexander Alexandrovich

St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
Address: 190005, Russia, St. Petersburg, st. 2nd Krasnoarmeyskaya, 4
Ph.D., senior lecturer, Department of Transport Systems
Email: ibddgasu@gmail.com

Научная статья

УДК 656.072

doi: 10.33979/2073-7432-2024-3-3(86)-14-21

В.В. ЗЫРЯНОВ, Т.А. ВЕТРОВА

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ДИНАМИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ МАРШРУТАМИ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА

***Аннотация.** Цель исследования: разработка методики динамического управления маршрутами общественного транспорта. В работе использованы такие методы как обобщение, классификация и формализация, а также эвристические методы научного исследования. Авторами разработана классификация типов взаимосвязей подмаршрутов, на основании которой выработаны рекомендации по принятию решения о целесообразности перестройки маршрута в режиме реального времени. Большое внимание в данном исследовании уделено формированию понятийного аппарата динамического управления маршрутами общественного транспорта. Полученные результаты исследования являются единственными в своем роде. Предложенные авторами решения носят универсальный характер и могут применяться для сетей с различными параметрами.*

***Ключевые слова:** динамический маршрут, общественный транспорт, оперативная маршрутизация*

Введение

В современном мире городской пассажирский транспорт играет важную роль в обеспечении мобильности и повышении качества жизни населения. Однако, традиционные методы управления транспортными сетями имеют ряд недостатков. Они не способны обеспечить достаточную гибкость и оперативную реакцию на изменение спроса. Динамическое управление сетью городского пассажирского транспорта позволяет преодолеть эти проблемы и обеспечить оптимальное функционирование транспортной системы в соответствии с текущим спросом [1, 2].

Большая часть исследований в области динамического управления общественным транспортом посвящена вопросам изменения условий работы маршрута по характерным периодам, созданию алгоритмов и архитектуры приложений для контроля за работой транспортной сети, совершенствованию методов идентификации местоположения и времени движения маршрутных транспортных средств и оперативному информированию участников движения о состоянии транспортной сети.

Многие ученые говорят о необходимости внедрения динамического управления маршрутами общественного транспорта, указывая на возможность нечеткого закрепления ТС (транспортных средств) за маршрутами (Елисеев М.Е., Липенков А.В., Маслова О. А., Егорова В.С., Андреев К.П., Терентьев В.В) [3-5]. Но, в настоящее время динамическое управление маршрутами общественного транспорта в основном рассматривается с точки зрения построения отдельных маршрутов и оперативного управления существующей стационарной сетью.

В последнее время широкое распространение получили эвристические и мета эвристические методы решения транспортных задач. В вопросе динамического управления пассажирскими перевозками наиболее часто авторы используют генетические алгоритмы, муравьиные алгоритмы и методы роя [4-9].

Однако, сложность разработки и внедрения подобных алгоритмов, а также использование случайных процессов для генерации новых решений, приводящее к застреванию в локальных оптимумах и снижению эффективности поиска глобального оптимума, заставляют искать новые пути решения задач оперативной маршрутизации.

Анализ отечественной и зарубежной литературы позволяет сделать вывод о том, что на данный момент не существует исследования, которое содержит разработки для осуществления динамического управления маршрутной транспортной сетью с учетом постоянно изменяющегося спроса и возможностью как перестройки маршрутов, так и формирования полностью динамических маршрутов.

В предыдущих работах авторы предложили концепцию динамического управления общественным транспортом, основанную на анализе входящих заявок от пассажиров в режиме реального времени, что позволит эффективно распределить подвижной состав по сети и организовать его надлежащую работу в соответствии с реальным спросом [10, 11]. Также ранее введены понятия «подгруппа» и «подмаршрут», позволяющие рассматривать сеть городского пассажирского транспорта как совокупность однородных элементов [12].

Данное исследование посвящено разработке методики динамического управления маршрутами общественного транспорта, предполагающей два варианта удовлетворения спроса: подвоз пассажиров путем перестроения маршрута и построение полностью динамического маршрута.

Материал и методы

Цель исследования: разработка методики динамического управления маршрутами общественного транспорта.

Задачи:

- 1) формализация теоретических основ динамического управления маршрутами общественного транспорта;
- 2) разработка классификации типов связей подмаршрутов;
- 3) установление критериев принятия решения о подвозе пассажиров.

С целью уточнения и преобразования в знаковую форму предложенных авторами теоретических основ динамического управления общественным транспортом применен метод формализации.

Методы обобщение и классификация использованы для определения типов взаимосвязей подмаршрутов и возможности их объединения в один динамический маршрут.

Также в работе использованы эвристические методы научного исследования. Необходимость их применения продиктована отсутствием четкого описания предмета изучения. Данные методы основаны на профессиональном опыте и творческом мышлении авторов исследования.

Теория / Расчет

Среди наиболее распространенных методов динамического управления – организация движения транспорта по оперативному интервалу в случае изменения условий работы на маршруте. В данном случае мы можем говорить о динамическом управлении существующей стационарной сетью. В своих исследованиях под динамическим управлением пассажирскими перевозками подразумеваем как принятие оперативных решений по управлению существующей стационарной сетью, так и выработку решений по формированию динамических маршрутов (сети).

Динамическое управление маршрутами общественного транспорта предлагаем производить двумя способами:

- 1) организация подвоза пассажиров автобусом с альтернативного маршрута (перестроение маршрута);
- 2) формирование полностью динамического маршрута.

Первый способ позволит удовлетворить спрос разрозненных подгрупп пассажиров, не имеющих между собой связей. Он более простой в организации, не требует выделения дополнительного подвижного состава и имеет широкий круг применения.

Динамический маршрут призван удовлетворить спрос пассажиров, для которых фактическое время ожидания как рейсового, так и альтернативного автобуса превысит допустимую норму.

Таким образом, обобщенная методика управления маршрутами общественного транспорта с учетом динамического спроса на перевозку состоит из следующих этапов:

- 1) поступление заявок от пассажиров в формате «точка отправления» – «точка назначения»;
- 2) преобразование воздушных подмаршрутов в подмаршруты по транспортной сети;
- 3) поиск маршрутов, способных обслужить поступившие заявки;
- 4) определение времени ожидания следующего рейсового автобуса для каждой подгруппы;
- 5) проверка соответствия фактического времени ожидания рейсового автобуса нормативному;
- 6) исключение из системы подгрупп, которые воспользуются рейсовым автобусом;
- 7) рассмотрение возможности подвоза пассажиров автобусом с альтернативного маршрута:
 - поиск альтернативных маршрутов для каждой подгруппы;
 - определение времени ожидания следующего автобуса с альтернативного маршрута для каждой подгруппы;
 - проверка соответствия условиям подвоза;
 - отправка автобуса с альтернативного маршрута для подвоза.
- 8) исключение из системы заявок пассажиров, которых перевезет автобус с альтернативного маршрута;
- 9) определение целесообразности выделения дополнительного автобуса:
 - определение типов связей оставшихся пар подмаршрутов;
 - формирование возможных динамических маршрутов;
 - проверка целесообразности отправки автобуса по времени;
 - проверка целесообразности отправки автобуса по наполненности.

В данном исследовании рассмотрим подробнее этап 7, описывающий процесс принятия решения об организации подвоза пассажиров.

В методике используется предложенное авторами понятие «альтернативный маршрут». Маршруты являются альтернативными, если имеют хотя бы один участок подвоза.

Участок подвоза – участок маршрута, на котором осуществляется или целесообразно осуществлять подвоз пассажиров автобусом с другого маршрута.

Участки подвоза определяются заранее на этапе оценки целесообразности внедрения системы динамического управления маршрутами общественного транспорта в конкретном городе. Важным условием организации подвоза является возможность его осуществления с точки зрения организации дорожного движения на рассматриваемом участке (так же определяется заранее).

Проверка соответствия условиям подвоза предполагает расчет дополнительного времени, затрачиваемого альтернативным автобусом для подвоза пассажиров и сравнение его с нормативным значением. Фактическое дополнительное время предлагаем определять по формуле:

$$t_{\text{доп}}^{\text{ф}} = \frac{l_{\text{доп}}}{V_{\text{т}}} + t_{\text{пос}} \leq t_{\text{доп}}^{\text{норм}}, \text{ ч.}, \quad (1)$$

где $l_{\text{доп}}$ – дополнительный пробег автобуса, км;

$V_{\text{т}}$ – техническая скорость движения автобуса, км/ч;

$t_{\text{пос}}$ – время посадки пассажиров на ОП, не входящем в маршрут, ч;

$t_{\text{доп}}^{\text{норм}}$ – нормативное дополнительное время движения автобуса, ч.

Нормативное дополнительное время целесообразно устанавливать в зависимости от параметров каждой конкретной транспортной сети или даже отдельных маршрутов. Подроб-

нее данный показатель будет рассмотрен в последующих работах.

Дополнительный пробег предлагаем определять по следующей формуле:

$$l_{\text{доп}} = l_{\text{немарш}} - l_{\text{с-з}}, \text{ км.}, \quad (2)$$

где $l_{\text{немарш}}$ – пробег автобуса за пределами маршрута с целью подвоза пассажиров, км;

$l_{\text{с-з}}$ – пробег автобуса, который был бы осуществлен от точки съезда до точки заезда при движении по маршруту (без подвоза пассажиров), км.

Точка съезда – точка изменения установленного маршрута с целью подвоза пассажиров с остановочного пункта (ОП), не входящего в данный маршрут.

Точка заезда – точка возвращения на маршрут после совершения немаршрутного пробега.

Немаршрутный пробег – пробег рейсового автобуса за пределами маршрута с целью подвоза пассажиров с ОП, не входящего в его маршрут.

Точки съезда-заезда также определяются на этапе планирования внедрения динамического управления.

Обязательным условием совершения подвоза является прохождение рейсовым автобусом всех остановочных пунктов собственного маршрута. Также, для каждого конкретного случая будет производиться расчет и сравнение потерь пассажирочасов при ожидании рейсового автобуса (для подгруппы подвоза) и дополнительных пассажирочасов, затрачиваемых пассажирами, находящимися в автобусе в случае совершения подвоза.

На основании анализа возможных вариантов взаимного пространственного расположения подмаршрутов авторы предлагают классификацию типов взаимосвязей пар подмаршрутов, представленную в таблице 1. Каждый тип связи рассмотрен с точки зрения возможности осуществления подвоза и построения полностью динамического маршрута, что отражено символом «/».

Все подмаршруты разделены на 3 группы:

- 1) могут быть частью одного маршрута, возможен подвоз/Включаются в один динамический маршрут;
- 2) подвоз нецелесообразен/Не включаются в один динамический маршрут;
- 3) возможен подвоз/включаются в один динамический маршрут при определенных условиях.

Вторая группа имеет однозначную ярко выраженную логику, по которой подвоз нецелесообразен и два подмаршрута не объединяются в один маршрут. Рассмотрим более подробно первую и третью группы.

Подмаршруты первой группы могут уже находиться в составе одного маршрута. В таком случае, на этапе 6 предложенной методики, система исключит подгруппу, следующую по данному подмаршруту, как обслуженную рейсовым автобусом. В случае, если путь следования, рассматриваемой для подвоза подгруппы выходит за пределы маршрута – оценивается целесообразность осуществления подвоза по приведенным выше критериям.

Подмаршруты третьей группы могут рассматриваться для подвоза/включаться в один динамический маршрут при определенных условиях. Основным критерием принятия решения о подвозе станет дополнительный пробег автобуса и, соответственно, дополнительное время, затрачиваемое на подвоз пассажиров.

В таблице 1 приведена разработанная авторами классификация типов связей подмаршрутов. Целесообразность осуществления подвоза/возможность включения подмаршрутов в один динамический маршрут в данном случае оценивается с точки зрения взаимного пространственного расположения подмаршрутов. Рациональность подвоза/объединения в маршрут по другим критериям будет рассмотрена в следующих работах авторов.

Вертикальной штриховой линией в таблице отмечена линия прибытия, горизонтальной-разрыв, штриховой областью-общий участок движения.

Линия прибытия – условная линия, проведенная через остановочный пункт прибытия автобуса (подгруппы) перпендикулярно линии движения до данного пункта.

Разработка методики построения динамических маршрутов на основании разработанной классификации типов связей подмаршрутов планируется авторами в следующих работах.

Таблица 1 – Классификация типов взаимосвязей подмаршрутов.

№	Название	Изображение	Описание
1	2	3	4
Могут быть частью одного маршрута, возможен подвоз/Включаются в один динамический маршрут			
1	Однонаправленные с общим начальным участком		ОП отправления и часть пути следования совпадают. ОП прибытия второй подгруппы является промежуточной точкой маршрута первой подгруппы.
2	Последовательные		ОП прибытия первой подгруппы совпадает с пунктом отправления второй подгруппы. Маршрут движения в одном направлении следования автобуса.
3	Однонаправленные с общим конечным участком		Разные ОП отправления, один ОП прибытия. Пункт отправления второй подгруппы является промежуточной точкой маршрута первой подгруппы. Общий конечный участок пути следования.
4	Однонаправленные с общим промежуточным участком		Начинаются и заканчиваются в разных ОП, но имеют общий промежуточный участок. Пункт отправления второй подгруппы является промежуточной точкой маршрута первой подгруппы.
Подвоз нецелесообразен/Не включаются в один динамический маршрут			
5	Противоположно направленные		ОП отправления первой подгруппы является пунктом прибытия второй подгруппы и наоборот.
			ОП отправления и ОП прибытия не совпадают. Направление движения второй подгруппы противоположно первой.
			ОП отправления и ОП прибытия не совпадают. ОП отправления первой подгруппы является пунктом прибытия второй. Движение второй подгруппы противоположно первой.
6	Противоположно направленные расходящиеся		Имеют один ОП отправления и разные ОП прибытия, расположенные противоположно по ходу следования автобуса.
7	Противоположно направленные сходящиеся		Разные ОП отправления, один пункт прибытия. Подгруппы двигаются на встречу друг другу.
8	Несвязанные		ОП отправления и ОП прибытия не совпадают. Нет общего участка и общих точек.
Возможен подвоз/включаются в один динамический маршрут при определенных условиях			
9	Последовательные с разрывом		Разные ОП отправления и прибытия. ОП отправления второй подгруппы находится на расстоянии от ОП прибытия первой по ходу следования автобуса.
10	Последовательные со смещением		Разные ОП отправления и прибытия. Пункт отправления второй подгруппы находится на линии прибытия первой или после нее по ходу следования автобуса.
			Разные ОП отправления и прибытия. Пункт отправления второй подгруппы располагается до линии прибытия первой, но находится в допустимом радиусе от него.

1	2	3	4
11	Пересекающиеся		Разные ОП отправления и ОП прибытия. Имеют общую точку, промежуточную для обеих подгрупп.
12	Разнонаправленные		Один ОП отправления, разные ОП прибытия. Общего участка нет.
13	Сходящиеся		Разные ОП отправления, один ОП прибытия. Общего участка нет.
14	Пересекающиеся сходящиеся		ОП отправления и ОП прибытия не совпадают. Пункт отправления второй подгруппы является промежуточной точкой следования первой.
15	Пересекающиеся сходящиеся		ОП отправления и ОП прибытия не совпадают. Пункт прибытия второй подгруппы является промежуточной точкой следования первой.
16	Разнонаправленные с общим начальным участком		Имеют общий ОП отправления, общий начальный участок. ОП прибытия отличаются.
17	Разнонаправленные с общим промежуточным участком		Имеют разные ОП отправления, общий промежуточный участок. ОП прибытия отличаются.
18	Сходящиеся с общим конечным участком		Имеют разные ОП отправления, общий конечный участок. ОП прибытия совпадают.
19	Параллельные однонаправленные		Разные ОП отправления и ОП прибытия. Маршрут следования подгрупп проходит по разным улицам, расположенным параллельно.
20	Параллельные противоположно направленные		Разные ОП отправления и ОП прибытия. Маршрут следования подгрупп проходит по разным улицам, расположенным параллельно в противоположном направлении.

Источник: составлено авторами. Примечание: ОП–остановочный пункт.

Результаты и обсуждение

Полученные автором результаты исследования относятся к мало разработанной области. Как отмечено выше, в вопросе динамического управления маршрутами общественного транспорта ранее не рассматривалась возможность учета фактического спроса на перевозку в режиме реального времени.

Ранее авторами разработан алгоритм принятия решений, ориентированный на одну подгруппу пассажиров, следующих по одному подмаршруту [13].

В данном исследовании разработана методика динамического управления общественным транспортом для всей городской сети.

Выводы

В ходе исследования разработана методика динамического управления маршрутами общественного транспорта, что соответствует поставленной цели.

Практическая значимость работы. Результаты исследования могут быть использованы для оперативной маршрутизации городского пассажирского транспорта в сетях различной конфигурации. Предложенные решения применимы для городов любой размерности. Внед-

рение методики позволит повысить качество транспортного обслуживания пассажиров за счет снижения времени ожидания маршрутного транспорта.

В дальнейшем планируется разработка норматива дополнительного времени, затрачиваемого рейсовым автобусом на подвоз пассажиров, а также методики построения динамических маршрутов на основании разработанной классификации типов связей подмаршрутов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев К.П., Терентьев В.В. Пассажирские перевозки и оптимизация городской маршрутной сети // Мир транспорта. 2017. Т. 15. №6(73). С. 156-161. EDN YTBSJO.
2. Сорокин А.А. Моделирование городской транспортной сети // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2017. №6(63). С. 154-159. EDN YSPFFL.
3. Липенков А.В., Маслова О.А., Елисеев М.Е. Моделирование пассажирского автобусного маршрута в Anylogic // Имитационное моделирование. Теория и практика. ИММОД-2011. Том 1. Санкт-Петербург: ОАО «Центр технологии и судостроения». 2011. С. 137-141. EDN DNOXGY.
4. Маслеев А.И., Кулязин А.Д., Каретникова М.П., Липенков А.В. Оценка эффективности метода муравьиной колонии для решения задачи маршрутизации транспорта // Мир транспорта и технологических машин. 2022. №3-3(78). С. 92-104. DOI 10.33979/2073-7432-2022-3(78)-3-92-104. EDN KGZEZI.
5. Кубил В.Н., Мохов В.А. Многоколонийный муравьиный алгоритм с модификациями для решения многокритериальных задач маршрутизации транспорта // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2018. Т. 61. №6. С. 94-101. DOI 10.17213/0136-3360-2018-6-94-101. EDN VNXSQT.
6. Маслеев А.И., Кулязин А.Д., Липенков А.В., Каретникова М.П. Использование алгоритма «пчелиной колонии» для решения задачи маршрутизации транспорта // Логистический аудит транспорта и цепей поставок: материалы IV Международной научно-практической конференции. В 2-х томах. Тюмень: Тюменский индустриальный университет. 2021. С. 300-309. EDN SNHSCV.
7. Мартынова Ю.А., Мартынов Я.А. Формализация задачи организации маршрутных сетей городского пассажирского транспорта // Интернет-журнал Науковедение. 2014. №6(25). С. 121. EDN TTHLDF.
8. Багров Н.С., Денисов Д.В., Голембиовский Д.Ю. Математическая модель распределения заказов на пассажирские перевозки // Моделирование коэволюции природы и общества: проблемы и опыт. К 100-летию со дня рождения академика Н.Н. Моисеева (МОИСЕЕВ-100): труды Всероссийской научной конференции. Москва: Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук, 2017. С. 191-201. EDN YRVYQK.
9. Ветрова Т.А. Социально-экономический проект «Динамическое управление городским пассажирским транспортом» // Менеджмент: теория и практика. 2021. №1-2. С. 101-106. EDN TDKXPC.
10. Ветрова Т.А. Преимущества введения динамического управления общественным транспортом // Инновационный транспорт. 2022. №4(46). С. 14-16. DOI 10.20291/2311-164X-2022-4-14-16. EDN RZYJQZ.
11. Зырянов В.В., Ветрова Т.А. Коэффициент эталонности пространственно-геометрических характеристик маршрута // Мир транспорта и технологических машин. 2022. №2(77). С. 46-53. DOI 10.33979/2073-7432-2022-77-2-46-53. EDN IUFVXU.
12. Ветрова Т.А. Динамическое управление сетью городского пассажирского транспорта // Мир транспорта и технологических машин. 2023. №3-3(82). С. 54-60. DOI 10.33979/2073-7432-2023-3-3(82)-54-60. EDN RLWWQG.
13. Караева М.Р., Напхоненко Н.В., Солодовченко И.Ю. Построение модели организации пассажирских перевозок в городских агломерациях // Вестник Южно-Российского государственного технического университета (НПИ). Серия: Социально-экономические науки. 2022. Т. 15. №5. С. 147-158. DOI 10.17213/2075-2067-2022-5-147-158. EDN MNTPGU.
14. Прабхакар Д., Пунам Д. Моделирование работы современных систем диспетчерского управления городским пассажирским транспортом // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. 2017. №3. С. 56-59. EDN YGYBDB.

Зырянов Владимир Васильевич

Донской государственный технический университет

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

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

E-mail: opdrgsu@mail.ru

Ветрова Татьяна Алексеевна

Донской государственный технический университет

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

Аспирант, E-mail: vedmatanka@mail.ru

V.V. ZYRYANOV, T.A. VETROVA

THEORETICAL FOUNDATIONS OF DYNAMIC MANAGEMENT OF PUBLIC TRANSPORT ROUTES

Abstract. *The purpose of the study: to develop a methodology for dynamic management of public transport routes. The work uses such methods as generalization, classification and formalization, as well as heuristic methods of scientific research. The authors have developed a classification of the types of interconnections of sub-routes, on the basis of which recommendations have been developed for making a decision on the expediency of real-time route realignment. Much attention in this study is paid to the formation of the conceptual apparatus of dynamic management of public transport routes. The results of the study are the only ones of their kind. The solutions proposed by the authors are universal and can be applied to networks with different parameters.*

Keywords: *dynamic route, public transport, operational routing*

BIBLIOGRAPHY

1. Andreev K.P., Terent'ev V.V. Passazhirskie perevozki i optimizatsiya gorodskoy marshrutnoy seti // Mir transporta. 2017. T. 15. №6(73). S. 156-161. EDN YTBSJO.
2. Sorokin A.A. Modelirovanie gorodskoy transportnoy seti // Vestnik Severo-Kavkazskogo federal'nogo universiteta. 2017. №6(63). S. 154-159. EDN YSPFFL.
3. Lipenkov A.V., Maslova O.A., Eliseev M.E. Modelirovanie passazhirskogo avtobusnogo marshruta v Anylogic // Imitatsionnoe modelirovanie. Teoriya i praktika. IMMOD-2011. Tom 1. Sankt-Peterburg: OAO «Tsentr tekhnologii i sudostroeniya». 2011. S. 137-141. EDN DNOXGY.
4. Masleev A.I., Kulyazin A.D., Karetnikova M.P., Lipenkov A.V. Otsenka effektivnosti metoda murav'iny kolonii dlya resheniya zadachi marshrutizatsii transporta // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2022. №3-3(78). S. 92-104. DOI 10.33979/2073-7432-2022-3(78)-3-92-104. EDN KGZEZI.
5. Kubil V.N., Mokhov V.A. Mnogokolonial'nyy murav'inyy algoritm s modifikatsiyami dlya resheniya mnogokriterial'nykh zadach marshrutizatsii transporta // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Elektromekhanika. 2018. T. 61. №6. S. 94-101. DOI 10.17213/0136-3360-2018-6-94-101. EDN VNXSQT.
6. Masleev A.I., Kulyazin A.D., Lipenkov A.V., Karetnikova M.P. Ispol'zovanie algoritma «pchelinoy kolonii» dlya resheniya zadachi marshrutizatsii transporta // Logisticheskyy audit transporta i tsepey postavok: materialy IV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. V 2-kh tomakh. Tyumen': Tyumenskiy industrial'nyy universitet. 2021. S. 300-309. EDN SNHSCV.
7. Martynova YU.A., Martynov YA.A. Formalizatsiya zadachi organizatsii marshrutnykh setey gorodskogo passazhirskogo transporta // Internet-zhurnal Naukovedenie. 2014. №6(25). S. 121. EDN TTHLDF.
8. Bagrov N.S., Denisov D.V., Golembiovskiy D.YU. Matematicheskaya model' raspredeleniya zakazov na passazhirskie perevozki // Modelirovanie koevol'yutsii prirody i obshchestva: problemy i opyt. K 100-letiyu so dnya rozhdeniya akademika N.N. Moiseeva (MOISEEV-100): trudy Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii. Moskva: Federal'nyy issledovatel'skiy tsentr «Informatika i upravlenie» Rossiyskoy akademii nauk, 2017. S. 191-201. EDN YRVYQK.
9. Vetrova T.A. Sotsial'no-ekonomicheskyy proekt «Dinamicheskoe upravlenie gorodskim passazhirskim transportom» // Menedzhment: teoriya i praktika. 2021. №1-2. S. 101-106. EDN TDKXPC.
10. Vetrova T.A. Preimushchestva vvedeniya dinamicheskogo upravleniya obshchestvennym transportom // Innovatsionnyy transport. 2022. №4(46). S. 14-16. DOI 10.20291/2311-164X-2022-4-14-16. EDN RZYJQZ.
11. Zyryanov V.V., Vetrova T.A. Koeffitsient etalonosti prostranstvenno-geometricheskikh kharakteristik marshruta // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2022. №2(77). S. 46-53. DOI 10.33979/2073-7432-2022-77-2-46-53. EDN IUFVXU.
12. Vetrova T.A. Dinamicheskoe upravlenie set'yu gorodskogo passazhirskogo transporta // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2023. №3-3(82). S. 54-60. DOI 10.33979/2073-7432-2023-3-3(82)-54-60. EDN RLWWQG.
13. Karaeva M.R., Napkhonenko N.V., Solodovchenko I.YU. Postroenie modeli organizatsii passazhirskikh perevozok v gorodskikh aglomeratsiyakh // Vestnik YUzhno-Rossiyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (NPI). Seriya: Sotsial'no-ekonomicheskie nauki. 2022. T. 15. №5. S. 147-158. DOI 10.17213/2075-2067-2022-5-147-158. EDN MNTPGU.
14. Prabhakar D., Punam D. Modelirovanie raboty sovremennykh sistem dispetcherskogo upravleniya gorodskim passazhirskim transportom // Transport: nauka, tekhnika, upravlenie. Nauchnyy informatsionnyy sbornik. 2017. №3. S. 56-59. EDN YGYBDB.

Zyryanov Vladimir Vasilevich

Don State Technical University

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

Doctor of technical sciences

E-mail: opdrgsu@mail.ru

Vetrova Tatiana Alekseevna

Don State Technical University

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

Postgraduate student

E-mail: vedmatanka@mail.ru

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ ПЕРЕВОЗОК

Научная статья

УДК 656.073.436

doi: 10.33979/2073-7432-2024-3-3(86)-22-27

Я.Д. ГОНЧАРОВА

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕВОЗКИ ТОПЛИВА
МОБИЛЬНЫМИ АЗС

Аннотация. В статье приводится статистика количества дорожно-транспортных происшествий с опасными грузами на автомобильных дорогах России, а также рассматривается динамика количества грузовых автомобилей, предназначенных для перевозки опасных грузов и крупногабаритных и тяжеловесных грузов. Описывается зарубежный опыт регулирования деятельности мобильных автозаправщиков.

Ключевые слова: автомобильный транспорт, каршеринг, заправка автомобилей, мобильные автозаправочные станции, перевозка опасных грузов, перевозка топлива

Введение

Растущее высокими темпами количество автотранспортных средств в городах России приводит к увеличению загруженности улично-дорожной сети. Так, повышается число заторов, дорожно-транспортных происшествий, возникает нехватка парковочных мест. При этом проблема поиска места стоянки для личного транспорта особенно остро ощущается в крупных городах [1]. Ввиду этого все больше количество пользователей привлекает каршеринг, как альтернативный способ передвижения.

Согласно аналитическому исследованию группы компаний Б1 Москва и Санкт-Петербург входят в число мировых городов-лидеров по уровню проникновения услуг каршеринга на тысячу населения [2]. Количество транспортных средств каршеринга на 1000 населения по итогам 2022 года представлен на рисунке 1.

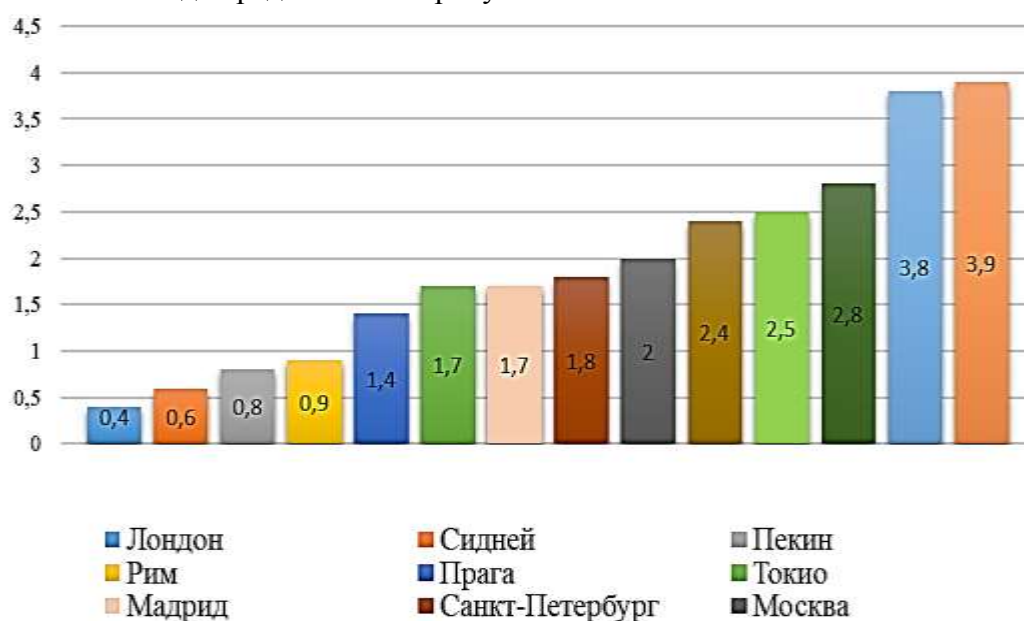


Рисунок 1 – Количество транспортных средств каршеринга, шт. на 1 тыс. чел

Каршеринг представляет собой систему краткосрочной аренды автомобилей с поминутной или посуточной оплатой [3]. Основная концепция каршеринга состоит в том, что пользователь сервиса платит только за время пользования автомобилем [4]. При этом не используются специальные пункты аренды [5]. Транспортные средства располагаются на

обычных парковках в разных точках города, что позволяет пользователю данного сервиса взять автомобиль и оставить его, в удобном для себя месте и в удобное время [6].

Одной из проблем, с которой сталкивается сервис каршеринга, является заправка автомобилей. Для этого в организациях, предоставляющих услуги каршеринга, существует два способа заправки автомобилей. Первый подразумевает под собой осуществление заправки пользователем самостоятельно на автозаправочной станции (далее – АЗС), при этом оплата компенсируется сервисом, путем перевода средств на его счет. Второй способ подразумевает возможность заправки каршерингового автомобиля при помощи мобильных автозаправщиков.

Мобильные автозаправщики обслуживают автомобили, мототехнику, спецтехнику. Как правило, это легковые автомобили с однообъемным кузовом, в отсеке для перевозки грузов которых установлена дополнительная емкость для топлива и топливозаправочная аппаратура.

Материал и методы

Анализ международного опыта по регламентации деятельности мобильных автозаправщиков является методологической основой для проведения исследования. Целью данного исследования является изучение существующих подходов по регулированию эксплуатации таких автозаправщиков (требования к техническому состоянию оборудования и квалификации обслуживающего персонала).

Теория / Расчет

Спрос на услуги каршеринга продолжает расти. При этом услуги мобильных автозаправщиков представляют собой существенную опасность так как, в случае возникновения дорожно-транспортного происшествия, возможен разлив топлива с последующим возгоранием [7].

Особенно остро эта ситуация обстоит ввиду отсутствия требований, в Европейском соглашении о международной дорожной перевозке опасных грузов (ДОПОГ) при перевозке бензина в объемах, не превышающих 333 л. Так, в ДОПОГ не предусмотрено оформление свидетельства о допуске транспортных средств к перевозке опасных грузов, так как при таком объеме перевозимого топлива такие сервисы не приравниваются к перевозчикам опасных грузов. Более того, отсутствует какой-либо регламент, регулирующий оборудование таких автозаправщиков: несмотря на существенное изменение их конструкции, влияющее на безопасность, оценки в формате технической экспертизы не выполняется [8]. Также отсутствуют требования, регламентирующие процесс транспортировки и непосредственной заправки. Помимо этого, отсутствуют нормативные акты, регламентирующие квалификацию водителей мобильных заправщиков.

Необходимо отметить, что аварийные ситуации при перевозке опасных грузов могут повлечь за собой загрязнение окружающей среды и территорий [9]. Для обеспечения экологической безопасности при перевозке опасных грузов необходимо соблюдать правила и требования, оборудовать подвижной состав, подготовить персонал, разработать маршрутную карту [10]. В случае нарушений грузоперевозчики несут материальную ответственность в виде штрафов, размер которых несравним с размерами экологического ущерба и нанесенного вреда окружающей среде при возникновении ДТП с участием транспортного средства, перевозящего топливо [11].

По данным об аварийности, количество дорожно-транспортных происшествий с транспортными средствами, осуществляющими перевозку опасных грузов, на автомобильных дорогах России продолжает расти с каждым годом. Так, если в 2020 году было отмечено всего 14 таких случаев, то в 2021 году – уже 34 (рост на 142 %). Наибольшее количество аварий произошло в Приволжском федеральном округе (14 случаев), далее по количеству зарегистрированных таких случаев следует Центральный федеральный округ (8 случаев), в Южном 6 случаев, в Северо-Западном и Уральском зарегистрировано по 5 таких случаев, замыкают список Дальневосточный и Сибирский федеральные округа, в каждом из которых зарегистрировано 3 ДТП [12].

Основными причинами возникновения дорожно-транспортных происшествий, связанных с перевозкой опасных грузов, стали лобовое или попутное столкновение (17 инцидентов). Более 50 % случаев произошло с участием трех и более транспортных средств (7

множественных аварий) и сопровождалось опрокидыванием, возгоранием или разливом груза (6 случаев).

Одновременно с этим необходимо отметить, что количество мобильных автозаправщиков растет, в то время как количество грузовых автомобилей, предназначенных и оборудованных исключительно для перевозки опасных грузов сохраняет тенденцию к снижению. Динамика количества грузовых автомобилей, предназначенных для перевозки опасных грузов представлена на рисунке 2.

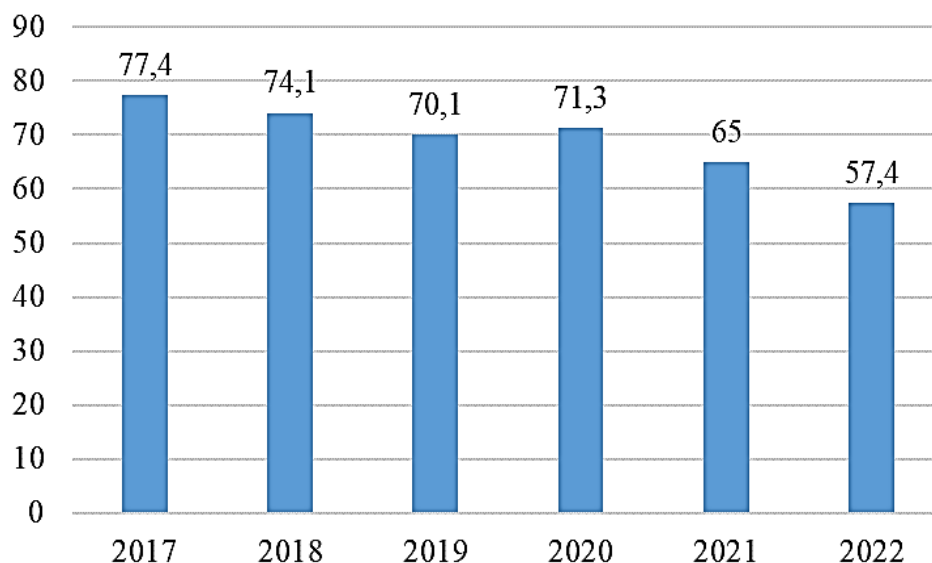


Рисунок 2 - Динамика количества грузовых автомобилей, предназначенных для перевозки опасных грузов и крупногабаритных и тяжеловесных грузов, тыс

Стоит отметить, что Техническим регламентом Таможенного союза 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств» (ТР ТС 018/2011) отмечается необходимость регистрации изменений, вносимых в конструкцию транспортных средств, оказывающих влияние на безопасность [13]. При этом, дооснащение ТС, для использования их в качестве мобильных автозаправщиков, оказывает существенное влияние на безопасность, но не оценивается аккредитованными испытательными лабораториями. Ввиду этого возникает необходимости установления четких требований к конструкции и оборудованию мобильных АЗС.

К одним из важнейших путей совершенствования безопасности эксплуатации мобильных АЗС следует отнести разработку требований к квалификации водительского состава [14]. Ввести обязательную аттестацию для водителей мобильных автозаправщиков, с целью подтверждения их теоретических знаний и уровня практической подготовки по безопасной эксплуатации транспортных средств и обслуживания оборудования.

Необходимо отметить существующий на территории штата Калифорния, США Пожарный кодекс, который регулирует заправку по требованию и определяет территорию, на которой может осуществляться заправка с помощью мобильных АЗС.

Так, например, компании не могут совершать доставку топлива на общественные улицы, а также не могут заправлять автомобили в гаражах. Кроме того, транспортные средства должны находиться на расстоянии не менее 25 футов от зданий, границ собственности и предметов, которые могут воспламениться. Местные власти могут устанавливать дополнительные стандарты, в том числе требовать одобрения каждого отдельного объекта, куда должно быть доставлено топливо. Более того, в Калифорнии расположено 877 разрешенных пожарных частей, каждая из которых может принять индивидуальную версию правил поставки топлива штата в дополнение к существующим государственным и местным правилам.

Пожарной службой Сиэтла, штат Вашингтон, США установлены условия выдачи разрешения на осуществление деятельности мобильных АЗС, а именно [15]:

- 1) необходимо получить разрешение на эксплуатацию мобильной АЗС для конкрет-

ной площадки;

2) для проведения заправки при помощи мобильных автозаправщиков необходимо получить согласие владельца объекта;

3) план площадки должен быть разработан и представлен для каждого места проведения передвижной заправки (должны быть указаны все здания и сооружения, расположение ливневой канализации и прилегающих водных путей или водно-болотных угодий; информация относительно уклона, естественного дренажа и др.);

4) выдача топлива транспортным средствам в этом месте осуществляется только компанией, имеющей действующее разрешение пожарной службы;

5) мобильная заправка на утвержденном участке должна производиться только из транспортных средств, одобренных пожарной службой. На каждое транспортное средство требуется отдельное разрешение;

6) заправка транспортного средства не допускается на улицах общего пользования и внутри помещений;

7) мобильная заправка не должна производиться ближе 20 футов к электрическому оборудованию, а также ближе 25 футов от зданий, линий участков, границ земельных участков или хранилищ с горючим;

8) обязательное наличие знаков о запрете курения или использования открытого огня в пределах 25 футов от транспортного средства;

9) во время заправки двигателя транспортных средств, заправляемых топливом, должны быть отключены.

Результаты и обсуждение

Выполненный анализ свидетельствует о высокой востребованности услуг мобильных АЗС, а также отсутствия достаточного количества нормативной документации, регламентирующей их деятельность. Ввиду этого могут возникать аварийные ситуации как в процессе движения мобильных автозаправщиков по дорогам общего пользования, так и в процессе выполнения ими работ по заправке транспортных средств. Таким образом было выделено три направления дальнейшей деятельности:

- разработка квалификационных требований к персоналу мобильных АЗС с разработкой программ профессионального обучения персонала. Данные программы должны включать обучение по безопасному управлению мобильным автозаправщиком, работе с емкостями для топлива и топливораздаточным оборудованием, а также обучению правилам борьбы с утечками топлива, возгораниями и пожарами;

- разработки требований к конструкции мобильных автозаправщиков. Процесс допуска на дороги общего пользования мобильных автозаправщиков должен обеспечивать выполнение требований TP TC 018/2011, а также соблюдение требований безопасности, действующих в отношении топливораздаточного оборудования и емкостей для хранения топлива. Все оборудование на мобильных автозаправщиках должно регулярно проверяться и обслуживаться для предотвращения возникновения аварийных ситуаций;

- разработки регламента выполнения работ по заправке транспортных средств с применением мобильных АЗС. При этом необходимо учитывать имеющийся зарубежный опыт в отношении возможности выполнения работ по заправке транспортных средств, а также существующие требования в отношении пожарной и экологической безопасности;

- разработка регламента по осуществлению доставки топлива с применением мобильных АЗС. При разработке данного регламента необходимо учитывать особенности конструкции и максимальные объемы топливных емкостей, устанавливаемых на мобильных АЗС.

Выводы

В ходе выполненного анализа отечественного и зарубежного опытов организации эксплуатации мобильных автозаправщиков выявлена потребность в создании безопасных условий использования мобильных АЗС, а также необходимость совершенствования законодательства в части регламентации деятельности таких автозаправщиков, в том числе требований к техническому состоянию их оборудования и квалификации обслуживающего персонала.

Дальнейшие исследования в рассматриваемой области должны быть направлены на разработку методики профессионального подбора водителей мобильных автозаправщиков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдулганиева З.В., Гусев В.В., Пенерджян Г.С. Развитие каршеринга в России // Современная математика и концепции инновационного математического образования. 2022. Т. 9. №1. С. 318-324.
2. Исследование рынка совместной мобильности и каршеринга в России аудиторской группы компаний «Б1» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.b1.ru/analytics/b1-car-sharing-in-russia-survey/>.
3. Гукетлова А.А. Каршеринг: сущность и специфика договорной модели // Вестник евразийской науки. 2022. Т. 14. №6.
4. Комиссарова С.В. Каршеринг как пример эскалации мобильности в современном обществе: правовые основы и особенности явления // Вестник Владимирского юридического института. 2020. №3(56). С. 85-91.
5. Карманов М.В., Махова О.А. Каршеринг как объект статистического исследования // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2018. №3(54). С. 9-14.
6. Дракунов И.И., Сиваков В.В., Деревягин Р.Ю. Развитие каршеринга в России // Новые материалы и технологии в машиностроении. 2021. №33. С. 65-69.
7. Терешина Н.В., Рябкина А.Д. Повышение безопасности перевозок опасных грузов автомобильным транспортом // Тренды экономического развития транспортного комплекса России: форсайт, прогнозы и стратегии. Москва: ООО «Научно-издательский центр Инфра-М», 2022. С. 259-262.
8. Белехов А.А., Евтюков С.А. Совершенствование методов предварительной технической экспертизы как первый этап определения возможности внесения изменений в конструкцию транспортных средств. Вестник гражданских инженеров. 2017. №1(60). С. 239-245.
9. Радченко Ю.С. Оценка последствий аварий на автозаправочных станциях // Труды Белорусского государственного технологического университета. Серия 4. Химия и технология органических веществ. 2008. Т. 1. №4. С. 125-129.
10. Квитчук А.С., Фомичев Д.С. К вопросу о состоянии перевозок опасных грузов автомобильным транспортом на современном этапе // Юридическая наука: история и современность. 2022. №8. С. 58-62.
11. Ременюк Е.В. Особенности перевозки опасных грузов автомобильным транспортом // Наукосфера. 2023. №12-1. С. 259-265.
12. Показатели состояния безопасности дорожного движения [Электронный ресурс]. URL: <http://stat.gibdd.ru/>
13. Белехов А.А., Евтюков С.А. Оценка влияния изменений вносимых в конструкцию транспортных средств, находящихся в эксплуатации, на безопасность дорожного движения // Вестник гражданских инженеров. 2021. №6(89). С. 151-157.
14. Егельская Е.В., Сорокина Д.Н. Система аттестации специалистов транспортных предприятий // Безопасность техногенных и природных систем. 2020. № 2. С. 14-18.
15. Условия разрешения пожарной службы Сиэтла на заправочную площадку на основе Кодекса пожарной безопасности Сиэтла [Электронный ресурс] / Официальный сайт пожарной службы Сиэтла. URL: <https://www.seattle.gov/Documents/Departments/Fire/Business/Mobile%20Fueling%20Site%20Permit%20Conditions.pdf>

Гончарова Яна Дмитриевна

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

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

Аспирант

E-mail: gyd2378@mail.ru

I.D. GONCHAROVA

ENSURING SAFETY OF FUEL TRANSPORTATION MOBILE GAS STATIONS

***Abstract.** The article provides statistics on the number of road accidents involving dangerous goods on Russian roads, and also examines the dynamics of the number of trucks intended for transporting dangerous goods and large and heavy cargo. The foreign experience in regulating the activities of mobile gas stations is described.*

***Keywords:** road transport, car sharing, car refueling, mobile gas stations, transportation of dangerous goods, transportation of fuel*

BIBLIOGRAPHY

1. Abdulganieva Z.V., Gusev V.V., Penderzhyan G.S. Razvitie karsheringa v Rossii // *Sovremennaya matematika i kontseptsii innovatsionnogo matematicheskogo obrazovaniya*. 2022. T. 9. №1. S. 318-324.
2. Issledovanie rynka sovmestnoy mobil`nosti i karsheringa v Rossii auditorской группы компании «B1» [Elektronnyy resurs]. URL: <https://www.b1.ru/analytics/b1-car-sharing-in-russia-survey/>.
3. Guketlova A.A. Karshering: sushchnost` i spetsifika dogovornoй модели // *Vestnik evraziyskoy nauki*. 2022. T. 14. №6.
4. Komissarova S.V. Karshering kak primer eskalatsii mobil`nosti v sovremennom obshchestve: pravovye osnovy i osobennosti yavleniya // *Vestnik Vladimirskogo yuridicheskogo instituta*. 2020. №3(56). S. 85-91.
5. Karmanov M.V., Makhova O.A. Karshering kak ob`ekt statisticheskogo issledovaniya // *Vestnik Moskovskogo avtomobil`no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI)*. 2018. №3(54). S. 9-14.
6. Drakunov I.I., Sivakov V.V., Derevyagin R.YU. Razvitie karsheringa v Rossii // *Novye materialy i tekhnologii v mashinostroenii*. 2021. №33. S. 65-69.
7. Tereshina N.V., Ryabkina A.D. Povyshenie bezopasnosti perevozk opasnykh грузов avtomobil`nym transportom // *Trendy ekonomicheskogo razvitiya transportnogo kompleksa Rossii: forsayt, prognozy i strategii*. Moskva: OOO «Nauchno-izdatel`skiy tsentr Infra-M», 2022. S. 259-262.
8. Belekhov A.A., Evtyukov S.A. Sovershenstvovanie metodov predvaritel`noy tekhnicheskoy ekspertizy kak pervyy etap opredeleniya vozmozhnosti vneseniya izmeneniy v konstruktsiyu transportnykh sredstv. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*. 2017. №1(60). S. 239-245.
9. Radchenko YU.S. Otsenka posledstviy avariy na avtozapravochnykh stantsiyakh // *Trudy Belorusskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya 4. Himiya i tekhnologiya organicheskikh veshchestv*. 2008. T. 1. №4. S. 125-129.
10. Kvitchuk A.S., Fomichev D.S. K voprosu o sostoyanii perevozk opasnykh грузов avtomobil`nym transportom na sovremennom etape // *YUridicheskaya nauka: istoriya i sovremennost`*. 2022. №8. S. 58-62.
11. Remenyuk E.V. Osobennosti perevozki opasnykh грузов avtomobil`nym transportom // *Naukosfera*. 2023. №12-1. S. 259-265.
12. Pokazateli sostoyaniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya [Elektronnyy resurs]. URL: <http://stat.gibdd.ru/>
13. Belekhov A.A., Evtyukov S.A. Otsenka vliyaniya izmeneniy vnosimykh v konstruktsiyu transportnykh sredstv, nakhodyashchikhsya v ekspluatatsii, na bezopasnost` dorozhnogo dvizheniya // *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*. 2021. №6(89). S. 151-157.
14. Egel'skaya E.V., Sorokina D.N. Sistema attestatsii spetsialistov transportnykh predpriyatiy // *Bezopasnost` tekhnogennykh i prirodnykh sistem*. 2020. № 2. S. 14-18.
15. Usloviya razresheniya pozharnoy sluzhby Sietla na zapravochnuyu ploshchadku na osnove Kodeksa pozharnoy bezopasnosti Sietla [Elektronnyy resurs] / Ofitsial`nyy sayt pozharnoy sluzhby Sietla. URL: <https://www.seattle.gov/Documents/Departments/Fire/Business/Mobile%20Fueling%20Site%20Permit%20Conditions.pdf>

Goncharova Iana Dmitrievna

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
Address: 190005, Russia, Saint Petersburg, 2nd Krasnoarmeiskaya str., 4
Post-graduate student
E-mail: gyd2378@mail.ru

Научная статья

УДК 656

doi: 10.33979/2073-7432-2024-3-3(86)-28-33

А.В. ЮННИНЕН, С.С. ЕВТЮКОВ

ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ПОДХОДА В ВОПРОСЕ ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

***Аннотация.** Настоящая статья затрагивает вопрос оценки безопасности дорожного движения (далее – БДД), с точки зрения, подхода, а именно выявления основных мест и причин аварийности на автомобильных дорогах. Проанализированы основные методы оценки БДД и их эффективность на основе статистики в Российской Федерации. Представлены основные идеи концепции «Безопасность II» исходя из опыта применения в иных сферах деятельности. Предложено решение по смещению акцента внимания в оценке БДД с критических случаев на легкие происшествия, незначительные отклонения или нормальное движение. Показано, что описанный подход содержит в себе потенциал для снижения аварийности и достижения нулевой смертности на сети автомобильных дорог.*

***Ключевые слова:** оценка безопасности дорожного движения, методы оценки безопасности дорожного движения, концепция «Безопасность-II», статистика дорожно-транспортных происшествий, метод анализа данных ДТП, метод коэффициентов аварийности, метод коэффициентов, метод конфликтных ситуаций*

Введение

Безопасность дорожного движения считается одним из основных критериев благосостояния и уровня безопасности в государстве. Высокая смертность в результате дорожно-транспортных происшествий (далее – ДТП) в Российской Федерации является важной проблемой, в авариях гибнет и получают увечья непозволительно большое число людей. Высокая аварийности на дорогах негативно отражается на социальной и экономической сферах жизнедеятельности страны. Динамика в статистике ДТП имеет положительные тенденции, направленные на снижение количества и тяжести происшествий, однако этот процесс крайне медлителен, прорывов в этом направлении нет и не намечается. Такое положение дел, естественным образом, наталкивает инженеров на анализ классических подходов и методов оценки безопасности дорожного движения, вплоть до полного переосмысления.

В рамках настоящей статьи первостепенной целью является анализ классического подхода в проблеме оценки безопасности дорожного движения и выявление фундаментально слабых мест, которые не позволяют в значительной степени побороть смертность на автомобильных дорогах. На основе анализа выше исследуется альтернативный взгляд на оценку безопасности дорожного движения с точки зрения заимствованной концепции безопасности труда на производствах «Безопасность-II», спроецированной на особенности автомобильных дорог, чтобы ответить на основные вопросы о пользе, перспективах и эффективности нового метода.

Материалы и методы

Настоящая статья разработана на основе изучения отечественного и зарубежного теоретического материала, также межотраслевых методических документов в области оценки безопасности дорожного движения. Дополнительно произведен анализ статистических данных по дорожно-транспортным происшествиям (далее – ДТП) по главному критерию погибших за год. Также изучен опыт применения концепции «Безопасность-II» в области здравоохранения, авиационной промышленности и добывающей промышленности.

Теория

В Российской Федерации, как и во всём мире сложилась система оценки безопасности дорожного движения, основанная на выявлении мест концентрации ДТП, либо мест возможных аварий. Для расчета в отраслевых дорожных методических документах применяется перечень методов описан ниже [1].

© А.В. ЮННИНЕН, С.С. ЕВТЮКОВ, 2024

В рамках текущего анализа рассмотрение алгоритма оценки, описанный в публикации НТС ОАО «НИИАТ» «Методика оценки социально-экономического эффекта реализации мероприятий по организации дорожного движения» не приводится ввиду ограниченности объема и тематики настоящего исследования [2].

- метод основанный на анализе данных о ДТП;
- метод коэффициентов аварийности;
- метод коэффициентов безопасности;
- метод конфликтных ситуаций.

Метод основанный на анализе данных о ДТП или метод по абсолютному числу происшествий (по километровому графику ДТП). Этот подход включает в себя статистическое изучение случаев аварий за три года, что позволяет выявить паттерны, факторы риска и разработать меры по повышению безопасности на дорогах. Минусом является отсутствие возможности привязки к оценке изменения интенсивности движения, вследствие чего прогноз аварийности не является объективным.

Метод коэффициентов аварийности - это способ оценки безопасности дорожного движения с помощью вычисления различных коэффициентов, которые показывают степень опасности на дорогах. Этот метод позволяет оценить уровень аварийности и опасности на конкретных участках дороги, а также провести сравнительный анализ безопасности разных участков или дорог в целом. Он основывается на анализе статистических данных по авариям, исследованиях и наблюдениях на дорогах. Коэффициенты аварийности могут охватывать разные аспекты безопасности дорожного движения, такие как количество аварий, число пострадавших, анализ типов и причин аварий, а также характеристики и состояние дорожной инфраструктуры. Метод коэффициентов аварийности позволяет выявить проблемные участки дороги, где аварийность выше среднего, и принять соответствующие меры для улучшения безопасности на этих участках. Это может включать установку дополнительных дорожных знаков, ограждений, ремонт или модернизацию дороги, проведение образовательных кампаний и другие меры. Основным минусом является тот факт, что частные коэффициенты, из которых складывается аварийность носят эмпирический характер, что также, как и метод основанный на анализе данных о ДТП, позволяет говорить о субъективности в оценке перспективной аварийности на дорогах.

Метод оценки безопасности дорожного движения по коэффициентам безопасности является одним из подходов к анализу безопасности на дорогах. Он основывается на изучении различных показателей и параметров дорожного движения, которые влияют на уровень безопасности. Коэффициенты безопасности являются численными значениями, которые отражают степень безопасности конкретных элементов дорожной инфраструктуры, а также взаимодействие между ними. Эти коэффициенты могут быть определены для таких элементов, как дорожное покрытие, разметка и знаки, светофоры, пешеходные переходы и другие. Для оценки безопасности дорожного движения по коэффициентам безопасности проводится анализ каждого элемента инфраструктуры и их взаимодействия. Оценка основывается на наблюдении и учете различных факторов, таких как плотность дорожного движения, видимость, наличие препятствий и т.д. Затем по заданным формулам и алгоритмам вычисляются коэффициенты безопасности для каждого элемента. Наконец, полученные коэффициенты безопасности суммируются и обрабатываются, чтобы получить итоговую оценку безопасности дорожного движения. Эта оценка может быть использована для выявления наиболее опасных участков дороги, разработки мер по улучшению безопасности и принятия решений по распределению ресурсов для предотвращения аварий и снижения риска для участников дорожного движения. Недостатком метода считается отсутствие конкретики причин снижения безопасности дорожного движения, поскольку основным критерием является скорость движения, которая не может характеризовать все возможные причины ДТП.

Метод конфликтных ситуаций - это способ анализа и изучения дорожных происшествий и несчастных случаев на дороге. Он основан на изучении того, как возникают и развиваются конфликтные ситуации, которые могут привести к аварии или несчастному случаю.

Под конфликтной понимается дорожно-транспортная ситуация, возникающая между участниками дорожного движения или движущимся автомобилем и обстановкой дороги, при которой возникает опасность дорожно-транспортного происшествия, если в действиях участников движения не произойдет изменения, и они будут продолжать движение [1]. Этот метод предусматривает систематическое наблюдение за дорожным движением и фиксацию факторов, которые могут быть потенциально опасными или привести к возникновению опасности. Показателем наличия конфликтной ситуации является изменение скорости или траектории движения автомобиля [1]. Степень опасности этой ситуации характеризуется отрицательными продольными и поперечными ускорениями, возникающими при маневрах автомобилей. Метод оценки безопасности дорожного движения, в свою очередь, представляет из себя систематический подход к изучению и анализу уровня безопасности дорожного движения в определенной локации или на определенном участке дороги. По результатам оценки разрабатываются меры и рекомендации по улучшению безопасности на дороге. С точки зрения недостатков, данный метод не учитывает общее количество аварий на определенном участке дороги или в городе целом, что не отражает объективность в вопросе безопасности дорожного движения, также частота конфликтных ситуаций является недостаточной для полноценного анализа.

Общий подход представленных методов основывается на учёте, анализе, либо оценке перспективного возможного ДТП (за исключением метода коэффициентов безопасности, его в расчёт не берём из-за существенных минусов и отсутствия объективности результатов [3]. Такое решение вопроса оценки безопасности дорожного движения упускает из расчёта незначительные отклонения в режиме движения транспорта на автомобильных дорогах (отступление от правил дорожного движения (далее – ПДД), выбор неправильной траектории движения, нарушение безопасного расстояния между автомобилями в транспортном потоке и т.п.), аналогично из расчёта выпадает анализ нормального движения в конкретных условиях, который аналогично в значительной мере характеризует уровень безопасности. Незначительные отклонения несут в себе огромный объём информации о транспортном движении, который бы мог повысить точность оценки безопасности дорожного движения.

На сегодняшний день в Российской Федерации отмечается высокая смертность на автомобильных дорогах. На текущий момент зафиксирована следующая статистика погибших по годам: 2012 г. – 27991, 2013 г. – 27025, 2014 г. – 26963, 2015 г. – 23114, 2016 г. – 20308, 2017 г. – 19088, 2018 г. – 18214, 2019 г. – 16981, 2020 г. – 15788, 2021 г. – 14874, 2022 г. – 14172. Цифры имеют положительную тенденцию и характеризуются снижением, за период с 2019 года до 2022 год смертность на дорогах снизилась на 2 809 человек, что составляет 20% за 4 года, при этом значения остаются колоссально высокими, что показывает необходимость принципиальных изменений (рис. 1) [4].

Прошлый 2023 год не вносит оптимизма в картину статистики аварийности на дорогах. 24 августа Марат Шакирзянович Хуснуллин провел заседание Правительственной комиссии по обеспечению безопасности дорожного движения, на котором отметил улучшение ситуации по уменьшению смертности в дорожно-транспортных происшествиях, однако, также указал, что есть участки где количество ДТП растёт и необходимо сформировать соответствующую “дорожную карту” по снижению этих показателей [5]. Описанные выше факты показывают, что нулевой смертности на автомобильных дорогах, о которых говорят различные стратегические программы Правительства, достичь в ближайшей перспективе не удастся [6, 7]. Для достижения целевых показателей необходимо фундаментальное решение, изменяющее целиком подход, по оценке безопасности дорожного движения.

Новым подходом способным переломить проблему смертности на дорогах может стать применения концепции безопасности «Безопасность-II». Данная концепция была придумана в 2000-х годах и окончательно оформлена в 2013 году в работах Эрика Холллангеля для повышения производственной безопасности персонала, совсем новый подход, который в анализе обращает внимание к удачным действиям, а не к неудачным. Идеи «Безопасность-I»

же основывались на выделении типичных ошибок и на их устранении.

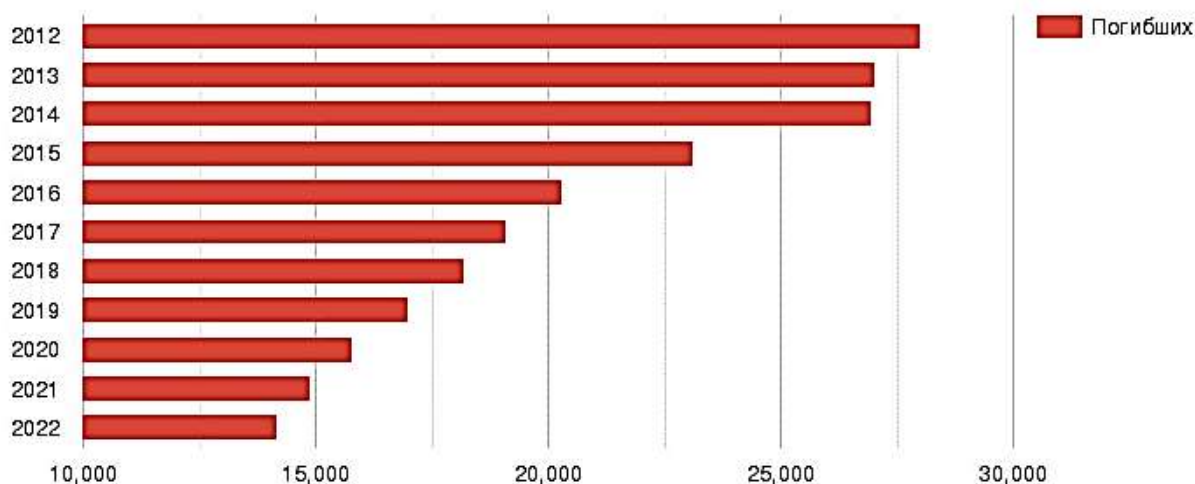


Рисунок 1. Динамика основных показателей аварийности

Концепция безопасности «Безопасность-II» - это подход к обеспечению безопасности, который уделяет основное внимание не только предотвращению ошибок и несчастных случаев, но и пониманию, как системы и люди успешно функционируют в условиях перемен и непредсказуемости. Основная идея "Безопасность-II" состоит в том, чтобы сфокусироваться на том, что работает хорошо в системе, а не только на том, что может пойти не так. Подход предполагает, что ошибка и несчастный случай могут быть результатом неадекватного адаптивного поведения системы, что человек за счет своего гибко восприятия способен самостоятельно решать, возникающие критические ситуации [8-10].

Идеи концепции «Безопасность-II» можно спроецировать и на область безопасности дорожного движения, и обращать внимание на небольшие отклонения по типу отступления от правил дорожного движения, неправильного выбора траектории движения, нарушения безопасного расстояния между автомобилями в транспортном потоке и т.п. для увеличения спектра поведений автомобилистов на дорогах, что в дальнейшем приведет к более точной оценки безопасности дорожного движения. Для иллюстрация такого подхода приведем пирамиду безопасности (рис. 2) [11].



Рисунок 2 - Пирамида безопасности

Представленная схема показывает, что фактические ДТП являются лишь «верхушкой айсберга», и гораздо больше информации можно получить, анализируя причины и обстоятельства незначительных происшествий и не фиксируемые отклонения от ПДД, которые имеют прямую корреляцию с наличием серьезных аварий. Таким образом, концепция «Безопасность-II» определяет две цели: анализ всего спектра поведения на автомобильных дорогах и определение оптимальной безопасной манеры вождения. На основе применения описанного подхода в оценке безопасности дорожного движения можно будет более точно и эффективно подбирать мероприятия по повышению БДД. Предполагается, что такой подход будет способствовать значительному снижению аварийности на всех уровнях дорог Российской Федерации.

Выводы

На основе анализа классического подхода и методов оценки безопасности дорожного движения, были выявлены минусы и слабые места, которые не позволяют осуществить целевое снижение смертности на автомобильных дорогах до 0, для достижения такого высокого показателя необходимо, помимо совершенствования методов оценки БДД, осуществить изменение фундаментального подхода. В статье на основе проведенного исследования предлагается совершенствовать подход, за счет применения концепции «Безопасность-II» спроецированной на область безопасности дорожного движения. Изучение применения данной концепции показало, что она, на сегодняшний день, является альтернативной и позволяет увеличить базу исходных данных для оценки безопасности дорожного движения, что повышает её эффективность и пользу, а новизна применения придает подходу высокую перспективность при дальнейшей разработке. Также концепция «Безопасность-II» в области безопасности дорожного движения позволяет определить оптимальное и безопасное поведение при вождении на всех автомобильных дорогах Российской Федерации от федерального до местного значения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах: Отраслевой дорожный методический документ от 12.01.2011 ОДМ 218.4.005-2010 // Официальный интернет-портал правовой информации.
2. Методика оценки социально-экономического эффекта реализации мероприятий по организации дорожного движения [Электронный ресурс] / НТС ОАО «НИИАТ» URL: <https://www.niiat.ru/publications/publikacii/>.
3. Указания по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах: Ведомственные строительные нормы от 29.01.1986 ВСН 25-86 // Официальный интернет-портал правовой информации.
4. Баканов К.С., Ляхов П.В., Лопарев Е.А., Ермаганбетов А.С., Исаев М.М., Никулин Е.Д., Сергунова А.С., Наумов С.Б., Царегородцева Е.А., Князев А.С. Дорожно-транспортная аварийность в российской федерации за 2021 год // обзор. М.: ФКУ «НЦ БДД МВД России». 2022. 126 с.
5. Марат Хуснуллин поручил сформировать «дорожную карту» по снижению смертности в ДТП [Электронный ресурс] / Правительство России URL: <http://government.ru/news/49344/>.
6. Об утверждении Стратегии безопасности дорожного движения в Российской Федерации на 2018 - 2024 годы: Распоряжение Правительства РФ от 08.01.2018 № 1-р // Официальный интернет-портал правовой информации.
7. Безопасность дорожного движения» в рамках национального проекта «Безопасные качественные дороги: Федеральный проект // Официальный интернет-портал правовой информации.
8. Долженко Я.А. Эволюция концепции «Безопасность-I» и пути ее реализации в авиационной безопасности // Актуальные научные исследования в современном мире. 2020. №86. С. 65-69.
9. Красавина М.А. Концепция «Безопасность II» как инструмент для развития культуры безопасности на предприятии // Энергия-2022. 2022. С. 83-84.
10. Концепция «Безопасность II»: новый подход к созданию системы управления рисками в «Сегежа групп» [Электронный ресурс] / EcoStandart.journal URL: <https://journal.ecostandard.ru/ot/opinion/kontseptsiya-bezopasnost-ii-novyy-podkhod-k-sozdaniyu-sistemy-upravleniya-riskami-v-segezha-grupp/>.
11. Eleonora Papadimitriou, Amir Pooyan Afghari, Dimitrios Tselentis, Pieter van Gelder Road-safety-II: Opportunities and barriers for an enhanced road safety vision // Accident Analysis and Prevention. 2022. №174. С. 14-21.
12. Евтюков С.С., Голов Е.В. Аудит безопасности дорожного движения на автомобильных дорогах регионального значения в ленинградской области // Транспорт Урала. 2017. №2. С. 85-89.
13. Евтюков С.С., Брылев И.С., Блиндер М.М. Пути повышения безопасности дорожного движения немеханических транспортных средств в г. Санкт-Петербург // Инфокоммуникационные и интеллектуальные технологии на транспорте. 2022. С. 39-48.

Юннин Александр Владимирович

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес: 190005, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, 4
Аспирант
E-mail: ololoshev98@mail.ru

Евтюков Станислав Сергеевич

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

A.V. IUNNINEN, S.S. EVTYUKOV

PROPOSAL TO IMPROVE THE APPROACH TO ROAD SAFETY ASSESSMENT

Abstract. This article deals with the issue of assessing road safety, from the point of view of the approach, namely, identifying the main places and causes of accidents on highways. The main methods of road safety assessment and their effectiveness based on statistics in the Russian Federation are analyzed. The main ideas of the concept of «Security II» are presented based on the experience of application in other fields of activity. A solution is proposed to shift the focus of attention in the assessment of road safety from critical cases to minor accidents and minor deviations. It is shown that the described approach contains the potential to reduce accidents and achieve zero mortality on the highway network.

Keywords: road safety assessment, methods of road safety assessment, the concept of «Safety-II», statistics of road accidents, the method of accident data analysis, the method of accident coefficients, the method of coefficients, the method of safety conflict situations

BIBLIOGRAPHY

1. Rekomendatsii po obespecheniyu bezopasnosti dvizheniya na avtomobil`nykh dorogakh: Otrasleyvoy dorozhnyy metodicheskiy dokument ot 12.01.2011 ODM 218.4.005-2010 // Ofitsial`nyy internet-portal pravovoy informatsii.
2. Metodika otsenki sotsial`no-ekonomicheskogo effekta realizatsii meropriyatiy po organizatsii do-rozhnogo dvizheniya [Elektronnyy resurs] / NTS OAO «NIAT» URL: <https://www.niat.ru/publications/publikacii/>.
3. Ukazaniya po obespecheniyu bezopasnosti dvizheniya na avtomobil`nykh dorogakh: Vedomstvennye stroitel`nye normy ot 29.01.1986 VSN 25-86 // Ofitsial`nyy internet-portal pravovoy informatsii.
4. Bakanov K.S., Lyakhov P.V., Loparev E.A., Ermaganbetov A.S., Isaev M.M., Nikulin E.D., Sergunova A.S., Naumov S.B., Tsaregorodtseva E.A., Knyazev A.S. Dorozhno-transportnaya avariynost` v Rossiyskoy federatsii za 2021 god // obzor. M.: FKU "NTS BDD MVD Rossii". 2022. 126 s.
5. Marat Husnullin poruchil sformirovat` «dorozhnuyu kartu» po snizheniyu smertnosti v DTP [Elektronnyy resurs] / Pravitel`stvo Rossii URL: <http://government.ru/news/49344/>.
6. Ob utverzhdenii Strategii bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v Rossiyskoy Federatsii na 2018 - 2024 gody: Rasporyazhenie Pravitel`stva RF ot 08.01.2018 № 1-r // Ofitsial`nyy internet-portal pravovoy informatsii.
7. Bezopasnost` dorozhnogo dvizheniya v ramkakh natsional`nogo proekta «Bezopasnye kachestvennye dorogi»: Federal`nyy proekt // Ofitsial`nyy internet-portal pravovoy informatsii.
8. Dolzhenko YA.A. Evolyutsiya kontseptsii «Bezopasnost`-I» i puti ee realizatsii v aviatsionnoy bezopasnosti // Aktual`nye nauchnye issledovaniya v sovremennom mire. 2020. №86. S. 65-69.
9. Krasavina M.A. Kontseptsiya «Bezopasnost` II» kak instrument dlya razvitiya kul`tury bezopasnosti na predpriyatii // Energiya-2022. 2022. S. 83-84.
10. Kontseptsiya «Bezopasnost` II»: novyy podkhod k sozdaniyu sistemy upravleniya riskami v «Segezha grupp» [Elektronnyy resurs] / EcoStandart.journal. URL: <https://journal.ecostandard.ru/ot/opinion/kontseptsiya-bezopasnost-ii-novyy-podkhod-k-sozdaniyu-sistemy-upravleniya-riskami-v-segezha-grupp/>.
11. Eleonora Papadimitriou, Amir Pooyan Afghari, Dimitrios Tselentis, Pieter van Gelder Road-safety-II: Opportunities and barriers for an enhanced road safety vision // Accident Analysis and Prevention. 2022. №174. S. 14-21.
12. Evtyukov S.S., Golov E.V. Audit bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya na avtomobil`nykh dorogakh regional`nogo znacheniya v leningradskoy oblasti // Transport Urala. 2017. №2. S. 85-89.
13. Evtyukov S.S., Bryel'v I.S., Blinder M.M. Puti povysheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya nemekhanicheskikh transportnykh sredstv v g. Sankt-Peterburg // Infokommunikatsionnye i intellektual`nye tekhnologii na transporte. 2022. S. 39-48.

Yunninen Alexander Vladimirovich

St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
Address: 190005, Russia, St. Petersburg
Graduate student
Email: ololochev98@mail.ru

Evtyukov Stanislav Sergeevich

St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
Address: 190005, Russia, St. Petersburg
Doctor of Technical Sciences
Email: ese-89@yandex.ru

Научная статья

УДК 656.13.072:338

doi: 10.33979/2073-7432-2024-3-3(86)-34-38

С.А. ЖЕСТКОВА

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ ПЕРЕВОЗОК СЕТЕВОЙ ДОСТАВКИ ГРУЗА АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ

Аннотация. Приведена методика проектирования задачи маршрутизации методом фиктивных узлов и ветвей с учетом ограничений. Учет ограничений производится при возвратно поступательном движении по ветвям дерева решения путем блокировки ячейки с максимальной оценкой. Приведены результаты применения разработанной методики, на примере развозки груза с распорядительного центра расположенного Пензенской области в торговые точки по г. Пенза за смену.

Ключевые слова: груз, распределительный центр, торговые предприятия, ограничения, алгоритм, производительность

Введение

В настоящее время основной проблемой транспортной логистики является решение задачи маршрутизации с ограничением при сетевой доставке груза на кольцевых маршрутах. Для решения задач маршрутизации используются точные и приближенные методики [1-3].

Теория

Рассмотрим в работе методику решения задачи маршрутизации точным методом фиктивных узлов и ветвей (ФУВ) с учетом ограничения на величину партии груза и учетом обратного груза.

Разработанная методика ФУВ с учетом ограничений, включает в себя следующие этапы [4, 5]:

1) создается фиктивная матрица, в которую добавляем фиктивные распределительные центры в вершине РЦ и соединяем их с торговыми точками фиктивными хордами, равной действительной длине. При этом действительные и фиктивные центры не связаны между собой;

2) формируем фиктивную приведенную матрицу. В каждой строке находим минимальный элемент и вычитаем его из всех остальных элементов этой строки.

Затем в полученной фиктивной матрице находится минимальный элемент в каждом столбце и вычитается из всех остальных элементов расположенных в рассматриваемом столбце;

3) Определяется фиктивная оценочная матрица. Для этого определяется оценка нулевого элемента, как сумма минимальных элементов в столбце и в строке на пересечении которого он находится. Оценка нулевого элемента записывается в правом верхнем углу ячеек. Проводится анализ оценок и вычеркивается ветвь с наибольшей оценкой;

4) проверяются ограничения по величине партий груза и учет обратного груза на маршруте.

Условие не превышение перевозимой партий груза с учетом ограничения на кольцевом маршруте:

$$\sum_{j=1}^N Q_j \leq p_i, \quad (1)$$

где Q_j – величина партии груза на j -ом кольцевом маршруте с учетом ограничения;

p_i – вместимость автомобиля.

5) если ограничение не выполняется, то ячейка с наибольшей оценкой блокируется;

б) выполняем ограничение по учету обратного груза, для этого вычисляем функцию выгоды по расстоянию при организации совместного маршрута [6-8]:

$$\Delta L = (L^{осн} + L^{обп}) - L, \quad (2)$$

где $L^{осн}$ – длина маршрутов без обратного груза (с холостым пробегом):

$$L^{осн} = \sum_{i=1}^u l_{ij}^{осн}, \quad (3)$$

где $L^{обр}$ – длина маршрутов при организации отдельной ездки за обратным грузом с базы

$$L^{обр} = \sum_{i=1}^u l_{ij}^{обр}. \quad (4)$$

7) выполнение операций приведения и оценки нулевых элементов в фиктивной матрице, а также проверка поставленных ограничений осуществляется до тех пор, пока вычеркиваемая ветвь не станет очевидной.

Расчет

Рассмотрим применение приложенной методики на примере развозки груза с распределительного центра в торговые точки компании ОАО «Манит». Распределительный центр расположен в селе Саловка, в Пензенской области и обслуживает две области Пензенскую и Саратовскую и республику Мордовия.

Для решения поставленной задачи проанализируем работу распределительного центра при доставке груза в торговые точки. В процессе выполнения исследования, устанавливались следующие показатели [4, 5]:

- Q_{ij} – масса груза, перевезенных i - ым транспортным средством по j - ому маршруту;
- t_{ij} – время нахождения i -го транспортного средства на j - ом маршруте;
- l_j – длина j - го маршрута;
- q_j - масса груза доставляемого в j - ом маршруте в каждую торговую точку.

Следует отметить, что каждая торговая точка имеет свое название. Груз доставляется в поддонах, тележках с термочехлами и термобоксами (вместимость 0,5 п/м). В таблице 1 приведены, полученные технико-эксплуатационные показатели работы подвижного состава. Обратный груз, который необходимо доставить в распределительный центр, показан в скобках в таблице 1.

Таблица 1 - Существующие показатели работы транспортных средства РЦ Пенза ОА «Тандер» за смену по городу Пенза

№ автомобиля	№ маршрута	Пункт торговой сети	Количество паллет	Длина маршрута $l_{км}$	Время на маршруте $T_{час}$	Груженный пробег $l_{ге, км}$	Холостой пробег $l_{гор, км}$	P , т.км	U , т/ч	W , т.км/ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	Фефелово	1,6	79	6,7	79	0	615,2	1,91	91,87
		Римесса	4							
		Кроули	3,2							
		Преследователь	4							
2	2	Откочевывание	5,2	126	9,1	100	26	803,6	1,54	88,31
		Сегубаль	4							
		Лобановская	4,8							
3	3	Рассказ	1,2	222	9,28	193	29	1217,7	1,29	131,22
		Вероятность	5,2							
		Десерт	5,6							
4	4	Авторефрижератор	4,8	176	7,13	111	65	1355,2	2,10	190,07
		Шемышейка	2,8							
		Вайкики	4,4							
5	5	Коррида	2,8	276	11,25	142	134	1443,4	1,10	128,30
		Торгоса	5,2							
		Ясеньки	4,4							
6	6	Невесомость	3,6	254	9,13	137	117	2069,0	1,81	226,62
		Сеуга	5,6							
		Экипаж	2,8							
		Отенок	1,2							

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
7	7	МК Ребекка	1,2	243	10,57	160	83	1846,6	1,47	174,71
		Вязьма	4,4							
		Оплата	4,8							
		Рассказ	2							
8	8	Вьяс	4,8	176	8,23	90	86	1034,8	1,46	125,74
		Милявский	7,2							
9	9	Ризотто	(2,4)	46	3,93	28	18	87,6	1,83	22,29
		Лимпач	(2)							
Итого			105,2	1598	75,32	1040	558	10473	14,51	1179,1

Для повышения эффективности управления процессом перевозки груза с распределительного центра в торговые точки, было разработано программное обеспечение на основе предложенной методики (свидетельство регистрации № 2023664020). Выполнив расчеты, с помощью программного обеспечения, где в качестве ограничения использовался критерий – вместимость подвижного состава (16 поддонов) и учет обратного груза.

В результате вычислений получилось 8 маршрутов. Пример расчетного маршрута с учетом ограничений, приведен на рисунке 1. Техничко-эксплуатационные показатели работы подвижного состава РЦ Пенза на разработанных маршрутах приведены в таблице 2.

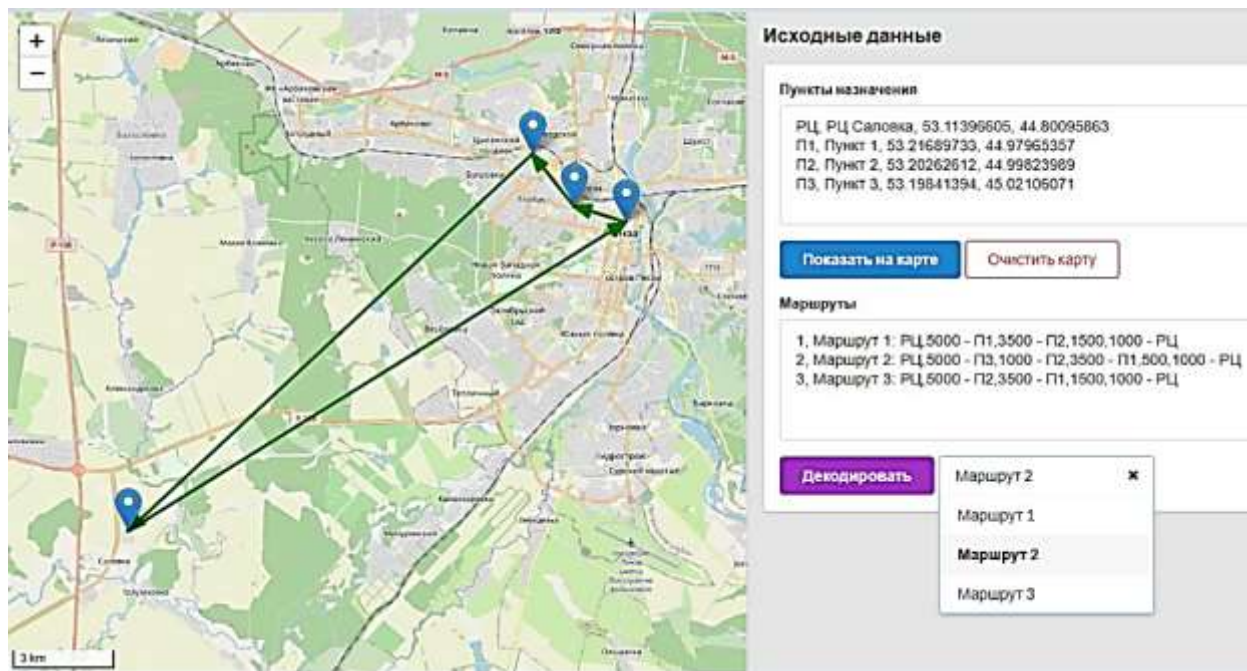


Рисунок 1 - Расчетный маршрут доставки груза в торговые точки, на основе использования разработанного программного обеспечения

Таблица 2 - Расчетные показатели работы транспортных средства РЦ Пенза ОА «Тандер» за смену по городу Пенза

№ автомобиля	№ маршрута	Пункт торговой сети	Количество паллет	Длина маршрута / км	Время на маршруте / ч. час	Груженный пробег / км	Холостой пробег / км	P, т.км	U, т/ч	W, т.км/ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	Сеута	5,6	184	6,07	157	27	1654,8	2,11	305,57
		Отгенок	1,2							
		Экипаж	2,8							
		Десерт	5,6							

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	2	Невесомость	3,6	216	6,87	193	23	1848,8	1,86	269,11
		Сетубаль	4							
		Вероятность	5,2							
3	3	Фефелово	1,6	186	7,33	162	24	865,6	1,75	118,09
		Вьяс	4,8							
		Преследователь	4							
4	4	Милявский	7,2	178	7,2	173	5	1131,2	1,70	157,10
		Откочевывание	5,2							
		Кроули	3,2							
5	5	Лобановская	4,8	53	4,67	49	4	576	2,74	123,34
		Римесса	4							
		Ризотто	(2,4)							
		Лимпач	(2)							
6	6	Вайкики	4,4	221	5,78	197	24	1895,6	2,21	327,96
		Ребекка	1,2							
		Коррида	2,8							
		Вязьма	4,4							
7	7	Авторефрижератор	4,8	195	5,3	142	53	1502,4	2,42	283,49
		Шемьшейский	2,8							
		Оплата	4,8							
8	8	Тортоса	5,2	185	5,3	131	54	1396,4	2,42	263,47
		Ясьенки	4,4							
		Рассказ	3,2							
Итого			105,2	1418	48,52	1204	214	11071	17,21	1848,13

Результаты и обсуждение

Представлена методика решения задачи маршрутизации методом фиктивных узлов и ветвей при ограничении вместимости подвижного состава и учета обратного груза. Учет ограничений производится при возвратно поступательном движении по ветвям дерева решения путем блокировки ячейки с максимальной оценкой. Разработано программное обеспечение и приведены результаты его применения при сетевой развозке грузов с распределительного центра в торговые точки компании ОАО «Магнит» за смену.

Выводы

Сравнивая показатели работы подвижного состава в таблице 1 и 2, можно сделать вывод, что применение разработанной методики позволило снизить эколого-экономический ущерб на 11 %, увеличить выработку подвижного состава в т/ч на 16 %, сократить количество маршрутов и время на маршруте на 36 %

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жесткова С.А. Совершенствование организации перевозочного процесса автомобилями на примере доставки нефтепродуктов на автозаправочные станции: Дис.... канд. техн. наук.
2. Витвицкий Е.Е., Федосеев Е.С. Влияние времени простоя при выполнении погрузочно-разгрузочных работ на функционирование совокупности микросистем при перевозке грузов автомобильным транспортом общего пользования // Вестник СибАДИ. 2017. №3(55). С. 41-47.
3. Николин В.И., Витвицкий Е.Е., Мочалин С.М. Грузовые автомобильные перевозки: монография. Печ. Российская академия естественных наук. Омск: Вариант-Сибирь, 2004. 480 с.
4. Домке Э.Р., Жесткова С.А., Акимов В.Ю. Особенности решения задачи маршрутизации транспорта методом ветвей и границ // Вестник МАДИ (ГТУ). 2012. №2(29). С. 76-79.
5. Жесткова С.А. Использование метода ветвей и границ при решении задач маршрутизации транспорта // Мир транспорта и технологических машин. 2012. №1. С. 94-101.
6. Мельников Б.Ф., Мельникова Е.А. О классической версии метода ветвей и границ // Компьютерные инструменты в образовании. 2021. №1. С. 21-44.
7. Гимади Э.Х., Истомина А.И., Рыков И.А. О задаче нескольких коммивояжеров с ограничениями на пропускные способности ребер графа // Дискретный анализ и исследование операций. 2013. Т. 20. №5. С. 13-30.
8. Новиков А.Н., Жесткова С.А. Решение задачи маршрутизации с ограничениями величины партий груза и количества пунктов // Мир транспорта и технологических машин. 2023. №4-2(83). С. 70-71.
9. Литл Дж., Мурти К., Суини Д., Карел К. Алгоритм для решения задачи о коммивояжере // Экономика и математические методы. 1965. Т. 1. Вып. 1. С. 94-107.
10. Кожин А.П., Мезенцев В.Н. Математические методы планирования и управления грузовыми автомобильными перевозками. М.: Транспорт, 1994. 304 с.
11. Пожидаев М.С. Алгоритмы решения задачи маршрутизации транспорта: автореф. на соиск. ученой степ. канд. техн. наук: 05.13.18 Томск, 2010. 16 с
12. Черкасов А.Г. Экономика: практические задачи и решения: учеб. пособие. С.Пб.: С.Пб. ГТУ. 2002. 50 с.

13. Калиткин Н.Н. Численные методы: учеб. пособие. 2-е изд., исправленное. СПб.: БХВ-Петербург, 2011. 592 с.
14. Булатова О.Ю. Определение основных функций ИТС при организации дорожного движения во время проведения городских массовых мероприятий // Мир транспорта и технологических машин. 2022. №3-2(78). С. 63-68. DOI 10.33979/2073-7432-2022-2(78)-3-63-68.
15. Новиков А.Н., Новиков И.А., Шевцова А.Г. Современная оценка проблемы безопасности дорожного движения. Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2021. 108с. ISBN 978-5-361-00908-4.

Жесткова Светлана Анатольевна

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Адрес: 440028, Россия, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28

К.т.н., доцент, доцент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта»

E-mail: obd@pguas.ru

S.A. ZHESTKOVA

IMPROVING THE EFFICIENCY OF MANAGING THE PROCESSES OF TRANSPORTATION OF NETWORK CARGO DELIVERY BY ROAD

***Abstract.** A methodology for designing a routing problem using the method of fictitious nodes and branches, taking into account restrictions, is given. The constraints are taken into account when reciprocating through the branches of the decision tree to block the cell with the maximum estimate. The results of the application of the developed methodology are presented, using the example of cargo transportation from the administrative center located in the Penza region to retail outlets in Penza per shift.*

***Keywords:** cargo, distribution center, trading enterprises, restrictions, algorithm, productivity*

BIBLIOGRAPHY

- ZHestkova S.A. Sovershenstvovanie organizatsii perevozochnoy protsessy avtomobilyami na primere dostavki nefteproduktov na avtozapravochnye stantsii: Dis... kand. tekhn. nauk.
- Vitvitskiy E.E., Fedoseenkova E.S. Vliyanie vremeni prostoya pri vypolnenii pogruzochno-razgruzochnykh rabot na funktsionirovanie sovokupnosti mikrosistem pri perevozke gruzov avtomobil'nym transportom obshchego pol'zovaniya // Vestnik SibADI. 2017. №3(55). S. 41-47.
- Nikolin V.I., Vitvitskiy E.E., Mochalin S.M. Gruzovye avtomobil'nye perevozki: monografiya. Pech. Rossiyskaya akademiya estestvennykh nauk. Omsk: Variant-Sibir', 2004. 480 s.
- Domke E.R., ZHestkova S.A., Akimova, V.YU. Osobennosti resheniya zadachi marshrutizatsii transporta metodom vetvey i granits // Vestnik MADI (GTU). 2012. №2(29). S. 76-79.
- ZHestkova S.A. Ispol'zovanie metoda vetvey i granits pri reshenii zadach marshrutizatsii transporta // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2012. №1. S. 94-101.
- Meľnikov B.F., Meľnikova E.A. O klassicheskoy versii metoda vetvey i granits // Komp'yuternye instrumenty v obrazovanii. 2021. №1. S. 21-44.
- Gimadi E.H., Istomin A.I., Rykov I.A. O zadache neskol'kikh kommivoyazherov s ogranicheniyami na propusknye sposobnosti reber grafa // Diskretnyy analiz i issledovanie operatsiy. 2013. T. 20. №5. S. 13-30.
- Novikov A.N., ZHestkova S.A. Reshenie zadachi marshrutizatsii s ogranicheniyami velichiny partiy gruza i kolichestva punktov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2023. №4-2(83). S. 70-71.
- Litl Dzh., Murti K., Suini D., Karel K. Algoritm dlya resheniya zadachi o kommivoyazhere // Ekonomika i matematicheskie metody. 1965. T. 1. Vyp. 1. S. 94-107.
- Kozhin A.P., Mezentsev V.N. Matematicheskie metody planirovaniya i upravleniya gruzovymi avtomobil'nymi perevozkami. M.: Transport, 1994. 304 s.
- Pozhidaev M.S. Algoritmy resheniya zadachi marshrutizatsii transporta: avtoref. na soisk. uchenoy step. kand. tekhn. nauk: 05.13.18 Tomsk, 2010. 16 s.
- Cherkasov A.G. Ekonomika: prakticheskie zadachi i resheniya: ucheb. posobie. S.Pb.: S.Pb. GTU. 2002. 50 s.
- Kalitin N.N. Chislennyye metody: ucheb. posobie. 2-e izd., ispravlennoe. SPb.: BHV-Peterburg, 2011. 592 s.
- Bulatova O.YU. Opredelenie osnovnykh funktsiy ITS pri organizatsii dorozhnogo dvizheniya vo vremya provedeniya gorodskikh massovykh meropriyatiy // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2022. №3-2(78). S. 63-68. DOI 10.33979/2073-7432-2022-2(78)-3-63-68.
- Novikov A.N., Novikov I.A., Shevtsova A.G. Sovremennaya otsenka problemy bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya. Belgorod: Belgorodskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskiy universitet im. V.G. Shukhova, 2021. 108s. ISBN 978-5-361-00908-4.

Zhestkova Svetlana Anatol'evna

Penza State University of Architecture and Construction

Address: 440028, Russia, Penza, st. Германа Титова, 28

Candidate of Technical Sciences

E-mail: obd@pguas.ru

Научная статья

УДК 656.13

doi: 10.33979/2073-7432-2024-3-3(86)-39-47

Х. ЦЗЯНГ, О.Ю. БУЛАТОВА, И. ЛИ, М. ХАНЬ

ПРИМЕНЕНИЕ ЭТОГРАММЫ ПОВЕДЕНИЯ ВОДИТЕЛЯ С ЦЕЛЬЮ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК НЕБЛАГОПРИЯТНОГО ВОЖДЕНИЯ

***Аннотация.** В статье рассматривается метод анализа неблагоприятного поведения водителей при разных состояниях транспортных потоков. На основе макроскопической основной диаграммы была рассмотрена транспортная ситуация городской дороги центральной части г. Цзинань (КНР) в условиях трёх различных состояниях транспортного потока. Для оценки опасного вождения построена этограмма поведения водителя, и приведены расчеты собственных значений этограммы неблагоприятного поведения водителя S в условиях трёх различных состояниях транспортного потока. В результате исследования была получена закономерность неблагоприятного поведения водителя при разных состояниях транспортного потока.*

***Ключевые слова:** этограмма поведения водителя, неблагоприятное поведение водителя, моделирование транспортного потока, безопасность дорожного движения*

Введение

Основной причиной дорожно-транспортных происшествий является человеческий фактор, особенно поведение водителей транспортных средств. Развитие технологии интернета вещей (Internet of Things, IoT) позволяет бортовому компьютеру транспортного средства в режиме реального времени получать информацию об условиях дорожного движения и передавать информацию другим транспортным средствам, придорожному оборудованию и коммуникационным сетям, обеспечивая персонализированные, высокоточные и высокопроизводительные данные о поведении водителя с целью мониторинга дорожного движения. Анализ неблагоприятного поведения водителя на основе данных о траектории движения транспортного средства имеет большое значение для активной безопасности и управления дорожным движением.

На настоящий момент в мировой практике существует недостаточное количество исследований об этограмме поведения водителя или дорожного движения. Чэнь Цзинжэнь был предложен метод анализа этограммы поведения водителя с помощью статистического распределения параметров скорости, ускорения, выхлопов газа и нажатия педали тормоза и скорости для выполнения кластеризации К-среднего значения [6]. В результате исследования Чэнь стиль вождения был разделен на агрессивный, умеренный и консервативный, а также ускорение темпов изменения скорости для расчета уровня навыков вождения. Таубман-Бен-Ари был разделен стиль вождения на 8 категорий: рассеянный, нервный, опасный, агрессивный, скоростной, расслабляющий, терпеливый и осторожный тип с помощью многомерного анализа стиля вождения (Multi-dimensional Driving Style Inventory, MDSI) [14]. Чжаном была предложена адаптивная стратегия компенсации с учетом проблемы расхода топлива транспортными средствами, и была использована логистическая регрессия (Logistic Regression) для классификации агрессивного вождения [19]. Фернадесом была создана система управления нечеткими правилами для классификации поведения водителя. Входные данные включают возраст, ускорение, торможение и скорость. Система классифицирует поведение за рулем как пассивное, нормальное, агрессивное и опасное [8].

Существующие исследования об этограмме поведения водителя непосредственно фокусируются на неблагоприятном поведении вождения. В области безопасности дорожного движения существует пять основных способов определения неблагоприятного вождения. Первый способ - применение метода, основанного на конкретном поведении водителя или на кон-

кретном примере дорожно-транспортного происшествия (ДТП). Степень неблагоприятного поведения водителя зависит от того, происходило ли опасное поведение или ДТП в течение периода наблюдения. Ченем был оценено неблагоприятное вождение в соответствии со следующими особенностями выполнения маршрута: частые смены полосы движения, внезапные перестроения через две полосы и перестроение, нарушающее правила дорожного движения [7]. Теймури были отработаны данные о ДТП для определения уровня риска водителя [15].

Вторыми и третьими способами являются опросник водителя и метод экспертной оценки [5, 10, 11]. Однако, эти два метода зависят от субъективного суждения водителя или эксперта, и требуют достаточно много временных ресурсов, в связи с обработкой большого количества данных о водителях.

Четвертый способ калибровки - это метод обучения без контроля, включающий кластеризацию по кластеризации К-среднего значения и нечеткой кластеризации [12, 13]. Надежность этого метода зависит от переменных, используемых для кластеризации, и структуры данных. Поскольку метка выборки отсутствует, эффект кластеризации является сложным.

Пятый метод основан на формуле расчета риска столкновения. Сюэ Цинвэнь было исследовано время столкновения (Time to Collision, TTC) и дистанция до столкновения во времени для всесторонней калибровки опасного движения транспортного средства, следующего за транспортным средством [17, 18]. Ваном был предложен новый метод расчета последующих опасностей для калибровки агрессивных транспортных средств слежения, который учитывает изменения во времени реакции и использует запас времени реакции в качестве показателя риска столкновения [16].

В настоящее время отсутствуют систематические исследования, касающиеся этограммы неблагоприятного поведения водителей, и недостаточно изучается отношение между поведением водителя и условиями вождения. Широко используемые анкеты и методы экспертной оценки для определения неблагоприятных водителей слишком субъективны и отнимают много времени, а также не подходят для задач интеллектуальных транспортных систем (ИТС), связанных с идентификацией в режиме реального времени. Классификация поведения водителя основывается на определенных параметрах, которые трудно собрать в режиме реального времени в практических приложениях, таких как физиологические и психологические данные водителя или данные об управляющих действиях, что не способствует выявлению неблагоприятных водителей в режиме реального времени и активному предотвращению и контролю безопасности дорожного движения. Учитывая недостатки вышеупомянутых существующих исследований, в данной статье предлагается метод построения и анализа этограммы неблагоприятного поведения водителя на основе траектории движения транспортного средства.

Материал и методы

Анализ опасного поведения водителя при разных состояниях транспортных потоков с помощью больших данных является распространенной темой в области безопасности дорожного движения. Для исследования этой темы сформирована макромодель транспортного потока Пайпса и приведен анализ состояния транспортных потоков в центральной части городской дороги г. Цзинань (КНР). В данной статье использовалась следующая городская дорога, которая составляет 0,8 км (рис. 1).



Рисунок 1 – Схема городской дороги центральной части г. Цзинань для исследования опасного поведения водителей

Для анализа состояния транспортного потока модель Пайпса проектируется и описывается по следующей формуле [1-4]:

$$k = k_j \cdot \left[1 - \left(\frac{v}{v_f} \right)^{n+1} \right]^{\frac{1}{p}} \quad (1)$$

$$q = k_j \cdot v \cdot \left[1 - \left(\frac{v}{v_f} \right)^{n+1} \right]^{\frac{1}{p}}, \quad (2)$$

;

где q – интенсивность движения, авт/ч;

v – скорость транспортного потока, км/ч;

v_f – скорость свободного движения, км/ч;

k – плотность транспортного потока, авт/км;

k_j – максимальная плотность транспортного потока, авт/км;

n – коэффициент пропорциональности;

p – поправочный коэффициент для учета пространственной неоднородности.

По моделированию модель Пайпса отношения между характеристиками транспортного потока показаны на рисунке 2:

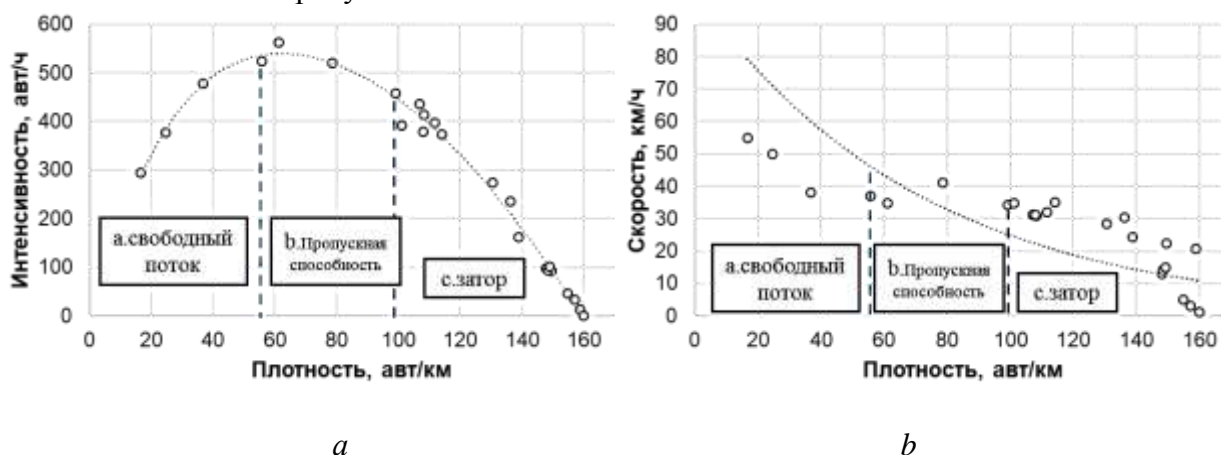


Рисунок 2 – Зависимости между характеристиками транспортного потока: а - между интенсивностью и плотностью, б - между скоростью и плотностью

По результатам моделирования состояние транспортного потока на рассматриваемом участке УДС имеет 3 вида: а. свободный поток, б. На пределе пропускной способности, и с. затор. Для проведения всестороннего анализа опасного поведения водителя необходимо подробно рассмотреть поведение водителя в трех условиях состояния транспортного потока.

Теория / Расчет

Транспортная система является сложной и открытой системой. На поведение участников дорожного движения влияет внешняя транспортная среда. Любое поведение участников дорожного движения осуществляется в определенных условиях окружающей транспортной среды. Следовательно, этограмма поведения участников дорожного движения должна количественно описывать внешнюю транспортную среду. Более того, поведение транспортного средства управляется людьми, а человеческое поведение отличается сложностью, разнообразием и изменчивостью, что затрудняет исследование этограммы поведения водителя.

Построение этограммы поведения водителя

Этограмма поведения водителя является всесторонней записью динамических изменений в данных о траектории движения транспортного средства в конкретных условиях и сценариях. Матрица данных о траектории движения каждого автомобиля за определенный период времени и относительная взаимосвязь с окружающими транспортными средствами составляет этограмму поведения водителя. Этограмма поведения водителя отражает особенности вождения водителя в конкретной ситуации, из которого можно извлечь предпочитаемую водителем скорость, дистанцию следования, действия по смене полосы движения и дру-

гую информацию, обеспечивающую основу для последующего расчета этограммы неблагоприятного поведения водителя.

Этограмма поведения водителя включает в себя три матрицы: базовую информационную матрицу, информационную матрицу о движении автомобиля и информационную матрицу об других автомобилях-участках дорожного движения. Каждая из трех матриц представлена в виде временного ряда со следующими параметрами:

- основная информация: время, продольное положение центра автомобиля, поперечное положение центра автомобиля и номер полосы движения;
- информация о движении автомобиля: продольная скорость автомобиля, продольное ускорение автомобиля, поперечная скорость автомобиля, поперечное ускорение автомобиля, смещение полосы движения;
- информация о другом автомобиле на маршруте: продольная скорость переднего автомобиля на данной полосе движения, расстояние между данным автомобилем и передней автомобилем, продольная скорость заднего автомобиля на данной полосе движения и расстояние между данным автомобилем и задним автомобилем.

Этограмма неблагоприятного поведения водителя и оценка безопасности дорожного движения

Основываясь на особенностях поведения каждого водителя в конкретном сценарии, с помощью измерения риска (Measure of Risk, MOR) можно рассчитать следующие четыре характерных параметра неблагоприятного поведения водителя:

- неблагоприятное следование за лидером, M_1 ;
- неблагоприятная смена полосы движения, M_2 .

Характеристика неблагоприятного следования за лидером M_1 и неблагоприятной смены полосы движения связывает с риском столкновения между автомобилями и другими участниками дорожного движения. Чем выше риск столкновения, тем больше степень опасного поведения водителя. В результатах исследования показано, что чем агрессивнее стиль вождения, тем хуже устойчивость управления в поперечном направлении, и тем чаще происходят резкие ускорения и торможения транспортных средств [9, 20, 21]. Метод MOR был использован для анализа и оценки вероятности ДТП, вызванного опасным поведением водителя в определенный момент времени, чтобы избежать субъективных априористических решений при оценке риска ДТП.

1. Неблагоприятное следование за лидером, M_1

Характеристика неблагоприятного следования за лидером M_1 используется для измерения риска столкновения сзади, в случае, когда транспортное средство находится слишком близко к месту обгона. Чем больше значение $M_1(t)$, тем выше риск неблагоприятного следования за лидером в данный момент. Риск неблагоприятного следования за лидером отсутствует, когда значение $M_1(t)$ меньше 0.

Формула неблагоприятного следования за лидером описывается следующей формулой:

$$M_1(t) = \frac{V_x(t) - V_{1x}(t)}{D_1(t)}, \quad (3)$$

где $M_1(t)$ – характеристика неблагоприятное следование за лидером во времени t , s^{-1} ;

$V_x(t)$ – продольная скорость автомобиля x во времени t ;

$V_{1x}(t)$ – продольная скорость передней автомобиля $1x$ во времени t ;

$D_1(t)$ – расстояние между данным автомобилем и передней автомобилем.

2. Неблагоприятная смена полосы движения, M_2

Характеристика неблагоприятной смены полосы движения измеряет риск того, что автомобиль перестроится в другую полосу движения при малом расстоянии. Это приведет к риску столкновения автомобиля, выполняющего маневр, или обгоняемого автомобиля на заданной полосе движения. Чем больше значение $M_2(t)$, тем выше риск неблагоприятной смены полосы движения в данный момент.

Характеристика неблагоприятной смены полосы движения описывается следующей

формулой:

$$M_2(t) = \max \left\{ \frac{V_x(t) - V_{1x}(t)}{D_1(t)}, \frac{V_{2x}(t) - V_x(t)}{D_2(t)} \right\}, \quad (4)$$

где $M_2(t)$ – характеристика неблагоприятной смены полосы движения во времени t ;

$V_{2x}(t)$ – продольная скорость задней автомобиля 2х во времени t ;

$D_2(t)$ – расстояние между данным автомобилем и задней автомобилем.

Расчетный метод измерения риска MOR позволяет преобразовать матрицу этограммы поведения каждого водителя во временной ряд из n (в данной статье $n=2$) характеристик неблагоприятного поведения вождения, которые вместе образуют матрицу этограммы неблагоприятного поведения водителя V :

$$V = [M_1, M_2, \dots, M_n]. \quad (5)$$

Собственные значения этограммы неблагоприятного поведения водителя S

Собственные значения этограммы неблагоприятного поведения водителя представляют собой обобщенную этограмму неблагоприятного поведения водителя. Чем выше собственное значение, тем опаснее неблагоприятное поведение водителя. Наоборот, чем меньше собственное значение, тем безопаснее его поведение. Собственные значения этограммы неблагоприятного поведения водителя всесторонне учитывают поведение водителя при различных неблагоприятных формах вождения.

Собственные значения этограммы неблагоприятного поведения водителя описывают на следующем образом:

$$S_i(t) = \begin{cases} \frac{M_i(t) - M_i^*}{M_i^*}, & M_i(t) > M_i^* \\ 0, & M_i(t) \leq M_i^* \end{cases} \quad (6)$$

где $S_i(t)$ – собственные значения этограммы неблагоприятного поведения водителя.

Вычисляя долю каждого автомобиля M , превышающую пороговое значение, по уравнению (6), можно получить мгновенное собственное значение S_i -го неблагоприятного поведения при вождении каждого автомобиля в момент времени t .

Результаты и обсуждение

В результате расчетов собственных значений этограммы неблагоприятного поведения водителя показано, что характеристики неблагоприятного следования за лидером (M_1) распространяются за пределы с -0.8 до 1.4 при свободном потоке. Доказано, что редко происходят поведения неблагоприятного следования за лидером при свободном потоке. При пропускной способности неблагоприятного следования за лидером (M_1) распространяются за пределы с -1.5 до 2 . По сравнению с состоянием свободного потока количество появления опасных значений увеличивается при пропускной способности. При состоянии затора максимальное значение параметра M_1 больше увеличивается, и максимальное значение может превышать 40 s^{-1} .

Характеристики неблагоприятной смены полосы движения (M_2) аналогично распространяются за пределы с -0.5 до 0.9 при трёх различных состояниях транспортного потока. При состоянии свободного потока желание водителя для смены полосы движения имело меньше ограничений, и скорость автомобиля имела высокое значение, поэтому распределение параметров более равномерное, чем в условиях высокой плотности транспортного потока. При состоянии затора транспортного потока, поскольку при увеличении плотности транспортного потока расстояние между автомобилями сокращается, скорость автомобиля сильно колеблется. Это приводит к значительному увеличению числа экстремальных значений параметров M_2 .

Основные закономерности изменения зон притяжения приведены следующими рисунками (рис. 3):

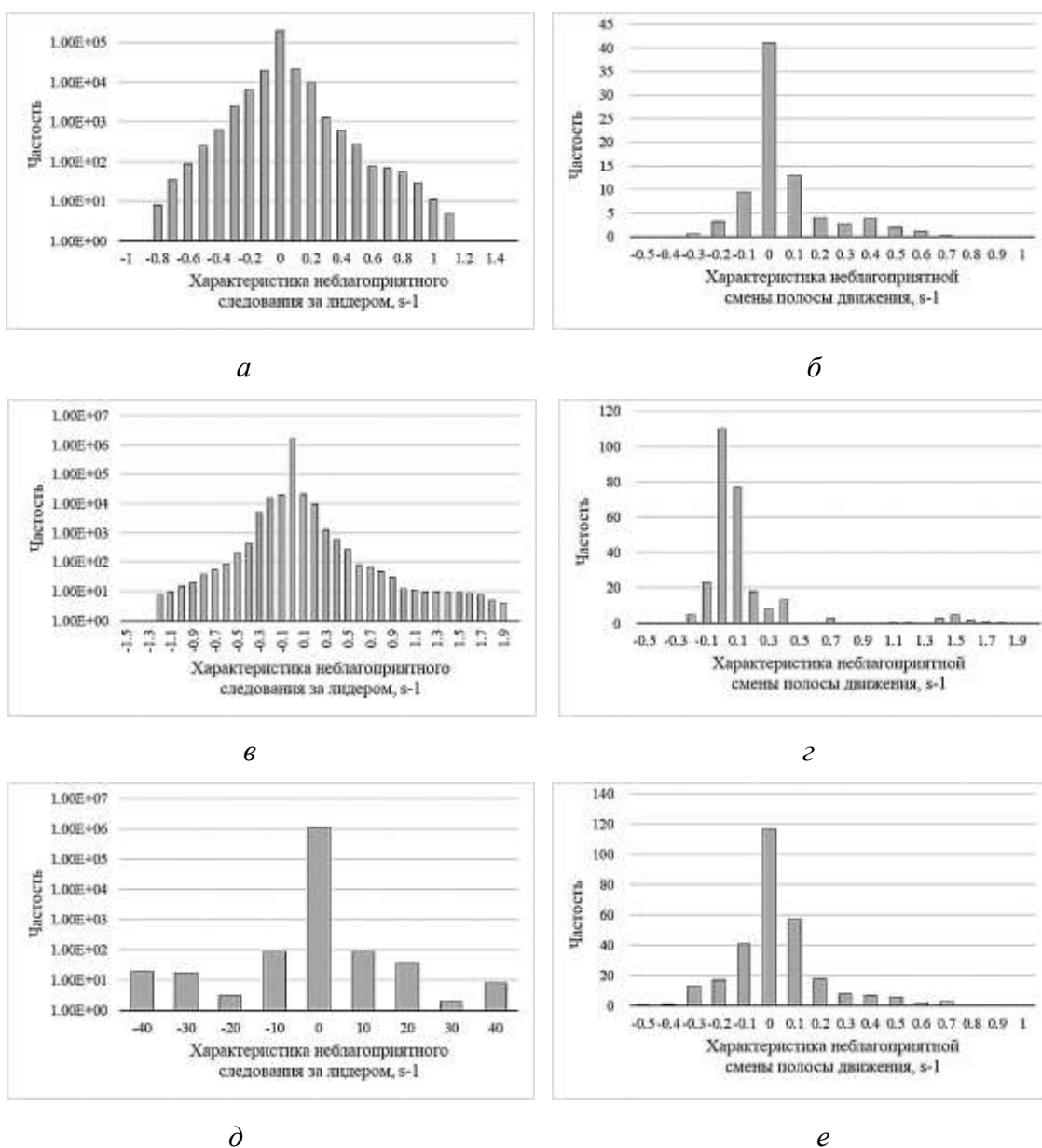


Рисунок 3 – Характеристики неблагоприятного следования за лидером M1 и неблагоприятной смены полосы движения M2 при разных состояниях транспортного потока на рисунке 2:

а - M1 при свободном потоке, б - M2 при свободном потоке, в - M1 при пропускной способности, г - M2 при пропускной способности, д - M1 при заторе, е - M2 при заторе

Выводы

В результате расчетов значений этограммы неблагоприятного поведения водителя, с учетом двух главных неблагоприятных характеристик (неблагоприятное следование за лидером (M₁) и неблагоприятная смена полосы движения (M₂)), выявлено, что этограммы поведения водителя может быть применена для описания динамических опасных поведений водителей при разных состояниях транспортного потока. С точки зрения этограммы поведения водителя, в области безопасности дорожного движения, он должен пристально обращать внимания на поведения неблагоприятного следование за лидером и неблагоприятной смены полосы движения при состояниях затора транспортного потока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зырянов В.В. Особенности применения основной диаграммы транспортного потока на сетевом уровне // Известия волгоградского государственного технического университета. Серия: наземные транспорт-

- ные системы. Волгоградский государственный технический университет. 2013. С. 71-74.
2. Зырянов В.В., Цзянг Х. Анализ сетевой макромодели на примере улично-дорожной сети г. Цзинань (КНР) // Прогрессивные технологии в транспортных системах: сборник конференции. Оренбург: Оренбургский государственный университет. 2019. С. 556-651.
 3. Зырянов В.В., Цзянг Х. Применение макроскопической фундаментальной диаграммы транспортного потока с использованием данных системы видеонаблюдения на улично-дорожной сети г. Цзинань КНР [Электронный ресурс] / Имитационное моделирование. Теория и практика (ИММОД-2021): труды десятой всероссийской научно-практической конференции по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности. Санкт-Петербург: АО «ЦТСС». 2021. С. 574-580. URL: <http://simulation.su/uploads/files/default/2021-immod-574-580.pdf>
 4. Булатова О.Ю. Планирование движения высокоавтоматизированных транспортных средств с учетом основных ограничений на маршруте // Мир транспорта и технологических машин. 2021. №3(74). С. 65-70. DOI 10.33979/2073-7432-2021-74-3-65-70. EDN AMKKQB.
 5. Цзянг Х. Моделирование передвижения транспортных средств на основе макроскопической фундаментальной диаграммы транспортного потока // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2022. Т/ 16. №2. С. 22-28.
 6. Криволапова О.Ю. Методология оценки эластичности транспортных потоков при наличии альтернативных маршрутов // Мир транспорта и технологических машин. 2016. №4(55). С. 69-73. EDN XDNBHH.
 7. Bejani M.A., Ghatee M. Context aware system for driving style evaluation by an ensemble learning on smartphone sensors data // Transportation Research Part C: Emerging Technologies. 2018. №89. P. 303-320.
 8. Chen J., Wu Y., Wu B. Driver behavior spectrum analysis method based on vehicle driving data // Journal of Computer Applications. 2018. №38(7). P. 1916-1922, 1928.
 9. Chen Z., Wu C., Huang Z., Lyu N., Hu Z., Zhong M., Cheng Y., Ran B. Dangerous driving behavior detection using video-extracted vehicle trajectory histograms // Journal of Intelligent Transportation Systems. 2017. №21(5). P. 409-421.
 10. Fernandez S., Ito T. Driver classification for intelligent transportation systems using fuzzy logic // 19th International Conference on Intelligent Transportation Systems. New York: IEEE. 2016. P. 1212-1216.
 11. Hou H., Jin L., Guan Z., Du H., Li J. Effects of driving style on driver behavior // China Journal of Highway and Transport. 2018. №31(4). P. 18-27.
 12. Ishibashi M., Okuwa M., Doi S., Akamatsu M. Indices for characterizing driving style and their relevance to car following behavior // SICE Annual Conference. New York: IEEE. 2007. P. 1132-1137.
 13. Li G., Li S., Cheng B., Green P. Estimation of driving style in naturalistic highway traffic using maneuver transition probabilities // Transportation Research Part C: Emerging Technologies. 2017. №74. P. 113-125.
 12. LI N., Misu T., Miranda A. Driver behavior event detection for manual annotation by clustering of the driver physiological signals // 19th International Conference on Intelligent Transportation Systems. New York: IEEE. 2016. P. 2583-2588.
 14. Криволапова О.Ю., Феофилова А.А. Методология снижения затрат на поездку при прогнозировании объема движения на выбранных маршрутах // Интернет-журнал Науковедение. 2013. №3(16). С. 151. EDN QZXZUF.
 15. Qi G., Du Y., Wu J., Hounsell N., Jia Y. What is the appropriate temporal distance range for driving style analysis? // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. 2016. №17(5). P. 1393-1403.
 16. Taubman-ben-ari O., Mikulincer M., Gillath O. The multidimensional driving style inventory-scale construct and validation // Accident Analysis and Prevention. 2004. №36(3). P. 323-326.
 17. Teimouri F., Ghatee M. A real-time warning system for rear-end collision based on random forest classifier // Journal of Soft Computing in Civil Engineering. 2020. №4(1). P. 49-71.
 18. Wang K., Xue Q., Xing Y., Li Improve C. Aggressive driver recognition using collision surrogate measurement and imbalanced class boosting // International journal of environmental research and public health. 2020. №17(7). P. 2375.
 19. Xu W., Jiang Y., Lu J. Risky driving behavior recognition based on trajectory data // China Journal of Highway and Transport. 2020. №33(6). P. 84-94.
 20. Xu W., Wang K., Lu J. Rapid driving style recognition in car-following using machine learning and vehicle trajectory data // Journal of Advanced Transportation. 2019. 9085238-1-15.
 21. Zhang Da-rui. Vehicle parameters estimation and driver behavior classification for adaptive shift strategy of heavy-duty vehicles. Clemson: Clemson University, 2017.

Цзянг Хайянь

Шандунский транспортный университет

Адрес: 250357, Китай, г. Цзинань, провинция Шаньдун, ул. Хайтан, No. 5001

К.т.н., преподаватель кафедры «Организация дорожного движения», Секретарь по международному сотрудничеству и обмену ШТЛИ ШТУ

E-mail: jiang.live.in.rus@mail.ru

Булатова Ольга Юрьевна

Донской государственный технический университет
Адрес: 344000, Россия, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1
К.т.н., доцент кафедры «Организация перевозок и дорожного движения»
E-mail: mip.rnd@yandex.ru

Ли Ицзя

Шандунский транспортный университет
Адрес: 250357, Китай, г. Цзинань, провинция Шаньдун, ул. Хайтан, No. 5001
Д.т.н., доцент кафедры «Технологии и приборы для измерения и контроля»
E-mail: 220160@sdjtu.edu.cn

Хань Мэнъи

Донской государственный технический университет
Адрес: 344000, Россия, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1
Аспирант
E-mail: hanmengyi@mail.ru

H. JIANG, O.Y. BULATOVA, Y. LI, M. HAN

INVESTIGATION OF THE CHARACTERISTICS OF DANGEROUS DRIVING BASED ON THE ETHOGRAM OF DRIVER BEHAVIOR

Abstract. *The paper considers a method for analyzing dangerous behavior of drivers in different conditions of traffic flows. Based on the macroscopic main diagram, the transport situation of the urban road in the central part of Jinan (China) is highlighted in the 3 state of traffic flow. To assess dangerous driving, an etogram of driver behavior is constructed, and calculations of the eigenvalues of the etogram of unfavorable driver behavior S on 3 states of traffic flow are given. As a result, a pattern of unfavorable driver behavior under different conditions of traffic flow was obtained.*

Keywords: *etogram of driver behavior, adverse driving, traffic flow modeling, road safety*

BIBLIOGRAPHY

1. Zyryanov V.V. Osobennosti primeneniya osnovnoy diagrammy transportnogo potoka na setevom urovne // Izvestiya volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: nazemnye transportnye sistemy. Volgogradskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet. 2013. S. 71-74.
2. Zyryanov V.V., TSzyang H. Analiz setevoy makromodeli na primere ulichno-dorozhnoy seti g. TSzinaan` (KNR) // Progressivnye tekhnologii v transportnykh sistemakh: sbornik konferentsii. Orenburg: Orenburgskiy gosudarstvennyy universitet. 2019. S. 556-651.
3. Zyryanov V.V., TSzyang H. Primenenie makroskopicheskoy fundamental`noy diagrammy transportnogo potoka s ispol`zovaniem dannykh sistemy videonablyudeniya na ulichno-dorozhnoy seti g. TSzinaan` KNR [Elektronnyy resurs] / Imitatsionnoe modelirovanie. Teoriya i praktika (IMMOD-2021): trudy desyatoy vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii po imitatsionnomu modelirovaniyu i ego primeneniyu v nauke i promyshlennosti. Sankt-Peterburg: AO «TSTSS». 2021. S. 574-580. URL: <http://simulation.su/uploads/files/default/2021immod574580.pdf>
4. Bulatova O.YU. Planirovanie dvizheniya vysokoavtomatizirovannykh transportnykh sredstv s uchetom osnovnykh ogranicheniy na marshrute // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2021. №3(74). S. 65-70. DOI 10.33979/2073-7432-2021-74-3-65-70. EDN AMKKQB.
5. TSzyang H. Modelirovanie peredvizheniya transportnykh sredstv na osnove makroskopicheskoy fundamental`noy diagrammy transportnogo potoka // T-Comm: Telekomunikatsii i transport. 2022. T/ 16. №2. S. 22-28.
6. Krivolapova O.YU. Metodologiya otsenki elastichnosti transportnykh potokov pri nalichii al`ternativnykh marshrutov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2016. №4(55). S. 69-73. EDN XDNBHH.
7. Bejani M.A., Ghatee M. Context aware system for driving style evaluation by an ensemble learning on smartphone sensors data // Transportation Research Part C: Emerging Technologies. 2018. №89. R. 303-320.
8. Chen J., Wu Y., Wu B. Driver behavior spectrum analysis method based on vehicle driving data // Journal of Computer Applications. 2018. №38(7). R. 1916-1922, 1928.
9. Chen Z., Wu C., Huang Z., Lyu N., Hu Z., Zhong M., Cheng Y., Ran B. Dangerous driving behavior detection using video-extracted vehicle trajectory histograms // Journal of Intelligent Transportation Systems. 2017. №21(5). R. 409-421.
10. Fernandez S., Ito T. Driver classification for intelligent transportation systems using fuzzy logic // 19th In-

ternational Conference on Intelligent Transportation Systems. New York: IEEE. 2016. R. 1212-1216.

11. Hou H., Jin L., Guan Z., Du H., Li J. Effects of driving style on driver behavior // China Journal of Highway and Transport. 2018. №31(4). R. 18-27.

12. Ishibashi M., Okuwa M. Doi S., Akamatsu M. Indices for characterizing driving style and their relevance to car following behavior // SICE Annual Conference. New York: IEEE. 2007. R. 1132-1137.

13. Li G., Li S., Cheng B., Green P. Estimation of driving style in naturalistic highway traffic using maneuver transition probabilities // Transportation Research Part C: Emerging Technologies. 2017. №74. R. 113-125.

12. LI N., Misu T., Miranda A. Driver behavior event detection for manual annotation by clustering of the driver physiological signals // 19th International Conference on Intelligent Transportation Systems. New York: IEEE. 2016. R. 2583-2588.

14. Krivolapova O.YU., Feofilova A.A. Metodologiya snizheniya zatrat na poezdki pri prognozirovani ob"ema dvizheniya na vybrannykh marshrutakh // Internet-zhurnal Naukovedenie. 2013. №3(16). S. 151. EDN QZXZUF.

15. Qi G., Du Y., Wu J., Hounsell N., Jia Y. What is the appropriate temporal distance range for driving style analysis? // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. 2016. №17(5). R. 1393-1403.

16. Taubman-ben-ari O., Mikulincer M., Gillath O. The multidimensional driving style inventory scale construct and validation // Accident Analysis and Prevention. 2004. №36(3). R. 323-326.

17. Teimouri F., Ghatee M. A real-time warning system for rear-end collision based on random forest classifier // Journal of Soft Computing in Civil Engineering. 2020. №4(1). R. 49-71.

18. Wang K., Xue Q., Xing Y., Li C. Aggressive driver recognition using collision surrogate measurement and imbalanced class boosting // International journal of environmental research and public health. 2020. №17(7). R. 2375.

19. Xu W., Jiang Y., Lu J. Risky driving behavior recognition based on trajectory data // China Journal of Highway and Transport. 2020. №33(6). R. 84-94.

20. Xu W., Wang K., Lu J. Rapid driving style recognition in car-following using machine learning and vehicle trajectory data // Journal of Advanced Transportation. 2019. 9085238-1-15.

21. Zhang Da-rui. Vehicle parameters estimation and driver behavior classification for adaptive shift strategy of heavy-duty vehicles. Clemson: Clemson University, 2017.

Jiang Haiyan

Shandong Jiaotong University

Address: 250357, China, Jinan, Shandong Province, Haitang str., No. 5001

Candidate of Technical Sciences

E-mail: jiang.live.in.rus@mail.ru

Bulatova Olga Yurievna

Don State Technical University

Address: 344000, Rostov-on-Don, Russia, Gagarin Square, 1

Candidate of Technical Sciences

E-mail: mip.rnd@yandex.ru

Li Yijia

Shandong Jiaotong University

Address: 250357, China, Jinan, Shandong Province, Haitang str., No. 5001

Doctor of Technical Sciences

E-mail: 220160@sdjtu.edu.cn

Han Mengyi

Don State Technical University

Address: 344000, Rostov-on-Don, Russia, Gagarin Square, 1

Postgraduate student

E-mail: hanmengyi@mail.ru

Научная статья

УДК 656.025.2

doi: 10.33979/2073-7432-2024-3-3(86)-48-54

А.Н. НОВИКОВ, Е.В. ПЕТРИЩЕ

ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ГОРОДА ОРЛА И ОРЛОВСКОГО МУНИЦИПАЛЬНОГО ОКРУГА

Аннотация. В работе рассматривается вопрос совершенствования транспортного обслуживания города Орла и Орловского муниципального округа на примере нового микрорайона «Болховский». Для достижения поставленной цели предлагается строительство новой дороги и изменение подвижного состава на маршруте регулярных пассажирских перевозок. Практическая реализация предложенных мероприятий выполнена на примере маршрута «Автовокзал – микрорайон «Болховский»».

Ключевые слова: пассажирский транспорт, маршрут, транспортное обслуживание, пассажиропоток, жилой микрорайон

Введение

Транспортное обслуживание городских пассажирских маршрутов играет значительную роль в создании комфортных условий для жизни населения, в связи с тем, что место работы и учебы зачастую находятся в удалении от места жительства. Достижение необходимой транспортной доступности приобретает в этом случае большое значение [11].

При планировании строительства новых жилых комплексов важно уделять внимание проектированию транспортной инфраструктуры. Но если микрорайон продолжает активно застраиваться, то возникают частые транспортные заторы, перегруженность действующих маршрутов общественного транспорта, что вызывает негативную реакцию у жителей района и требует изменений в действующей схеме транспортного обслуживания [10].

Таким образом, качество пассажирских перевозок оказывает влияние, как на экономическое развитие, так и на социальную жизнь города. Поэтому для многих администраций муниципальных образований решение проблемы совершенствования транспортной инфраструктуры имеет приоритетное значение.

В Орле и Орловском муниципальном округе располагаются 12 новых микрорайонов (Зареченский, Новая Ботаника, Солнечный, Первый, Ливенский, Наугорский, Болховский, Силикатный, Лесной квартал, Андриановский, Норд и Московский парк), в части из которых жилищное строительство еще не окончено.

В рамках статьи будет рассмотрено транспортное обслуживание одного из самых крупных микрорайонов Орловского муниципального округа – микрорайона «Болховский».

Материал и методы

Микрорайон «Болховский» расположен в поселке Жилина Орловского МО, в непосредственной близости от границы города Орла и включает в себя 24 жилых дома. В этом микрорайоне на сегодняшний день проживает приблизительно 12550 человек. Из объектов социальной сферы здесь расположены такие объекты, как продовольственные магазины, аптеки, салоны красоты, детский сад на 230 мест, а также идет строительство школы на 1225 мест. Кроме того в микрорайоне «Болховский» продолжается жилищное строительство: в 2024-2025 году запланирован ввод в эксплуатацию ЖК «Новые высоты», и «Зеленый квартал».

Улично-дорожная сеть микрорайона «Болховский» представляют собой улицы шириной 3 метра, что соответствует дороге категории 4 с двумя полосами (одна полоса в каждую сторону) с радиусом поворота 15 метров. Въезд/выезд осуществляется на крестообразном перекрестке, образованным Болховским шоссе, улицей Раздольной и улицей Генерала Лаврова.

Транспортное обеспечение микрорайона «Болховский» обеспечивается 12 маршрутами, два из которых проходят непосредственно по улицам микрорайона (рис. 1).

На территории микрорайона «Болховский» расположены две остановки общественного транспорта («Болховское шоссе» и «Микрорайон «Болховский»»). Расстояние от остановки «Болховское шоссе» до ближайшего дома составляет 500 метров, что соответствует нормам, утвержденным в распоряжении Минтранса России N НА-19-р «Социальный стандарт транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом». До остальных домов и объектов социальной сферы расстояние от проходящих остановок составляет более 500 метров, что не соответствует требованиям Минтранса. От остановки «Микрорайон Болховский», расположенной вблизи дома по адресу: улица Генерала Лаврова, 8, расстояние до любого объекта социальной сферы составляет до 500 метров, что соответствует стандарту Минтранса России. Эта остановка является конечной для автобусных маршрутов регулярных пассажирских перевозок №115 и 444.



1. Остановка Микрорайон «Болховский» - Посадка (автобусные маршруты 115 и 444)
2. Остановка Микрорайон «Болховский» - Высадка (автобусные маршруты 115 и 444)
3. Остановка Болховское шоссе (автобусные маршруты 9,10,18,115,131,167,421,444,457,459,464)
4. Остановка Болховское шоссе (автобусные маршруты 9,10,18, 459)
5. Остановка Болховское шоссе (автобусные маршруты 131,167,421,445, 457,464,672)

Рисунок 1 - Карта транспортного обслуживания микрорайона «Болховский»

В микрорайоне «Болховский» автобусы регулярных пассажирских перевозок охватывают лишь улицу Генерала Лаврова. По другим улицам этого микрорайона пассажирское движение не осуществляется.

Все автобусные маршруты микрорайона «Болховский» обслуживаются частным перевозчиком с использованием автобусов малого класса ГАЗ-А64R42 Next и ГАЗ-А68R52 City в количестве 13 единиц на каждом из маршрутов.

Теория / Расчет

В настоящее время не все улицы микрорайона Болховский задействованы в пассажирском движении, а также отсутствует разворотное кольцо для автобусов регулярных пассажирских перевозок. Для решения проблем транспортного обслуживания необходимы организационные мероприятия с учетом потребностей жителей, проживающих в данном микрорайоне. К данным мероприятиям нужно отнести строительство дороги категории 3 с радиусом поворота 20 метров длиной 1 км вокруг жилых домов по улицам Графа Киселева и Естина с примыканием к улице Генерала Лаврова (рис. 2). По новой дороге можно также запустить движение автобусов средней и большой вместимости с обустройством 2 остановочных пунктов. На данное мероприятие понадобится 14244168 рублей.



Рисунок 2 - Схема новой дороги в микрорайоне «Болховский»

В таблице 1 приведен полный перечень оборудования для строительства новой дороги в микрорайоне «Болховский».

Таблица 1 - Стоимость оборудования, строительных сооружений и монтажных работ для строительства новой дороги в микрорайоне «Болховский»

№ п/п	Наименование	Ед. изм.	Количество	Цена за единицу, руб.	Монтажные работы, руб.	Полная стоимость, руб.
1	Обустройство посадочных площадок	м ²	120	350	-	42000
2	Установка дорожных знаков 5.16 «Место остановки автобуса и (или) троллейбуса»	Шт.	2	1584	2200	7568
3	Нанесение дорожной разметки 1.17 (нанесение холодного пластика)	м	40	90	-	3600
4	Установка остановочных пунктов	Шт.	2	85000	10500	191000
5	Дорожное строительство	км	1	-	-	14000000
6	Итого	-	-	-	-	14244168

Повысить качество транспортного обслуживания можно внесением изменений в характеристику транспортных средств, обслуживающих автобусные маршруты регулярных пассажирских перевозок [1].

Автобусный маршрут №115 был открыт в 2016 году, тогда сам микрорайон «Болховский» еще только застраивался и не все дома были сданы в эксплуатацию. С того времени подвижной состав маршрутов регулярных пассажирских перевозок не менялся, а жилищный фонд продолжал расширяться, увеличилось количество объектов социальной сферы. Для развивающегося микрорайона необходимы автобусы средней вместимости в связи с появлением новых жилищных комплексов и новых объектов социальной инфраструктуры [4]. Рассмотрим замену подвижного состава на представителя среднего класса ЛиАЗ-4292.60.

Автобус ЛиАЗ-4292.60 – низкопольный автобус, предназначенный для работы на маршрутах со средним пассажиропотоком в городских условиях. Автобус полностью отвечает требованиям международных стандартов комфорта и эргономики пассажирского транспорта.

Изменения в отношении пути следования транспортных средств по маршруту, их класса и (или) характеристик, перечня остановочных пунктов, сокращения количества выполняемых рейсов либо прекращение осуществления регулярных перевозок по данному маршруту осуществляется согласно ст.29.1 «Изменение маршрута регулярных перевозок и прекращение осуществления регулярных перевозок в отдельных случаях» с Федеральным законом № 220-ФЗ «Об организации регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» и закона Орловской области №1886-ОЗ «Об отдельных правоотношениях в сфере организации регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом на территории Орловской области».

Проведем расчет технико-эксплуатационных показателей для автобусного маршрута №115 с учетом изменения подвижного состава (замена автобусов малого класса ГАЗ-А64R42 Next на автобусы среднего класса ЛиАЗ-4292.60).

Средняя дальность поездки одного пассажира находится по формуле [5, 6, 13, 14]:

$$l_{cp} = \frac{L_M}{\eta_{cm}}, \text{ км,} \quad (1)$$

где η_{cm} – коэффициент сменяемости $\eta_{cm} = 4$

$$l_{cp} = \frac{10,4}{4} = 2,6 \text{ км.}$$

Время рейса на автобусном маршруте определяется по следующей формуле [8]:

$$t_p = t_{дв} + t_n + t_k, \text{ ч} \quad (2)$$

где t_p – время рейса;

$t_{дв}$ – время в движении, ч.;

t_n – суммарное время простоя на промежуточных пунктах, ч.;

t_k – время простоя на конечном пункте, ч.

Время в движении определяется по формуле [8]:

$$t_{дв} = \frac{L_M \times 60}{V_m}, \quad (3)$$

где L_M – длина маршрута, км;

V_m – скорость в движении, км/ч;

60 – коэффициент перевода минут в часы.

$$t_{дв} = \frac{10,4 \times 60}{30} = 21 \text{ мин.}$$

Суммарное время простоя на всех остановочных пунктах [5, 6]:

$$t_n = t_{он} \times N_{ост}, \text{ с.} \quad (4)$$

где $t_{он}$ – время, затрачиваемое на промежуточные остановочных пунктах;

$N_{ост}$ – количество остановочных пунктов; $N_{ост} = 16$.

$$t_n = 55 \times 16 = 880 \text{ с} = 15 \text{ мин.}$$

Суммарное время на конечных остановочных пунктах t_k равно 15 минутам (время для оценки состояния автобуса) [5, 6].

Тогда время рейса на маршруте регулярных пассажирских перевозок составляет:

$$t_p = 21 + 15 + 15 = 51 \text{ мин} = 0,85 \text{ ч.}$$

Время обратного рейса находится по формуле [6]:

$$T_{об} = 2 \times t_p \quad (5)$$

где $T_{об}$ – время обратного рейса.

$$T_{об} = 2 \times 51 = 102 \text{ мин} = 1,7 \text{ ч}$$

Скорость движения на маршруте можно вычислить по формуле [5, 6]:

$$V_m = \frac{L_M}{t_{дв}}, \text{ км/ч} \quad (6)$$

$$V_m = \frac{10,4}{0,35} = 29,7 \text{ км/ч.}$$

Скорость сообщения V_c [5, 6]:

$$V_c = \frac{L_M}{t_{дв} + t_n} \quad (7)$$

$$V_c = \frac{10,4}{0,35 + 0,5} = 12,2 \text{ км/ч.}$$

Эксплуатационная скорость $V_э$ вычисляется по формуле [5, 6]:

$$V_э = \frac{L_M}{t_{дв} + \sum t_{оп} + \sum t_{ко}} \quad (8)$$

$$V_э = \frac{10,4}{0,35 + 0,13 + 0,07} = 19 \text{ км/ч.}$$

Количество автобусов A_M на маршруте [5, 6]:

$$A_M = \frac{Q_{max}}{q_H} \times T_{об}, \quad (9)$$

где Q_{max} – максимальная мощность пассажиропотока на наиболее загруженном участке в часы пик, чел.;

q_H – номинальная вместимость автобуса, чел.

Номинальная вместимость автобуса ЛиАЗ-4292.60 составляет 79 человек.

Максимальная мощность пассажиропотока на наиболее загруженном участке в час пик составляет 450 человек.

$$A_M = \frac{450}{79} \times 1,7 = 10 \text{ авт.}$$

Для осуществления перевозок по маршруту регулярных пассажирских перевозок необходимо 10 автобусов ЛиАЗ-4292.60.

Интервал между автобусами определяется по формуле [5, 6]:

$$I = \frac{T_{об}}{A_M}, \quad (10)$$

$$I = \frac{102}{10} \approx 10 \text{ мин.}$$

По результатам технико-эксплуатационных показателей можно сделать вывод, что замена подвижного состава на автобусном маршруте регулярных пассажирских перевозок с транспортными средствами малой вместимости ГАЗ-А64R42 Next на автобусы средней вместимости ЛиАЗ-4292.60 ведет к уменьшению количества автобусов, обслуживающих данный маршрут при незначительном изменении интервала движения. Это способствует снижению интенсивности транспортного потока, а, следовательно, повышается безопасность дорожного движения.

Результаты и обсуждение

Для повышения качества транспортного процесса целесообразно использовать данные автобусы в утренние и вечерние часы пик в количестве 1-2 машин с разрывным графиком рабочего дня водителя с учетом разделения рабочего времени на две части. Данная структура времени поможет водителям в целях соблюдения режима труда и отдыха водителей отдыхать после рейсов на конечных остановках. Предполагаемое расписание движения автобусов по разрывному графику представлена в таблице 2.

Таблица 2 - Расписание движения автобусов ЛиАЗ-4292.60 по разрывному графику маршрута №115

№ графика	Время начала работы, часы	Автовокзал		Микрорайон «Болховский»		Время окончания работы	Общее время на маршруте, часы	Количество рейсов
		Прибытие, часы	Отправление, часы	Прибытие, часы	Отправление, часы			
1	7:05	8:46	9:01	7:40	7:55	20:38	14	8
		<u>10:58</u>	<u>11:40</u>	9:52	10:07			
		<u>13:37</u>		12:31	12:46			
			<u>17:00</u>	17:51	18:06			
		18:57	<u>19:12</u>	20:03				

Выводы

По анализу транспортного обслуживания Орла и Орловского муниципального округа можно сделать вывод, что одной из основных проблем транспортного обслуживания является нехватка общественного транспорта и его неравномерное распределение по городу. Это приводит к перегруженности некоторых маршрутов и длительному ожиданию общественного транспорта на остановках. Для решения проблемы предлагается оптимизировать маршрутную сеть и увеличить вместимость транспортных средств на маршрутах регулярных пассажирских перевозок.

Также стоит отметить, что состояние дорожного покрытия и инфраструктуры в городе оставляет желать лучшего, что затрудняет движение транспортных средств и создает условия для возникновения аварий и пробок.

Для решения этих проблем необходимо разработать комплексную программу по развитию транспортной инфраструктуры, увеличить количество общественного транспорта, оптимизировать маршруты и расписания движения транспортных средств, а также улучшить состояние дорожного покрытия и обеспечить безопасность участников дорожного движения. При выполнении комплекса мероприятий следует учитывать мнение и потребности пассажиров, чтобы создать более эффективную и удобную систему транспортного обслуживания в Орле.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кулева Н.С., Кулев А.В., Кулев М.В., Ломакин Д.О. Разработка методики определения количества и класса транспортных средств на маршруте // Мир транспорта и технологических машин. 2021. №4(75). С. 67-73. DOI 10.33979/2073-7432-2021-75-4-67-73.
2. Kulev A.V., Kulev M.V., Kuleva N.S. Basic approaches to the choice of methods of passenger traffic flow analysis // IOP Conference Series: materials science and engineering. International conference on modern trends in manufacturing technologies and equipment. 2020. С. 033071.
3. Kulev M.V., Kulev A.V., Kuleva N.S. Efficiency assessment in transport service provision for the population of Orel city // IOP Conference series: materials science and engineering. International conference on modern trends in manufacturing technologies and equipment. 2020. 971. С. 052090.
4. Кулева Н.С., Новиков А.Н., Кулев А.В., Кулев М.В. Повышение эффективности функционирования городского пассажирского транспорта / Под общей редакцией А.Н. Новикова // Информационные технологии и инновации на транспорте: Материалы 2-ой Международной научно-практической конференции. 2016. С. 378-382.
5. Кравченко Е.А. Пассажи́рские перевозкИ: Учебное пособие. Краснодар: КубГТУ, 2003. 105 с
6. Основы организации дорожного движения: Учебное пособие / А.Н. Новиков, Л.Е. Кущенко, С.В. Кущенко, А.С. Камбур. Белгород, Орел: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2023. 170 с.
7. Новиков А.Н., Еремин С.В., Шевцова А.Г. Пути повышения безопасности функционирования общественного транспорта в условиях перспективного развития города. Белгород-Орел: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2023. 239 с.
8. Shevtsova A.G., Novikov A.N., Silyanov V.V. Method of Urban Traffic Management // Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications, Conference Proceedings. Moscow. 2021. P.9416113. DOI 10.1109/IEEECONF51389.2021.9416113.
9. Novikov A., Shevtsova A., Burlutskaya A., Shekhovtsova S. Development of cycling infrastructure based on the example of urban agglomeration of Belgorod // Transport Problems. 2021. Vol. 16. №3. P. 213-222. DOI 10.21307/TP-2021-054.
10. Аксёнов И.Я., Аксёнов В.И. Транспорт и охрана окружающей среды. М.: Транспорт, 2009. 76 с.
11. Новиков А.Н., Шевцова А.Г. Безопасное и эффективное управление транспортными потоками в городской транспортной системе. Москва: Академия, 2022. 205 с.
12. Бодров А.С., Ломакин Д.О., Кулев А.В., Кулева Н.С. Повышение эффективности эксплуатации автобусов при создании выделенных полос для городского пассажирского общественного транспорта / Под редакцией А.Н. Новикова // Информационные технологии и инновации на транспорте: Материалы 4-ой Международной научно-практической конференции. Орел: Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, 2019. С. 281-289.
13. Кулев А.В., Внуков С.С. Характеристика маршрутной системы города Орел // Будущее науки-2019: сборник научных статей 7-й Международной молодежной научной конференции. Т. 6. Курск: ЮгоЗападный государственный университет. 2019. С. 64-67.
14. 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.
15. Пассажи́рские автомобильные перевозкИ: учебник для вузов / В.А. Гудков, Л.Б. Миротин, А.В. Вельможин, С.А. Ширяев; под ред. В.А. Гудкова. М.: Горячая линия - Телеком, 2006. 448 с.
16. ГОСТ Р 51004-96. Услуги транспортные. Пассажи́рские перевозкИ. Номенклатура показателей качества. М.: Госстандарт, 1996.
17. Белокуров В.П., Кораблев Р.А., Авдеев Г.А. и др. К вопросу оценки качества обслуживания пассажирских перевозок // Воронежский научно-технический Вестник. 2019. Т. 4. №4(30). С. 77-82.

Новиков Александр Николаевич

Орловский государственный университет
имени И.С. Тургенева
Адрес: 302030, Россия, г. Орел, ул. Московская, д. 77
Д.т.н., профессор, зав. кафедрой сервиса и ремонта
машин
E-mail: novikovan58@bk.ru

Петрище Евгений Витальевич

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

A.N. NOVIKOV, E.V. PETRISHCHE

**PROBLEMS OF TRANSPORT SERVICES IN THE CITY OF ORYOL
AND THE ORYOL MUNICIPAL DISTRICT BIBLIOGRAPHY**

Abstract. *The paper considers the issue of improving transport services in the city of Oryol and the Oryol municipal district on the example of the new residential district «Bolkhovsky». To achieve this goal, it is proposed to build a new road and change the rolling stock on the route of regular passenger traffic. The practical implementation of the proposed measures was carried out using the example of the route «Bus Station – Bolkhovsky microdistrict».*

Keywords: *passenger transport, route, transport services, passenger traffic, residential neighborhood*

BIBLIOGRAPHY

1. Kuleva N.S., Kulev A.V., Kulev M.V., Lomakin D.O. Razrabotka metodiki opredeleniya kolichestva i klas-sa transportnykh sredstv na marshrute // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2021. №4(75). S. 67-73. DOI 10.33979/2073-7432-2021-75-4-67-73.
2. Kulev A.V., Kulev M.V., Kuleva N.S. Basic approaches to the choice of methods of passenger traffic flow analysis // IOP Conference Series: materials science and engineering. International conference on modern trends in manufacturing technologies and equipment. 2020. S. 033071.
3. Kulev M.V., Kulev A.V., Kuleva N.S. Efficiency assessment in transport service provision for the population of Orel city // IOP Conference series: materials science and engineering. International conference on modern trends in manufacturing technologies and equipment. 2020. 971. S. 052090.
4. Kuleva N.S., Novikov A.N., Kulev A.V., Kulev M.V. Povyshenie effektivnosti funktsionirovaniya gorodskogo passazhirskogo transporta / Pod obshchey redaktsiyey A.N. Novikova // Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte: Materialy 2-oy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 2016. S. 378-382.
5. Kravchenko E.A. Passazhirskie perevozki: Uchebnoe posobie. Krasnodar: KubGTU, 2003. 105 s
6. Osnovy organizatsii dorozhnogo dvizheniya: Uchebnoe posobie / A.N. Novikov, L.E. Kushchenko, S.V. Ku-shchenko, A.S. Kambur. Belgorod, Orel: Belgorodskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskii universitet im. V.G. Shukhova, 2023. 170 s.
7. Novikov A.N., Eremin S.V., Shevtsova A.G. Puti povysheniya bezopasnosti funktsionirovaniya obshchestvennogo transporta v usloviyakh perspektivnogo razvitiya goroda. Belgorod-Orel: Belgorodskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskii universitet im. V.G. Shukhova, 2023. 239 s.
8. Shevtsova A.G., Novikov A.N., Silyanov V.V. Method of Urban Traffic Management // Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications, Conference Proceedings. Moscow. 2021. P.9416113. DOI 10.1109/IEEECONF51389.2021.9416113.
9. Novikov A., Shevtsova A., Burlutskaya A., Shekhovtsova S. Development of cycling infrastructure based on the example of urban agglomeration of Belgorod // Transport Problems. 2021. Vol. 16. №3. P. 213-222. DOI 10.21307/TP-2021-054.
10. Aksionov I.YA., Aksionov V.I. Transport i okhrana okruzhayushchey sredy. M.: Transport, 2009. 76 s.
11. Novikov A.N., Shevtsova A.G. Bezopasnoe i effektivnoe upravlenie transportnymi potokami v gorodskoy transportnoy sisteme. Moskva: Akademiya, 2022. 205 s.
12. Bodrov A.S., Lomakin D.O., Kulev A.V., Kuleva N.S. Povyshenie effektivnosti ekspluatatsii avto-busov pri sozdanii vydelennykh polos dlya gorodskogo passazhirskogo obshchestvennogo transporta / Pod redaktsiyey A.N. Novikova // Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte: Materialy 4-oy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Orel: Orlovskiy gosudarstvennyy universitet imeni I.S. Turgeneva, 2019. S. 281-289.
13. Kulev A.V., Vnukov S.S. Harakteristika marshrutnoy sistemy goroda Orel // Budushchee nauki-2019: sbornik nauchnykh statey 7-y Mezhdunarodnoy molodezhnoy nauchnoy konferentsii. T. 6. Kursk: YUgoZapadnyy gosudarstvennyy universitet. 2019. S. 64-67.
14. 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.
15. Passazhirskie avtomobil'nye perevozki: uchebnyk dlya vuzov / V.A. Gudkov, L.B. Mirotin, A.V. Vel'mozhin, S.A. Shiryaev; pod red. V.A. Gudkova. M.: Goryachaya liniya - Telekom, 2006. 448 s.
16. GOST R 51004-96. Uslugi transportnye. Passazhirskie perevozki. Nomenklatura pokazateley kachestva. M.: Gosstandart, 1996.
17. Belokurov V.P., Korablev R.A., Avdeev G.A. i dr. K voprosu otsenki kachestva obsluzhivaniya passazhirskikh perevozok // Voronezhskiy nauchno-tekhnicheskii Vestnik. 2019. T. 4. №4(30). S. 77-82.

Novikov Alexander Nikolaevich

Orel State University

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

Doctor of technical sciences

E-mail: novikovan58@bk.ru

Petrishche Evgeny Vitalievich

Orel State University

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

Postgraduate student

E-mail: petrishe.evgenii@mail.ru

Научная статья

УДК 656.02

doi: 10.33979/2073-7432-2024-3-3(86)-55-61

А.В. КУЛЕВ, М.В. КУЛЕВ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЫБОРА ПАССАЖИРАМИ МАРШРУТНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕНИЯ ИНФОРМАТИВНОСТИ О ДИНАМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЯХ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕССА

***Аннотация.** В работе рассматриваются вопросы, связанные с разработкой новых научных основ выбора пассажирами маршрутного транспортного средства в условиях повышения информативности о динамических показателях транспортного процесса. Проведена классификация пассажиров по признаку значимости комфорта и времени поездки, установлены наиболее весомые категории граждан, для которых в приоритете является комфорт. Предложена модернизация системы информирования пассажиров за счет предоставления им информации о наполнении салонов транспортных средств. Проанализировано влияние предлагаемых мероприятий на показатели качества пассажирских перевозок.*

***Ключевые слова:** подвижной состав, время ожидания, пассажирский транспорт, пассажир, комфорт*

Введение

Ежегодно в Российской Федерации отмечается рост количества автотранспортных средств у населения, одновременно с этим идет снижение использования общественного транспорта. Данная тенденция негативно сказывается на эффективности функционирования транспортных систем большинства населенных пунктов.

Использование общественного транспорта может стать ключом в решении проблем транспортных заторов в городах. Однако остается открытым вопрос как именно осуществить выбор населения в сторону использования общественного транспорта, а не личного автомобиля. Ответом может послужить работа над качеством функционирования общественного транспорта, одними из которых служат показатели комфортности и показатели скорости.

Поэтому проблемы повышения привлекательности городского общественного транспорта является важной социально-значимой задачей, решению которой посвящены труды многих ученых: Д. В. Капский [1-2], В. Э. Клявин, Ю. Н. Ризаева [3], В. А. Гудков, Л. Б. Миротин, А. В. Вельможин [4], В. В. Епифанов [5], В. В. Зырянов [6], С. В. Еремин [7], А. А. Кудрявцев [8], М. Е. Корягин [9] и др.

Материал и методы

Пассажиров общественного транспорта можно условно разделить на две категории:

- пассажиры, у которых в приоритете время;
- пассажиры, у которых в приоритете комфорт.

Поведение данных категорий граждан при использовании общественного транспорта отличается. Так пассажиры, у которых в приоритете время, постараются воспользоваться первым маршрутным транспортным средством, которое способно привезти их в пункт назначения. При этом, степень наполнения салона, а, следовательно, и комфорт поездки для них является второстепенным. Вторая категория пассажиров, у которых в приоритете комфорт, отличается иной моделью поведения при использовании общественного транспорта. Как правило они готовы ждать маршрутное транспортное средство, которое имеет меньшую степень наполнения салона, что повысит комфортность их поездки.

Проведенные исследования показывают [11], что у разных категорий граждан имеются разные предпочтения к выбору подвижного состава в разрезе комфорта (рис. 1). Для большей половины пенсионеров комфорт является довольно важным критерием при выборе транспортного средства, а для работающего населения более предпочтительным является время поездки.



Рисунок 1 – Распределение предпочтения комфорта поездки при выборе подвижного состава различными категориями населения

В большинстве городов России существуют информационные ресурсы для информирования пассажиров о времени прибытия подвижного состава [12-19] на остановочный пункт в разрезе обычных транспортных средств и низкопольного транспорта (рис. 2).

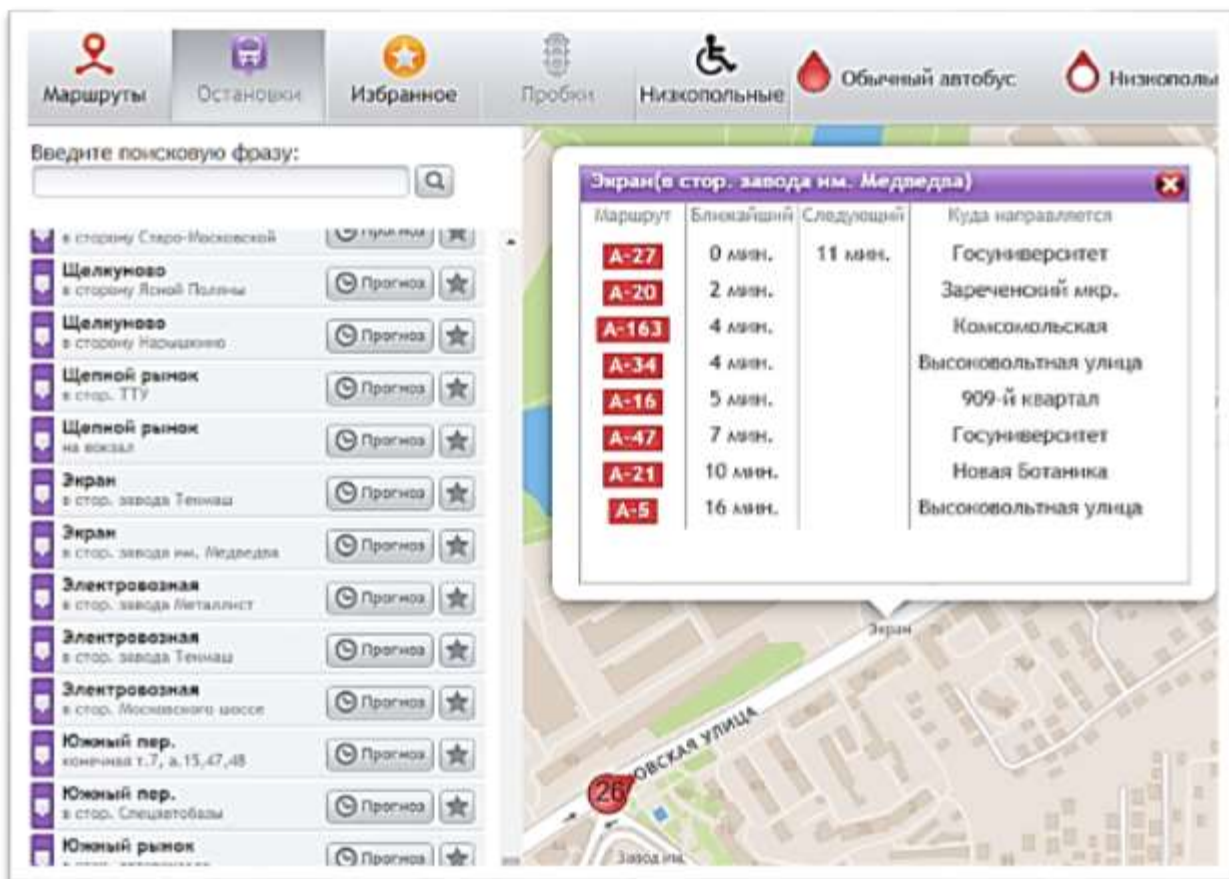


Рисунок 2 – Внешний вид типового сервиса информирования пассажиров общественного транспорта

Однако данный сервис не позволяет выбирать транспортные средства, которые являются более комфортными. Как правило пассажиры, для которых важен комфорт выйдут на остановочный пункт с некоторым запасом времени на ожидание, чтобы иметь возможность выбрать такое транспортное средство, где меньше наполнение салона (желательно есть свободные сидячие места). Но отсутствие инструментов для информирования пассажиров о наполнении салона транспортных средств в динамическом режиме затрудняет выбор транспортного средства данными категориями граждан, иначе говоря они видят время прибытия,

но не знают какой именно автобус будет наиболее пустой.

Для решения данной задачи оптимальным выходом является добавление информации в существующие информационные системы о наполнении салона каждого транспортного средства, тем самым пассажиры, для которых в приоритете комфорт будут ожидать наименее наполненное транспортное средство из расчета запаса имеющегося времени. Для удобства восприятия информации изображения транспортных средств можно окрашивать определенными цветами: зеленый, желтый и красный (рис. 3).



Рисунок 3 – Цветовые индикаторы наполнения салона транспортных средств

Теория / Расчет

Для решения задачи определения наполнения салона транспортного средства можно использовать методы обследования пассажиропотоков (рис. 4). Наиболее рационально использовать автоматизированные методы.

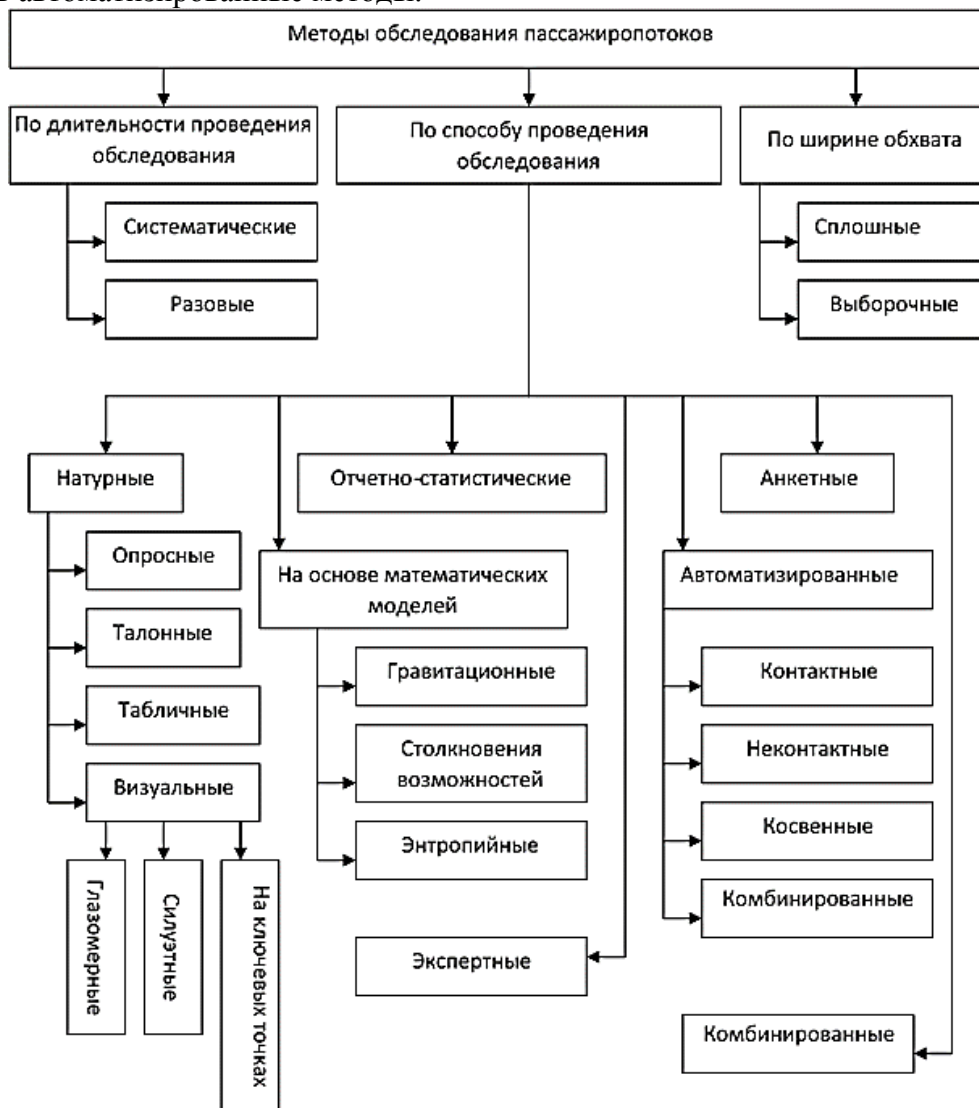


Рисунок 4 – Классификация методов обследования пассажиропотоков

В рамках настоящей статьи обследовать пассажиропотоки предполагается на основе технологии wifi, для этого необходимо оснастить каждый остановочный пункт и транспортное средство wifi-роутером, который будет фиксировать все персональные гаджеты пассажиров (рис. 5). Логика обследования заключается в следующем: на остановочном пункте wifi-роутер фиксирует всех пассажиров, находящихся в радиусе его действия, таким образом появляется необходимость отделить пассажиров от граждан, которые просто проходят мимо остановочного пункта. Для этого используются wifi-роутеры автобусов и последующих транспортных средств: если пассажир был зафиксирован на начальном остановочном пункте и в автобусе (после выхода из зоны действия wifi-роутера начального остановочного пункта), то значит, что он находится в данном транспортном средстве. Сумма всех зафиксированных пассажиров за вычетом тех, кто вышел из транспортного средства и будут составлять фактическое наполнение транспортного средства.



Рисунок 5 – Схема обследования пассажиропотоков с помощью технологии wifi

Таким образом с помощью данного метода можно передавать информацию о наполнении салона транспортных средств в систему информирования пассажиров. Это даст пассажирам возможность отслеживать не только время прибытия (t) транспортных средств на остановочный пункт, но степень наполнения салона (Q), тем самым выбирая транспортное средство, которое будет лучше подходить с точки зрения комфорта (рис. 6).

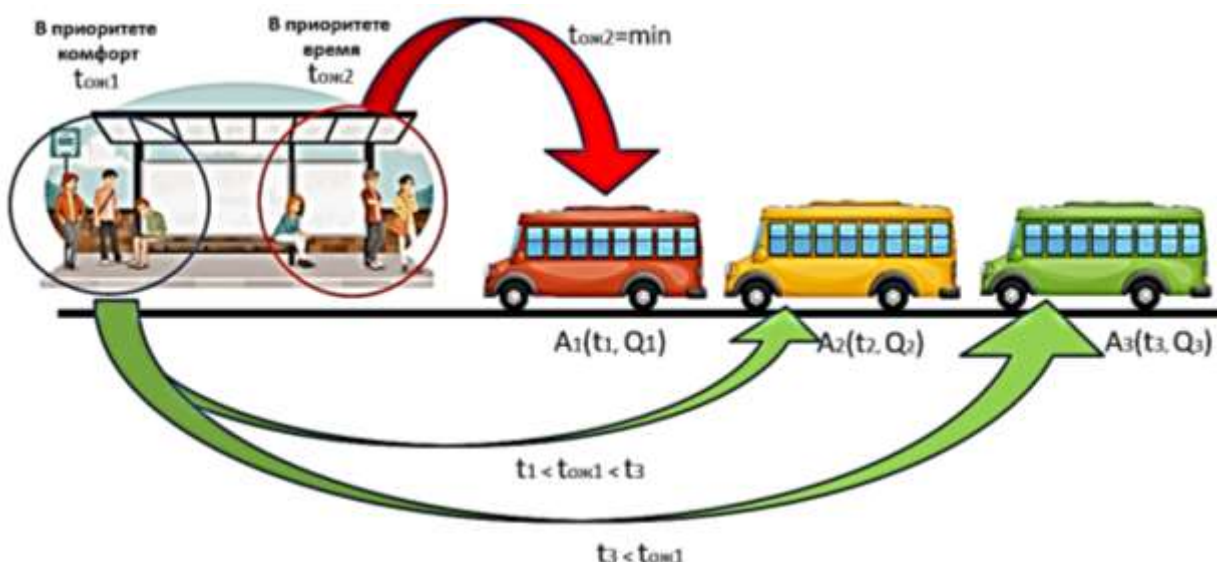


Рисунок 6 – Схема выбора подвижного состава пассажирами, у которых в приоритете комфорт и время

Выбор маршрутного транспортного средства пассажирами, у которых в приоритете комфорт зависит от времени его подъезда к остановочному пункту и от фактического напол-

нения салона.

Результаты и обсуждение

Главным эффектом от внедрения разработанной системы можно считать более равномерное распределение пассажиров по маршрутам сети городского общественного транспорта (рис. 7).

Тем самым достигается более равномерное наполнение салона всех транспортных средств.

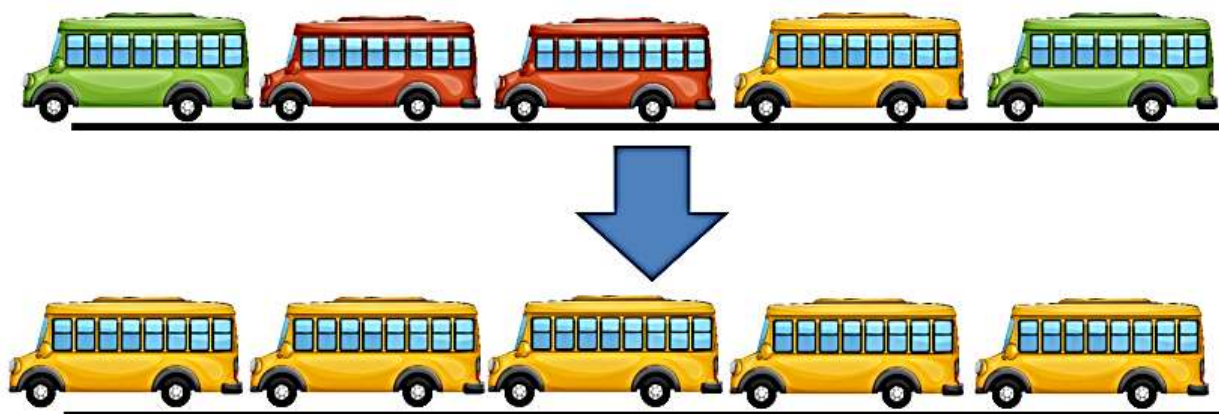


Рисунок 7 – Эффект от внедрения предлагаемой системы

Дополнительно достигается повышение качества перевозок пассажиров, установленных социальным стандартом транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом (рис. 8).

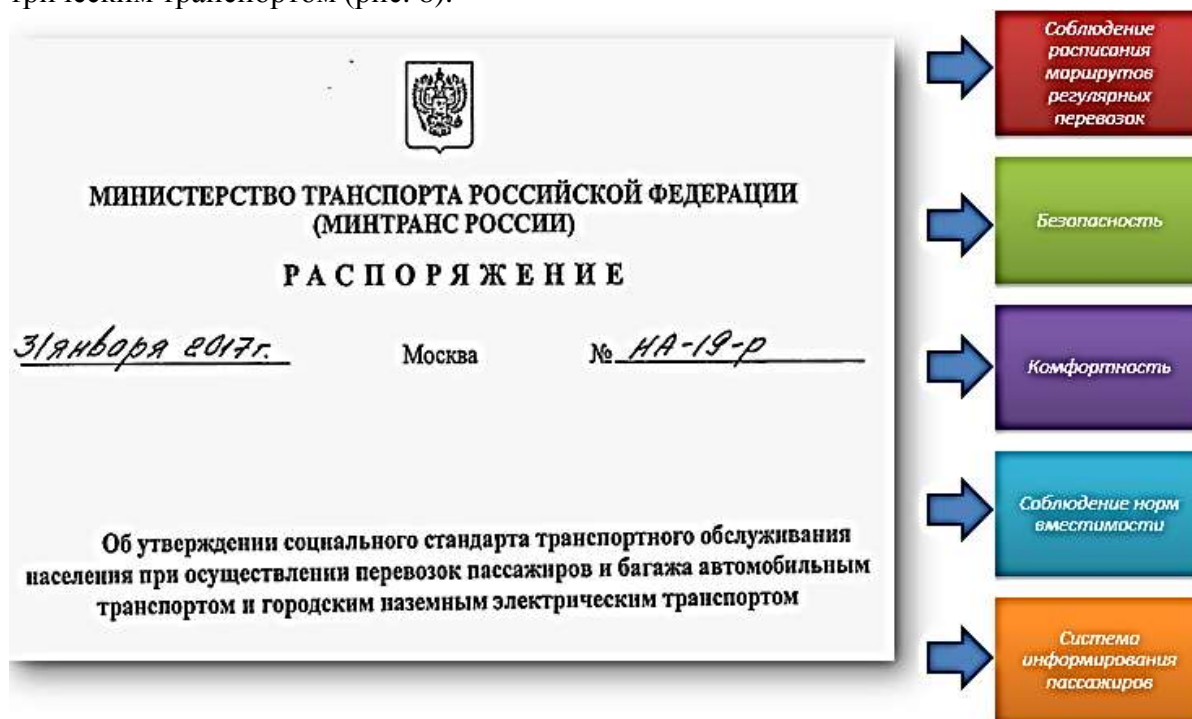


Рисунок 8 – Влияние на показатели качества при перевозках пассажиров

Выводы

Результаты настоящего исследования направлены на повышения эффективности системы городского пассажирского транспорта общего пользования за счет повышения его привлекательности для пассажиров.

Основной эффект достигается за счет более равномерного заполнения салона всех транспортных средств, что косвенно повышает безопасность движения, способствует соблюдению расписания и повышает показатели качества общественного городского транспорта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Капский Д.В., Скирковский С.В., Лю Ю. Анализ условий размещения остановочных пунктов на магистральной сети крупнейшего симбиотического города // Мир транспорта и технологических машин. 2023. №1-2(80). С. 28-36.
2. Семченков С.С., Капский Д.В., Лобашов А.О. Секторальный метод повышения эффективности маршрутного пассажирского транспорта // Мир транспорта и технологических машин. 2023. №1-2(80). С. 64-73.
3. Клявин В.Э., Ризаева Ю.Н., Гринченко А.В. Комплексный показатель качества пассажирских перевозок автомобильным транспортом // Мир транспорта и технологических машин. 2023. №2(81). С. 51-57.
4. Пассажирские автомобильные перевозки: учебник для вузов / В.А. Гудков, Л.Б. Миротин, А.В. Вельможин, С.А. Ширяев; под ред. В.А. Гудкова. М.: Горячая линия – Телеком, 2006. 448 с.
5. Епифанов В.В. Программно-целевой подход установления взаимосвязи параметров пассажирских перевозок на общественном автомобильном транспорте // Мир транспорта и технологических машин. 2023. №2(81). С. 74-80.
6. Зырянов В.В., Ветрова Т.А. Коэффициент эталонности пространственно-геометрических характеристик маршрута // Мир транспорта и технологических машин. 2022. №2(77). С. 46-53.
7. Еремин С.В. Оптимизация структуры парка подвижного состава городского пассажирского транспорта в общей многокритериальной постановке // Мир транспорта и технологических машин. 2022. №1(76). С. 62-68.
8. Кудрявцев А.А., Мишель Ф.Ф. Технологии автоматического подсчета пассажиров в беспилотных пассажирских транспортных средствах // Мир транспорта и технологических машин. 2021. №4(75). С. 74-82.
9. Корягин М.Е. Оптимизация управления городскими пассажирскими перевозками на основе конфликтно-устойчивых решений: дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.10. Новокузнецк, 2011. 303 с.
10. Технология организации пассажирских маршрутных перевозок: учебное пособие / П.П. Володькин, О.А. Широкоград, С.А. Архипов, А.С. Рьжова. Хабаровск: Тихоокеанский государственный университет, 2022. 104 с.
11. Кулева Н.С., Кулев А.В., Кулев М.В., Ломакин Д.О. Разработка методики определения количества и класса транспортных средств на маршруте // Мир транспорта и технологических машин. 2021. №4(75). С. 67-73.
12. Сиваков В.В., Тихомиров П.В., Камынин В.В., Боровая К.С. Оценка транспортного обслуживания населения Г. Брянска // Мир транспорта и технологических машин. 2023. №2(81). С. 58-66.
13. Поляков М.С., Яриков И.Д., Еремин В.И., Суфиянов Р.Ш. Имитационное моделирование транспортного движения с использованием программного комплекса PTV VISSIM // Наука и техника в дорожной отрасли. Ч. 3. Москва: Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ). 2021. С. 125-127.
14. Якимов М.Р., Арепьева А.А. Транспортное планирование. Особенности моделирования транспортных потоков в крупных российских городах. Москва: ООО «Издательская группа «Логос», 2016. 280 с.
15. Систук В.А., Богачевский А.А., Шумский В.Ю. Возможности использования программы имитационного моделирования PTV VISSIM для подготовки специалистов по направлениям «Транспортные технологии» и «Автомобильный транспорт» // Информационные технологии и средства обучения. 2016. Т. 52. №2. С. 93-107.
16. Еремин С.В., Новиков А.Н., Фроленкова Л.Ю. [и др.] Совершенствование дорожного движения в городе Красноярске на основе интеллектуальных транспортных технологий // Мир транспорта и технологических машин. 2023. №1-1(80). С. 76-86.
17. Локтионова А.Г., Шевцова А.Г. Определение динамического показателя автомобиля в транспортных потоках городской транспортной системы // Мир транспорта и технологических машин. 2023. №1-2(80). С. 37-42.
18. Филиппова Н.А., Литвиненко Р.В. Использование цифровых информационных технологий для снижения рисков при проведении автомобильных спортивных соревнований (на примере ралли) // Мир транспорта и технологических машин. 2023. №1-2(80). С. 98-103.
19. 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.

Кулев Андрей Владимирович

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

Кулев Максим Владимирович

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

THEORETICAL BASIS FOR PASSENGERS' CHOICE OF A ROUTE VEHICLE IN CONDITIONS OF INCREASING INFORMATION ABOUT DYNAMIC INDICATORS OF THE TRANSPORT PROCESS

Abstract. The paper discusses issues related to the development of new scientific foundations for the choice of route vehicles by passengers in the conditions of increasing information content about the dynamic indicators of the transport process. A classification of passengers was carried out based on the importance of comfort and travel time, and the most significant categories of citizens for whom comfort is a priority were identified. It is proposed to modernize the passenger information system by providing them with information about the contents of vehicle interiors. The impact of the proposed measures on the quality indicators of passenger transportation is analyzed.

Keywords: rolling stock, passenger transport, passenger, survey, public transport services

BIBLIOGRAPHY

1. Kapskiy D.V., Skirkovskiy S.V., Lyu YU. Analiz usloviy razmeshcheniya ostanovochnykh punktov na magistral'noy seti krupneyshego simbioticheskogo goroda // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2023. №1-2(80). S. 28-36.
2. Semchenkov S.S., Kapskiy D.V., Lobashov A.O. Sektoral'nyy metod povysheniya effektivnosti marshrutnogo passazhirskogo transporta // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2023. №1-2(80). S. 64-73.
3. Klyavin V.E., Rizaeva YU.N., Grinchenko A.V. Kompleksnyy pokazatel' kachestva passazhirskikh perevozok avtomobil'nyim transportom // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2023. №2(81). S. 51-57.
4. Passazhirskie avtomobil'nye perevozki: uchebnik dlya vuzov / V.A. Gudkov, L.B. Mirotin, A.V. Vel'mozhin, S.A. Shiryaev; pod red. V.A. Gudkova. M.: Goryachaya liniya - Telekom, 2006. 448 s.
5. Epifanov V.V. Programmno-tselevoy podkhod ustanovleniya vzaimosvyazi parametrov passazhirskikh perevozok na obshchestvennom avtomobil'nom transporte // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2023. №2(81). S. 74-80.
6. Zyryanov V.V., Vetrova T.A. Koeffitsient etalonnosti prostranstvenno-geometricheskikh kharakteristik marshruta // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2022. №2(77). S. 46-53.
7. Eremin S.V. Optimizatsiya struktury parka podvizhnogo sostava gorodskogo passazhirskogo transporta v obshchey mnogokriterial'noy postanovke // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2022. №1(76). S. 62-68.
8. Kudryavtsev A.A., Mishel' F.F. Tekhnologii avtomaticheskogo podscheta passazhirov v bespilotnykh passazhirskikh transportnykh sredstvakh // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2021. №4(75). S. 74-82.
9. Koryagin M.E. Optimizatsiya upravleniya gorodskimi passazhirskimi perevozkami na osnove konfliktno-ustoychivyykh resheniy: dis. ... d-ra tekhn. nauk: 05.13.10. Novokuznetsk, 2011. 303 s.
10. Tekhnologiya organizatsii passazhirskikh marshrutnykh perevozok: uchebnoe posobie / P.P. Volod'kin, O.A. Shirokorad, S.A. Arkhipov, A.S. Ryzhova. Habarovsk: Tikhookeanskiy gosudarstvennyy universitet, 2022. 104 s.
11. Kuleva N.S., Kulev A.V., Kulev M.V., Lomakin D.O. Razrabotka metodiki opredeleniya kolichestva i klassa transportnykh sredstv na marshrute // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2021. №4(75). S. 67-73.
12. Sivakov V.V., Tikhomirov P.V., Kamynin V.V., Borovaya K.S. Otsenka transportnogo obsluzhivaniya naseleniya G. Bryanska // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2023. №2(81). S. 58-66.
13. Polyakov M.S., Yarikov I.D., Eremin V.I., Sufiyarov R.SH. Imitatsionnoe modelirovanie transportnogo dvizheniya s ispol'zovaniem programmnogo kompleksa PTV VISSIM // Nauka i tekhnika v dorozhnoy otrasli. CH. 3. Moskva: Moskovskiy avtomobil'no-dorozhnyy gosudarstvennyy tekhnicheskiiy universitet (MADI). 2021. S. 125-127.
14. YAKimov M.R., Arep'eva A.A. Transportnoe planirovanie. Osobennosti modelirovaniya transportnykh potokov v krupnykh rossiyskikh gorodakh. Moskva: OOO «Izdatel'skaya gruppa «Logos», 2016. 280 s.
15. Sistuk V.A., Bogachevskiy A.A., Shumskiy V.YU. Vozmozhnosti ispol'zovaniya programmy imitatsionnogo modelirovaniya PTV VISSIM dlya podgotovki spetsialistov po napravleniyam «Transportnye tekhnologii» i "Avtomobil'nyy transport" // Informatsionnye tekhnologii i sredstva obucheniya. 2016. T. 52. №2. S. 93-107.
16. Eremin S.V., Novikov A.N., Frolenkova L.YU. [i dr.] Sovershenstvovanie dorozhnogo dvizheniya v gorode Krasnoyarske na osnove intellektual'nykh transportnykh tekhnologiy // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2023. №1-1(80). S. 76-86.
17. Loktionova A.G., Shevtsova A.G. Opredelenie dinamicheskogo pokazatelya avtomobilya v transportnykh potokakh gorodskoy transportnoy sistemy // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2023. №1-2(80). S. 37-42.
18. Filippova N.A., Litvinenko R.V. Ispol'zovanie tsifrovyykh informatsionnykh tekhnologiy dlya snizheniya riskov pri provedenii avtomobil'nykh sportivnykh sorevnovaniy (na primere ralli) // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2023. №1-2(80). S. 98-103.
19. 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.

Kulev Andrei Vladimirovich

Orel State University

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

Candidate of Technical Sciences

E-mail: andrew.ka@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

ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Научная статья

УДК 621.822

doi: 10.33979/2073-7432-2024-3-3(86)-62-68

А.Н. НОВИКОВ, О.Ю. БЛОШЕНКОВ

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА В УСЛОВИЯХ АПХ «МИРАТОРГ»

Аннотация. В статье проведен анализ использования автомобильного транспорта агрохолдинга «Мираторг» в Брянской области. Рассмотрена структура автопарка в разрезе различных характеристик: типов машин по назначению, марок машин. Приведены расчеты частных и обобщающих технико- эксплуатационных показателей транспортных средств. Дана оценка результативности использования автотранспорта агрохолдинга.

Ключевые слова: автомобильный транспорт, структура автопарк, технико- эксплуатационные показатели, транспортные средства, АПХ «Мираторг»

Введение

Агропромышленный холдинг (АПХ) «Мираторг» - крупнейшая российская агропромышленная компания, лидер России по производству и продаже продуктов питания, новатор в развитии сельского хозяйства страны.

Брянская область является одним из ключевых партнеров компании «Мираторг». Здесь агрохолдинг развивает производство говядины, свинины, мяса птицы по принципу полного цикла, занимается растениеводством, производством комбикормов, приступил к созданию предприятия по производству семенного картофеля высших категорий. Реализация проектов позволила создать 12 тысяч рабочих мест в сельской местности региона. Налоговые отчисления компании только в региональный бюджет в прошлом году превысили 1,4млрд рублей. Несомненно, для осуществления своей деятельности холдинг активно использует автомобильный транспорт для обеспечения логистики и транспортировки сельскохозяйственной продукции, а также перевозки сотрудников.

Цель исследования - анализ использования автотранспорта в условиях АПХ «Мираторг» в Брянской области, а именно его структурных подразделений: ООО «ФРИО Логистик» (транспортная компания), ООО «Брянская мясная компания» и ООО «Брянский бройлер». Для достижения цели были поставлены и решены следующие задачи:

- провести анализ состава автопарка в разрезе различных характеристик;
- дать оценку работы транспортных средств с использованием системы частных и обобщающих технико- эксплуатационных показателей;
- оценить результативности использования автопарка агрохолдинга.

Объектом исследования является автомобильный транспорт АПХ «Мираторг». Предмет исследования: технико- эксплуатационные показатели автотранспорта.

Исследованиями состояния автомобильного транспорта, определения его технико- эксплуатационных показателей занимались многие российские ученые, в том числе Зарубкин В.А., Бронштейн Л.А., Лейдерман С.Р., Великанов Д.П. и другие.

Материал и методы

Материалом для исследования послужили данные, полученные в результате учета автомобилей на линии с помощью специализированной программы для учета деятельности автотранспорта агрохолдинга «Мираторг».

Для проведения исследования были применены методы статистического анализа, расчета технико- эксплуатационных показателей автотранспорта, методика комплексной оценки эффективности использования автотранспорта: оценка организации автотранспортного

обслуживания; оценка результативности использования автопарка; эффективность использования грузового автотранспорта. Многие показатели использования автопарка изучались в динамике за 3 последних года.

Теория

Как подчеркнуто Горевым А.В., для «учета и анализа работы подвижного состава установлена система технико-эксплуатационных показателей (ТЭП), позволяющих оценить эффективность использования автомобилей и результаты их работы» [5]. Данная система показателей была использована для анализа работы автомобильного транспорта АПХ «Мираторг». (рис. 1).

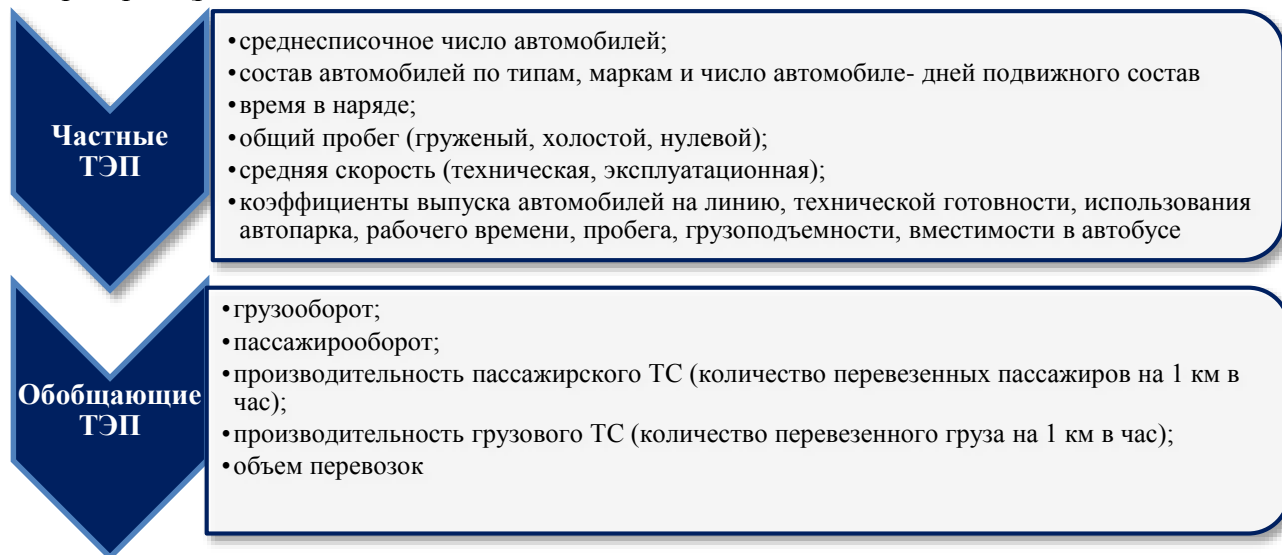


Рисунок 1- Классификация технико- эксплуатационных показателей автопарка

Анализируя состояние автопарка, следует изучить эти показатели в динамике, определить резервы увеличения производительности автотранспорта, пассажирооборота и грузооборота.

Расчет

В данном исследовании был проведен анализ структуры автопарка агрохолдинга «Мираторг» в разрезе следующих характеристик: типов машин по назначению и марок специализированных и пассажирских автомобилей, поскольку вопрос рационального выбора автотранспортных средств - один из наиболее важных в агропромышленном производстве. Структура автопарка в разрезе типов машин приведена в таблице 1.

Таблица 1 - Структура автопарка в разрезе типов машин на 2024 г.

Тип машин по назначению	«ФРИО Логистик»		«Брянская Мясная Компания»		«Брянский Бройлер»		Всего	%
	Кол-во (шт.)	%	Кол-во (шт.)	%	Кол-во (шт.)	%		
Грузовые машины	-	-	60	27	30	20	90	16
Специализированные машины	136	77	139	64	88	59	363	67
Пассажирский транспорт	40	23	20	9	32	21	92	17
ИТОГО	176		219		150		545	

Как свидетельствуют данные таблицы 1, автопарк в целом по агрохолдингу составляет 545 единиц техники. Наибольшее количество (67 %) в составе автопарка занимают специализированные машины для перевозки скота и птицы, кормов, рефрижераторы для перевозки продуктов питания.

Если рассматривать по структурным подразделениям, то автопарк ООО «ФРИО Логистик» составляет 176 единиц техники, из них 136 единиц техники (77 %) – это специализиро-

ванные машины, которые включают в себя автопоезда-рефрижераторы с для перевозки готовой продукции, а также скотовозы для перевозки животных.

Автопарк ООО «БРЯНСКАЯ МЯСНАЯ КОМПАНИЯ» составляет 219 единиц техники. Из них, 60 единиц (27 %) грузовые автомобили. Специализированная техника составляет 139 единиц (64 %). На долю пассажирского транспорта, который используется для перевозки сотрудников, а также для выполнения различных служебных задач, приходится 9 % всего автопарка.

Автопарк ООО «БРЯНСКИЙ БРОЙЛЕР» составляет 150 единиц, из них- 88 единиц (59 %) относится к специализированному транспорту, среди которого следует выделить яйцевозы - инновационный транспорт для перевозки яйца, из которого вот-вот вылупится цыпленок, где создан микроклимат с определенной температурой, влажностью, скоростью движения воздуха. На долю грузового и пассажирского транспорта приходится по 20 % и 21 % соответственно.

На транспортный процесс немаловажное влияние оказывает состав автопарка с точки зрения марок автомобилей, что нашло также отражение в нашем исследовании, результаты которого представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Структура автопарка АПХ «Мираторг» в разрезе марок машин на 2024 г.

Типы машин по назначению	Марка автомобиля	ООО «ФРИО Логистик»		ООО «БМК»		ООО «Брянский Бройлер»		Всего	
		Кол-во (шт.)	%	Кол-во (шт.)	%	Кол-во (шт.)	%	Кол-во (шт.)	%
Грузовые машины	КАМАЗ -45143	-	-	60	64	30	33	90	16,5
Специализированные машины	Пента КПВ 3-35	-	-	9	100	-	-	9	1,7
	VOLVO FH 13	68	38	65	37	44	25	177	32,5
	SCANIA P360	68	38	65	37	44	25	177	32,5
Пассажирские	MERCEDES INTOURO	12	100	-	-	-	-	12	2,2
	SCANIA TOURING	10	100	-	-	-	-	10	1,8
	МАЗ 206086	-	-	-	-	2	100	2	0,4
	УАЗ- 3909	-	-	20	50	20	50	40	7,3
	ГАЗЕЛЬ -2250	-	-	-	-	10	100	10	1,8
	MERCEDES SPRINTER	18		-	-	-	-	18	3,3
ИТОГО		176		219		150		545	
								100	

Как можно определить из данных таблицы 2, в структуре автопарка лидирующие позиции занимают специализированные автомобили VOLVO FH 13 (32,5 %) и SCANIA (32,5 %). Их удельный вес составляет 65 % всего автопарка, по 32,5 % на каждую марку соответственно. Автомобили данных марок отличаются прочностью, надежностью, безопасностью, удобным управлением, обладают должным уровнем комфорта. К ним предъявляются высокие требования, поскольку им предстоит возить 20 - тонные рефрижераторные полуприцепы, проходя в месяц по 15000 км. Прицепные кормосмесители комбикормового завода Пента КПВ 3-35 в количестве 9 единиц составляют 1,7 %.

Грузовые автомобили марки КАМАЗ-45143 занимают 16,5 % всего автопарка. Техника используется для перевозки кормов, зерна, животных, мясной продукции.

Пассажирский транспорт, используемый для перевозки сотрудников, а также для выполнения различных служебных задач, представлен автобусами марки марки УАЗ 3909 в количестве 40 единиц (7,3 %), микроавтобусы MERCEDES SPRINTER (3,3 %), автобусы MERCEDES INTOURO (2,2 %), автобусы марки SCANIA (1,8 %). Автотранспорт данных марок, а также марки МАЗ (0,4 %) используется для доставки сотрудников к месту работы и обратно. Система корпоративной доставки «Мираторга» - это настоящая транспортная сеть со строгим расписанием, остановочными пунктами и своеобразной «билетной системой» (доступ в автобусы по магнитным корпоративным пропускам).

Таким образом, разнообразный автомобильный транспорт позволяет обеспечить агрохолдингу Мираторг» эффективную логистику, быструю доставку продукции до потребителя, комфортное передвижение персонала.

Кроме анализа автомобильного парка по типам и маркам машин, в ходе исследования были произведены также расчеты некоторых частных технико - эксплуатационных показателей по фактическим данным, полученным в результате работы транспорта на линии. Результаты расчетов представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Уровень организации транспортного процесса

Показатели	Грузовой транспорт	Пассажирский транспорт
Среднесуточный пробег, км	500	300
Коэффициент технической готовности (КТГ)	0,80	0,95
Количество отработанных автомобиле-дней на 1 автомобиль	247,0	360,0
Коэффициент использования рабочего времени	0,87	0,50
Коэффициент использования автопарка	0,72	0,95
Коэффициент использования пробега	0,85	0,67
Коэффициент использования грузоподъемности / вместимости в автобусе	0,75	0,75

На основании данных таблицы 3, можно сделать вывод, что частные технико-эксплуатационные показатели использования как грузового, так и пассажирского транспорта в АПХ «Мираторг» находятся на высоком уровне.

Для определения результативности работы автотранспорта агрохолдинга были произведены расчеты объема выполненных услуг. Для грузового транспорта – объем перевезенных грузов и грузооборот, для пассажирского – количество перевезенных пассажиров и пассажирооборот. Результаты расчета вышеуказанных показателей за 3 последних года приведены в таблицах 4-5.

Таблица 4 - Объем транспортных услуг по перевозке грузов

Показатели	Структурные подразделения	Марки машин	2021г.	2022г.	2023г.	2023г. в % к 2021г.
Перевезено грузов, т	ООО «ФРИО- Логистик»	VOLVO FH 13	240435	252611	261552	8,7
		SCANIA P360	250027	260777	270864	8,3
	ООО «БМК»	VOLVO FH 13	225953	232523	240232	6,3
		SCANIA P360	215035	225065	235872	9,69
	ООО «Брянский бройлер»	VOLVO FH 13	133987	140287	146951	9,67
		SCANIA P360	140804	145654	152913	8,6
ИТОГО:			1 206 241	1 256 917	1 308 384	8,47
Грузооборот, ткм	ООО «ФРИО- Логистик»	VOLVO FH 13	102184875	107359675	111159600	8,7
		SCANIA P360	106261475	110830225	115117200	8,3
	ООО «БМК»	VOLVO FH 13	96030025	98822275	102098600	6,3
		SCANIA P360	91389875	95652625	100245600	9,69
	ООО «Брянский бройлер»	VOLVO FH 13	56944475	59621975	62454175	9,67
		SCANIA P360	59841700	61902950	64988025	8,6
ИТОГО:			512652425	534189725	556063200	8,47

Данные таблицы 4 говорят о том, что показатели объема транспортных услуг агрохолдинга по перевозке грузов за последние три года выросли на 8,47 %. Этому способствуют повышение коэффициентов использования пробега и грузоподъемности, а также высокое качество техобслуживания.

Объем транспортных услуг по перевозке пассажиров и выполненному пассажирообороту представлен в таблице 5.

Показатели объема транспортных услуг по перевозке пассажиров возрастают, о чем свидетельствуют данные, приведенные в таблице 5. За последние три года количество перевезенных пассажиров увеличилось на 5,8 %, пассажирооборот – на 6,14 %.

Результативность использования специализированного автотранспорта определялась по объему перевезенного груза и грузообороту в расчете на 1 автомобиле-день, 1 автомобиле-час и на 1 автомобиль за последние 3 года. (табл. 6).

Следует отметить рост объема грузоперевозок за последние три года, который составил 8,5-8,7 %.

Эффективность использования пассажирского автотранспорта определялась по количеству перевезенных пассажиров и пассажирообороту за последние 3 года (табл. 7).

За 3 три последних года пассажирооборот вырос на 6,14 %. Это связано с увеличением средней дальности перевозок пассажиров и увеличением количества пассажиров на 5,86 %.

Таблица 5 - Объем транспортных услуг по перевозке пассажиров

Показатели	Структурные подразделения	Марки машин	2021г.	2022г.	2023г.	2023г. в % к 2021г.
Перевезено пассажиров, человек	ООО «ФРИО-Логистик»	MERCEDES INTOURO	448800	462000	475200	5,9 %
		SCANIA TOURING	400180	413000	424800	6,15%
		MERCEDES SPRINTER	220325	226800	233280	5,8%
	ООО «БМК»	УАЗ- 3909	54300	56000	57600	6,0 %
	ООО «Брянский бройлер»	МАЗ 206086	40550	42000	43200	6,5%
		УАЗ- 3909	55000	56000	57600	4,7%
		ГАЗЕЛЬ -2250	123400	126000	129600	5,9%
	ИТОГО:			1342555	1381800	1421280
Пассажирооборот, чел./км	ООО «ФРИО-Логистик»	MERCEDES INTOURO	67020000	69300000	71280000	6,3%
		SCANIA TOURING	60175000	61950000	63720000	5,8%
		MERCEDES SPRINTER	33048000	34020000	34992000	5,9%
	ООО «БМК»	УАЗ- 3909	2660700	2800000	2880000	8,2%
	ООО «Брянский бройлер»	МАЗ 206086	1986950	2100000	2160000	8,7%
		УАЗ- 3909	1088000	1120000	1152000	5,9%
		ГАЗЕЛЬ -2250	2450020	2520000	2592000	5,8%
	ИТОГО:			168428670	173810000	178776000

Таблица 6 - Оценка результативности использования специализированного транспорта

Показатели	2021г.	2022г.	2023г.	2023г. в % к 2021г.
Объем работ в расчете на 1 автомобиле-час:				
- Перевезено грузов, т	1,72	1,80	1,87	8,7
- грузооборот, ткм	731,0	763,41	794,7	8,7
Объем работ в расчете на 1 автомобиле-день:				
- перевезено грузов, т	13,79	14,37	15,0	8,77
- грузооборот, ткм	5863,0	6107,3	6375,0	8,77
Объем в расчете на 1 автомобиль:				
- перевезено грузов, т	3407,5	3550,6	3696,0	8,5
- грузооборот, ткм	1 448 170	1 509 010	1 570 800	8,5

Таблица 7 - Оценка результативности использования пассажирского транспорта

Показатели	2021г.	2022г.	2023г.	2023г. в % к 2021 г.
Объем работ в расчете на 1 автомобиле-день:				
- перевезено пассажиров, чел.	40	42	43	7,5%
- пассажирооборот, чел. км	5085	5248	5398	6,15%
Объем работ в расчете на 1 автомобиль:				
- перевезено пассажиров, чел.	14592	15019	15448	5,86%
- пассажирооборот, чел. км	1 830 746	1 889 239	1 943 217	6,14%

Результаты и обсуждение

Проанализировав использование автомобильного транспорта в условиях агрохолдинга «Мираторг», можно утверждать, что большой автопарк, разнообразие видов автотранспорт-

ных средств, оптимальные пропорции между различными типами и марками машин позволяют холдингу обеспечивать эффективную логистику и оперативно реагировать на потребности рынка.

Технико-эксплуатационные показатели автотранспорта, выявленные в результате соответствующих расчетов, находятся на высоком уровне. Это относится как к специализированному, так и пассажирскому транспорту.

Складывается положительная динамика роста объема выполненных работ по перевозке грузов и пассажиров, что является результатом анализа технико-эксплуатационных показателей, а также факторов, положительно на них влияющих.

Наличие в структуре агрохолдинга собственной транспортной компании ООО «ФРИО Логистик» дает возможность осуществлять перевозки готовой продукции по всей стране, а также сырья между подразделениями компании без помощи посредников. Благодаря этому снижаются затраты на транспортировку грузов и обеспечивается дополнительный контроль качества при перевозках готовой продукции и кормов.

Дальнейшее развитие автотранспортной инфраструктуры позволит улучшить производственные процессы и повысить конкурентоспособность АПХ «Мираторг» на рынке сельскохозяйственной продукции.

Выводы

1. Анализ состава автопарка АПХ «Мираторг» показал, в что агрохолдинге задействовано большое количество машин, как грузовых, специализированных, так и пассажирских. Разнообразие марок автомобилей и оптимальные пропорции между ними позволяют холдингу использовать автотранспорт наиболее эффективно на разных видах перевозок.

2. Собственная транспортная компания в структуре агрохолдинга позволяет осуществлять перевозки, не прибегая к услугам посредников, что значительно уменьшает издержки на транспортировку сырья и готовой продукции.

3. Высокие технико-эксплуатационные показатели работы автомобильного транспорта свидетельствуют о высокой эффективности его использования и приводят к большому объему выполненных работ по перевозке грузов и пассажиров, который имеет тенденцию к постоянному росту.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аникин Н.В., Горячкина И.Н., Мартынушкин А.Б., Подьяблонский А.В., Терентьев В.В. Анализ методик оценки социально-экономического эффекта пассажирских перевозок автомобильным транспортом // Транспортное дело России. 2019. №4. С. 66-70.
2. Васильев В.Ф. Транспортные системы и транспортные потоки. М.: Высшая школа, 2002. 208 с.
3. Васильев С.Р. Инновации в транспортной сфере // Синергия наук. 2018. №29. С. 489-496.
4. Гореева Р.Г. Методы обработки информации. Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2013. 13 с.
5. Горев А.Э. Грузовые автомобильные перевозки: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. М.: «Академия», 2008.
6. Ефименко А.Г. Совершенствование организационно – экономического механизма эффективного функционирования автотранспортных организаций АПК на рынке услуг // Аграрная экономика. №6. 2009. 36 с.
7. 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.
8. Куренков А.П. Экономика предприятий автомобильного транспорта. М.: ИНФРА-М, 2018. 368 с.
9. Методология исследований и развития технологий эксплуатации автомобильного транспорта: учебное пособие / под ред. И.А. Коротковой. МАДИ, 2013.
10. Пилипук Н. Разработка и обоснование оптимальной структуры автомобильного парка АПК // Аграрная экономика. 2002. №2. 4 с.
11. Ходош М.С. и др. Организация перевозочного процесса на автомобильном транспорте: Учебник. Академия, 2018.
12. Чабатуль В.К. вопросу методики расчета показателей, характеризующих эффективность использования грузового автотранспорта на предприятиях АПК // Аграрная экономика. 2003. №11. 30 с.
13. Шагидуллин Р.Б. Основы теории транспортных потоков. М.: Высшая школа, 2010. 176 с.
14. Шпак А.П. Современные проблемы использования грузового автотранспорта на предприятиях АПК и пути их решения // Известия НАН 2009. №1. 24 с.
15. Экономика, планирование и организация предприятий автомобильного транспорта / под. ред. Голованенко С.Л. М.: Высшая школа. 2003 г.
16. ГОСТ Р 51004-96. Услуги транспортные. Пассажирские перевозки. Номенклатура показателей качества. М.: Госстандарт, 1996.

17. Официальный сайт АПХ «Мираторг» [Электронный ресурс]. URL: <https://miratorg.ru/>.
18. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: <https://gks.ru/>.

Новиков Александр Николаевич

Орловский государственный университет им. Тургенева И. С.
Адрес: 302026, Россия, г. Орел, ул. Комсомольская, 95
Д.т.н., профессор
E-mail: novikovan58@bk.ru

Блошенко Олег Юрьевич

Орловский государственный университет им. Тургенева И. С.
Адрес: 302026, Россия, г. Орел, ул. Комсомольская, 95
Аспирант
E-mail: olegbloenkov@yandex.ru

A.N. NOVIKOV, O.Yu. BLOSHENKOV

ANALYSIS OF ROAD TRANSPORT USE IN THE CONDITIONS OF THE «MIRATORG» AGRICULTURAL HOLDING

***Abstract.** The article analyzes the use of road transport of the Miratorg agricultural holding in the Bryansk region. The structure of the vehicle fleet is considered in terms of various characteristics: types of vehicles by purpose, brands of vehicles. Calculations of particular and general technical and operational indicators of vehicles are given. An assessment of the effectiveness of the use of agricultural holding vehicles is given.*

***Keywords:** road transport, vehicle fleet structure, technical and operational indicators, vehicles, «Miratorg» agricultural holding*

BIBLIOGRAPHY

1. Anikin N.V., Goryachkina I.N., Martynushkin A.B., Pod'yablonskiy A.V., Terent'ev V.V. Analiz metodik otsenki sotsial'no-ekonomicheskogo effekta passazhirskikh perevozk avtomobil'nym transportom // Transportnoe delo Rossii. 2019. №4. S. 66-70.
2. Vasil'ev V.F. Transportnye sistemy i transportnye potoki. M.: Vysshaya shkola, 2002. 208 s.
3. Vasil'ev S.R. Innovatsii v transportnoy sfere // Sinergiya nauk. 2018. №29. S. 489-496.
4. Goreeva R.G. Metody obrabotki informatsii. Izd-vo Alt. gos. tekhn. un-ta, 2013. 13 s.
5. Gorev A.E. Gruzovye avtomobil'nye perevozki: ucheb. posobie dlya stud. vyssh. ucheb. zavedeniy. M.: «Akademiya», 2008.
6. Efimenko A.G. Sovershenstvovanie organizatsionno - ekonomicheskogo mekhanizma effektivnogo funktsionirovaniya avtotransportnykh organizatsiy APK na rynke uslug // Agrarnaya ekonomika. №6. 2009. 36 s.
7. Kulev A.V., Minaeva E.M. Problemy povysheniya kachestva v sfere perevozk passazhirov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2023. №3-2(82). S. 100-105.
8. Kurenkov A.P. Ekonomika predpriyatiy avtomobil'nogo transporta. M.: INFRA-M, 2018. 368 s.
9. Metodologiya issledovaniy i razvitiya tekhnologiy ekspluatatsii avtomobil'nogo transporta: uchebnoe posobie / pod red. I.A. Korotkovoy. MADI, 2013.
10. Pilipuk N. Razrabotka i obosnovanie optimal'noy struktury avtomobil'nogo parka APK // Agroekonomika. 2002. №2. 4 s.
11. Hodosh M.S. i dr. Organizatsiya perevochnogo protsessa na avtomobil'nom transporte: Uchebnik. Akademiya, 2018.
12. Chabatul' V.K voprosu metodiki rascheta pokazateley, kharakterizuyushchikh effektivnost' ispol'zovaniya gruzovogo avtotransporta na predpriyatiyakh APK // Agroekonomika. 2003. №1. 30 s.
13. Shagidullin R.B. Osnovy teorii transportnykh potokov. M.: Vysshaya shkola, 2010. 176 s.
14. SHpak A.P. Sovremennye problemy ispol'zovaniya gruzovogo avtotransporta na predpriyatiyakh APK i puti ikh resheniya // Izvestiya NAN 2009. №1. 24 s.
15. Ekonomika, planirovanie i organizatsiya predpriyatiy avtomobil'nogo transporta / pod. red. Golovanenko S.L. M.: Vysshaya shkola. 2003 g.
16. GOST R 51004-96. Uslugi transportnye. Passazhirskie perevozki. Nomenklatura pokazateley kachestva. M.: Gosstandart, 1996.
17. Ofitsial'nyy sayt APH «Miratorg» [Elektronnyy resurs]. URL: <https://miratorg.ru/>.
18. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki [Elektronnyy resurs]. URL: <https://gks.ru/>.

Novikov Alexander Nikolaevich

Oryol State University
Address: 302026, Russia, Oryol, Komsomolskaya str., 95
Doctor of technical sciences
E-mail: novikovan58@bk.ru

Bloshenkov Oleg Yurievich

Oryol State University
Address: 302026, Russia, Oryol, Komsomolskaya str., 95
Graduate student
E-mail: olegbloenkov@yandex.ru

Научная статья

УДК 621.822

doi: 10.33979/2073-7432-2024-3-3(86)-69-75

Д.О. ЛОМАКИН, А.К. ПОЗДНЯКОВ

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ ПО КОСВЕННЫМ ПРИЗНАКАМ

***Аннотация.** В статье даны сведения о различных типах конструкции подшипниковых узлов, их достоинства и недостатки, а также предложены рекомендации для обеспечения длительной и эффективной эксплуатации подшипниковых узлов. Кроме того, в статье предложена система виброакустической диагностики подшипниковых узлов.*

***Ключевые слова:** диагностирование по косвенным признакам, подшипниковый узел*

Введение

Подшипниковые узлы играют ключевую роль в работе механического оборудования, обеспечивая свободное вращение валов, передачу силовых воздействий от двигателя к рабочим органам. Техническое состояние подшипников напрямую влияет на общее техническое состояние оборудования, поэтому важно обеспечивать их длительную и надежную работу.

Техническое обслуживание подшипниковых узлов включает регулярный осмотр, контроль температуры, вибраций, шумов и других параметров, а также своевременную замену изношенных деталей. Диагностирование подшипниковых узлов позволяет выявить возможные проблемы на ранних стадиях, что позволяет своевременно принять меры и предотвратить более серьезные неисправности.

Материал и методы

Основные элементы подшипникового узла включают в себя подшипник, корпус уплотнения и смазку.

При этом подшипник – это основной элемент узла, который обеспечивает вращение вала или оси. Подшипники могут быть разных типов: подшипники качения (шариковые, роликовые), подшипники скольжения.

Корпус – это внешняя оболочка подшипникового узла, которая удерживает подшипник и обеспечивает его защиту от внешних воздействий. Корпуса могут быть изготовлены из различных материалов: сталь, чугун, алюминий, пластик и др.

Уплотнения – это элементы, которые предотвращают попадание пыли, грязи и других посторонних частиц внутрь подшипникового узла. Уплотнения могут быть выполнены из различных материалов, например, из резины, силикона или неопрена.

Смазка – это материал, который уменьшает трение между движущимися частями подшипника и предотвращает их износ. Смазки могут быть на основе минеральных масел, синтетических масел или пластичных смазок.

Теория

Подшипниковые узлы с подшипниками скольжения (рис. 1) являются одними из самых распространенных. Они используются в различных машинах и оборудовании из-за своей высокой точности и долговечности. В конструкцию подшипникового узла скольжения входит вкладыш антифрикционный (2), корпус (3), вал (5). В отверстия (1) и между трущихся поверхностей антифрикционного вкладыша (2) и вала (5) подается смазка (4). Кроме того, имеется возможность подать смазку к трущимся поверхностям антифрикционного вкладыша (2) и вала (5) с помощью специального шприца через масленку. В более сложных конструкциях с большим количеством точек смазки используются централизованные системы, в которых смазка нагнетается масляным насосом из центрального бака по трубам. Иногда вместо отдельного корпуса используются расточенные детали конструкции, в которые впрессовываются антифрикционные втулки.

Подшипниковые узлы качения, в основе конструкции которых установлены подшипники качения (рис. 2) не уступают по своей востребованности узлам с подшипниками скольжения. Подшипниковый узел качения состоит из корпусной детали 1 с установленным в нем подшипником качения 2, внутри которого вращается вал 3. Смазка 4 находится внутри подшипника качения. С обеих сторон подшипник качения закрывают сальники уплотнительные 5 которые мешают попаданию пыли и влаги в подшипниковый узел в процессе его эксплуатации.

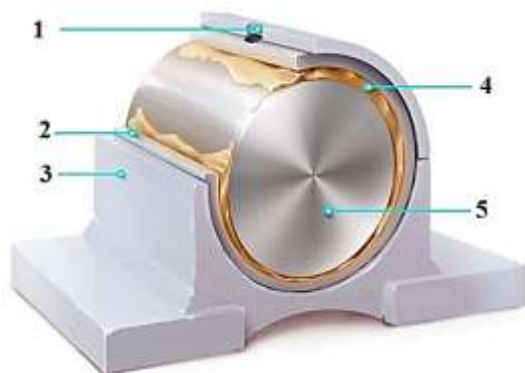


Рисунок 1 – Узел скольжения подшипниковый:

1 – отверстие для подачи смазки,
2 – вкладыш антифрикционный, 3 – корпус подшипникового узла, 4 – смазка, 5 – вал

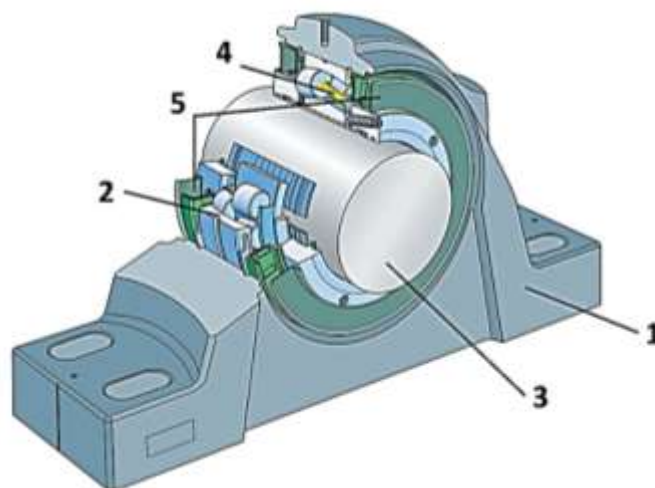


Рисунок 2 – Узел качения подшипниковый:

1 – корпус, 2 – подшипник качения, 3 – вал, 4 – смазка,
5 – сальники уплотнительные

Описанные выше конструкции подшипниковых узлов имеют свои преимущества и недостатки. Можно выделить основные преимущества и недостатки, которые присущи обоим конструкциям (рис. 3).

Подшипниковые узлы в большинстве случаев оказывают критическое влияние на работоспособность узлов и агрегатов машин и оборудования, в связи с чем необходимо контролировать техническое состояние подшипниковых узлов и обеспечивать их работоспособность.

Для обеспечения длительной и эффективной эксплуатации подшипников необходимо соблюдать следующие рекомендации:

- при выборе типа подшипников для конкретного случая необходимо учитывать множество факторов (нагрузка на подшипник, скорость вращения, тип применяемой смазки, среда эксплуатации);
- тип и количество смазки должны соответствовать требованиям производителя подшипников и условиям эксплуатации. Недостаточная или неправильная смазка может привести к перегреву, преждевременному износу и даже разрушению подшипников;
- при установке подшипников следует избегать перекосов, чрезмерного затягивания или ослабления креплений, а также попадания грязи и пыли внутрь подшипника;
- регулярное техническое обслуживание подшипников, включая проверку состояния смазки, очистку от пыли и грязи, а также проверку на наличие шума, вибрации и перегрева, помогает поддерживать их в хорошем состоянии и выявлять возможные проблемы на ранней стадии;
- подшипники следует заменять по мере износа. Это обычно указывается производителем в инструкции по эксплуатации и техническом обслуживании. Несвоевременная замена изношенных подшипников может привести к более серьезным проблемам и простоям оборудования;

– при эксплуатации подшипников важно следовать рекомендациям производителя, так как они основаны на проведенных испытаниях и опыте использования подшипников в различных условиях;

- персонал, работающий с подшипниками, должен быть обучен правильному использованию, монтажу, техническому обслуживанию и замене подшипников. Это поможет обеспечить их правильную эксплуатацию и продлить срок службы.

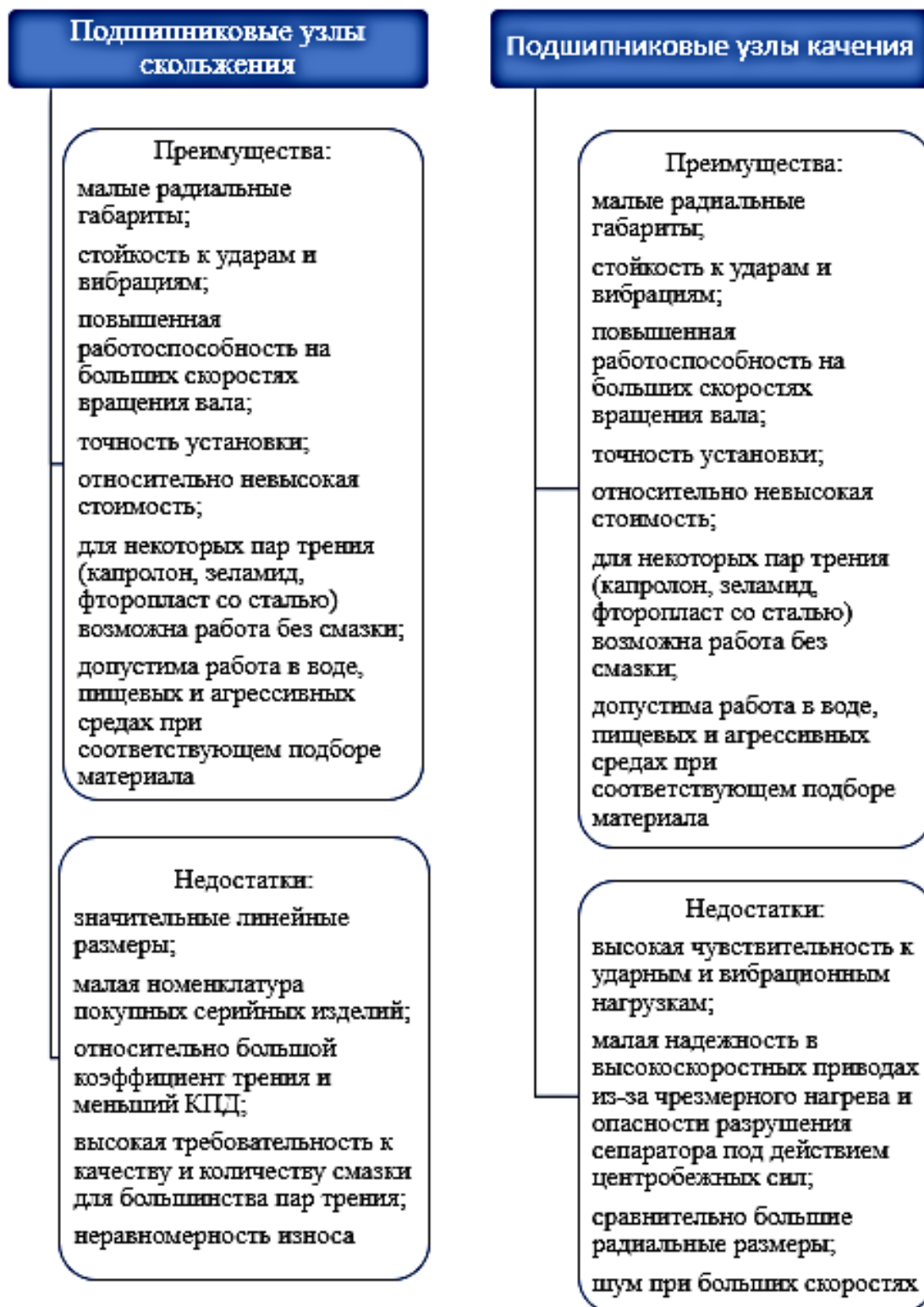
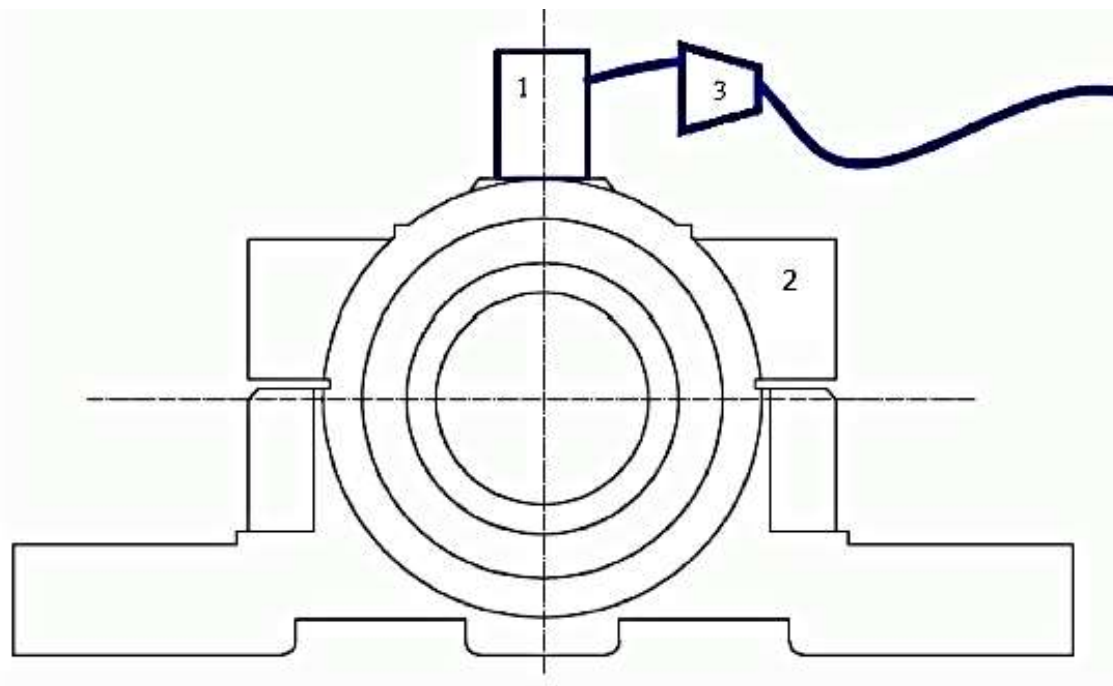


Рисунок 3 – Преимущества и недостатки конструкций подшипниковых узлов

Известно изобретение, которое относится к измерительной технике и технике контроля неисправностей оборудования. Система регистрирует акустические сигналы от подшипников роторного оборудования, анализирует их и диагностирует неисправности. (рис. 3).



*Рисунок 3 – Способ диагностики подшипникового узла:
1 – датчик; 2 – подшипниковый узел; 3 – мультиплексор*

Также система обнаруживает частицы примесей и водную эмульсию в смазке подшипников. Система эксплуатационного контроля неисправностей в подшипниках роторного оборудования использует аналого-цифровой преобразователь, мультиплексор, энергонезависимую память, микропроцессор и канал передачи данных для обработки и анализа сигналов акустической эмиссии.

Результаты и обсуждение

Реализация на программируемой логической интегральной микросхеме позволяет достичь высокой частоты дискретизации. Мультиплексор (3) позволяет подключаться к датчикам (1), пока микропроцессор уже обрабатывает предыдущий сигнал.

Представленное изобретение относится к технике неразрушающего контроля, при этом оно имеет несколько недостатков:

- отсутствие возможности определить точный момент времени для максимального уровня шума, характеризующего неисправность, и выделить различные компоненты шума;
- нет возможности выделить сигналы, вызванные частицами примесей и водной эмульсией в смазке подшипников;
- высокие требования к частоте дискретизации обрабатываемого сигнала, что может привести к высоким затратам на обработку данных.

В основе предлагаемой системы виброакустической диагностики (рис. 4) лежит нейронная сеть, прошедшая предварительное обучение. Нейронная сеть базируется на записанных заранее данных вибрации и шума диагностируемого узла, либо агрегата, полученных системой при текущем техническом состоянии подшипникового узла при различных неисправностях. Контроль за принятием окончательного решения при этом остается за оператором.

Обучение искусственной нейронной сети также производится на вновь получаемых данных о техническом состоянии подшипникового узла. Эти данные позволяют сформировать правила в искусственной нейронной сети, по которым на основании измеренных характеристик виброакустических параметров можно диагностировать тот или иной вид дефекта.

Датчики вибродиагностики (5) и акустической диагностики (6) установлены на корпусе (1) и крышке (2) соответственно. Через последовательно соединенные соответствующие им устройства усиления (7), фильтрации (8) и преобразования (9) подключены к блоку (10), который связан с базой данных (11) и с блоком (12). Блок (10) представляет собой микрокомпьютер или микроконтроллер, в котором имеется искусственная нейронная сеть, представленная в виде программного кода. Блок (12) содержит дисплей с видео- и аудиооповещением. Блок калибровки (13) подключен к блоку (10) и связан через него с блоком (12), а через соответствующие устройства (9), (8) и (7) с датчиками (5) и (6).

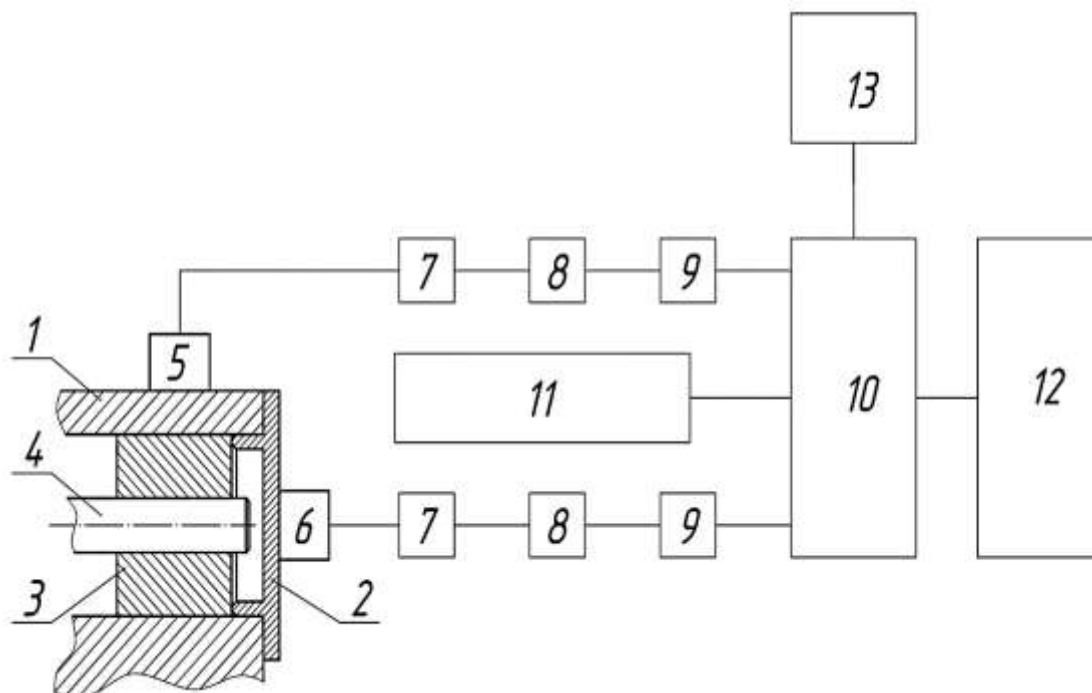


Рисунок 4 – Система виброакустической диагностики подшипниковых узлов: 1 – корпус, 2 – крышка подшипника, 3 – подшипник скольжения или качения, 4 – вал, 5 – датчик вибродиагностики, 6 – датчик акустической диагностики, 7 – устройство усиления сигнала, 8 – устройство фильтрации сигнала, 9 – устройство преобразования сигнала, 10 – блок обработки, обучения и принятия решения, 11 – база данных, 12 – блок прогноза состояния и отображения информации, 13 – блок калибровки

Вывод

С помощью предлагаемой системы виброакустической диагностики можно производить диагностирование технического состояния подшипниковых узлов качения или скольжения в режиме реального времени.

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/246/1/267vibratsii_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. В 7 т. М.: Машиностроение, 2005. 829 с.
4. Тебекин М.Д., Родичев А.Ю., Токмакова М.А., Родичева И.В. Анализ способов безразборной диагностики механических коробок передач легковых автомобилей // Мир транспорта и технологических машин – Орел: 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. Пат. 2783172 Российская Федерация, G01M 13/04. Система виброакустической диагностики подшипниковых узлов / Родичев А. Ю., Новиков А.Н., Горин А.В., Тебекин М.Д.; заявитель и патентообладатель ОГУ им. И.С.Тургенева; № 2021138180; заявл. 21.12.2021; опубл. 09.11.2022, Бюл. № 31. 8 с.
7. Пат. 2783190 Российская Федерация, G01M 13/02. Экспериментальная установка для диагностирования и испытания механических коробок передач легковых автомобилей / Новиков А.Н., Тебекин М.Д., Родичев А. Ю., Горин А.В.; заявитель и патентообладатель ОГУ им. И.С.Тургенева; № 2021131397; заявл. 26.10.2022; опубл. 09.11.2022, Бюл. № 31. 9 с.
8. Пат. 2753151 Российская Федерация, G01M 7/02. Способ вибрационной диагностики роторных систем. / Поляков Р. Н., Корнаев А. В., Казаков Ю. Н., Родичев А. Ю.; заявитель и патентообладатель ОГУ им. И.С.Тургенева; № 2020131421; заявл. 23.09.2020; опубл. 12.08.2021, 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. Хабаровск: ДВГУПС. 2007. В 6 т. 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. 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. A novelty detection diagnostic methodology for gearboxes operating under fluctuating operating conditions using probabilistic techniques // Mechanical systems and signal processing. V.100. 2018. P. 152-166.
14. Weiguo Huang. Multi-source fidelity sparse representation via convex optimization for gearbox compound fault diagnosis // Journal of Sound and vibration. V. 496. 2021. P. 115879.
15. S. Foulard M. 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. 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. 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. 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

Поздняков Андрей Константинович

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

D.O. LOMAKIN, A.K. POZDNYKOV

DIAGNOSIS OF BEARING ASSEMBLIES BY INDIRECT SIGNS

Abstract. *The article provides information about various types of bearing assembly designs, their advantages and disadvantages, as well as recommendations for ensuring long-term and efficient operation of bearing assemblies. In addition, the article proposes a system of vibroacoustic diagnostics of bearing assemblies.*

Keywords: *diagnosis by indirect signs, bearing assembly*

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/246/1/267vibratsii_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. V 7 t. 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: Orlowskiy 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. Pat. 2783172 Rossiyskaya Federatsiya, G01M 13/04. Sistema vibroakusticheskoy diagnostiki podshipnikovykh uzlov / Rodichev A. YU., Novikov A.N., Gorin A.V., Tebekin M.D.; zayavitel' i patentoobladatel' OGU im. I.S. Turgeneva; № 2021138180; zayavl. 21.12.2021; opubl. 09.11.2022, Byul. № 31. 8 s.
7. Pat. 2783190 Rossiyskaya Federatsiya, G01M 13/02. Eksperimental'naya ustanovka dlya diagnostirovaniya i ispytaniya mekhanicheskikh korobok peredach legkovykh avtomobiley / Novikov A.N., Tebekin M.D., Rodichev A. YU., Gorin A.V.; zayavitel' i patentoobladatel' OGU im. I.S. Turgeneva; № 2021131397; zayavl. 26.10.2022; opubl. 09.11.2022, Byul. № 31. 9 s.
8. Pat. 2753151 Rossiyskaya Federatsiya, G01M 7/02. Sposob vibratsionnoy diagnostiki rotornykh sistem. / Polyakov R. N., Kornaev A. V., Kazakov YU. N., Rodichev A. YU.; zayavitel' i patentoobladatel' OGU im. I.S. Turgeneva; № 2020131421; zayavl. 23.09.2020; opubl. 12.08.2021, 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. Habarovsk: DVGUPS. 2007. V 6 t. 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. 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. A novelty detection diagnostic methodology for gearboxes operating under fluctuating operating conditions using probabilistic techniques // Mechanical systems and signal processing. V.100. 2018. P. 152-166.
14. Weiguo Huang. Multi-source fidelity sparse representation via convex optimization for gearbox compound fault diagnosis // Journal of Sound and vibration. V. 496. 2021. R. 115879.
15. S. Foulard M. 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. 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. 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. 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
named after I.S. Turgenev
Address: 302030, Russia, Orel, st. Moskovskaya, 77
Candidate of technical sciences
Email: forstudentwork@mail.ru

Pozdnyakov Andrey Konstantinovich

Oryol State University
named after I.S. Turgenev
Address: 302030, Russia, Orel, st. Moskovskaya, 77
Student
E-mail: srmostu@mail.ru

Научная статья

УДК 621.352.6

doi: 10.33979/2073-7432-2024-3-3(86)-76-82

С.А. ЕВТЮКОВ, С.А. ВОРОБЬЕВ, Е.С. ТРОФИМОВ, П.А. РАЗУМОВ

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПРОЕКТ СИСТЕМЫ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ МАТЕРИАЛОВ С ИЗМЕНЯЕМЫМ ФАЗОВЫМ СОСТАВОМ

Аннотация. Рассмотрен концептуальный проект модели системы топливных элементов на основе материалов с изменяемым фазовым составом, пригодный к эксплуатации на автомобильном транспорте. Статья содержит результаты исследований на основе системы топливных элементов номинальной мощностью 50 кВт, работающей при 80°C. Рассмотрены варианты с различными материалами, пригодных для системы топливных элементов с изменяемым фазовым составом.

В статье приводится схематичный вид конфигурации конструкции управления тепловым режимом на основе материалов с изменяемым фазовым состоянием для батареи топливных элементов. Освещены данные по минимальной температуре топливных элементов и минимальной температуре хранения тепла.

Ключевые слова: топливный элемент, протонообменная мембрана, водород, двигатель внутреннего сгорания, электродвигатель, автомобильный транспорт, фазовый состав, зелёная энергетика

Введение

В качестве базового варианта была принята система топливных элементов [1-4] номинальной мощностью 50 кВт, работающая при 80° С. Обзор концепции управления тепловым режимом на основе материалов с изменяемым фазовым составом для системы топливных элементов [5-6], показан на рисунке 1.

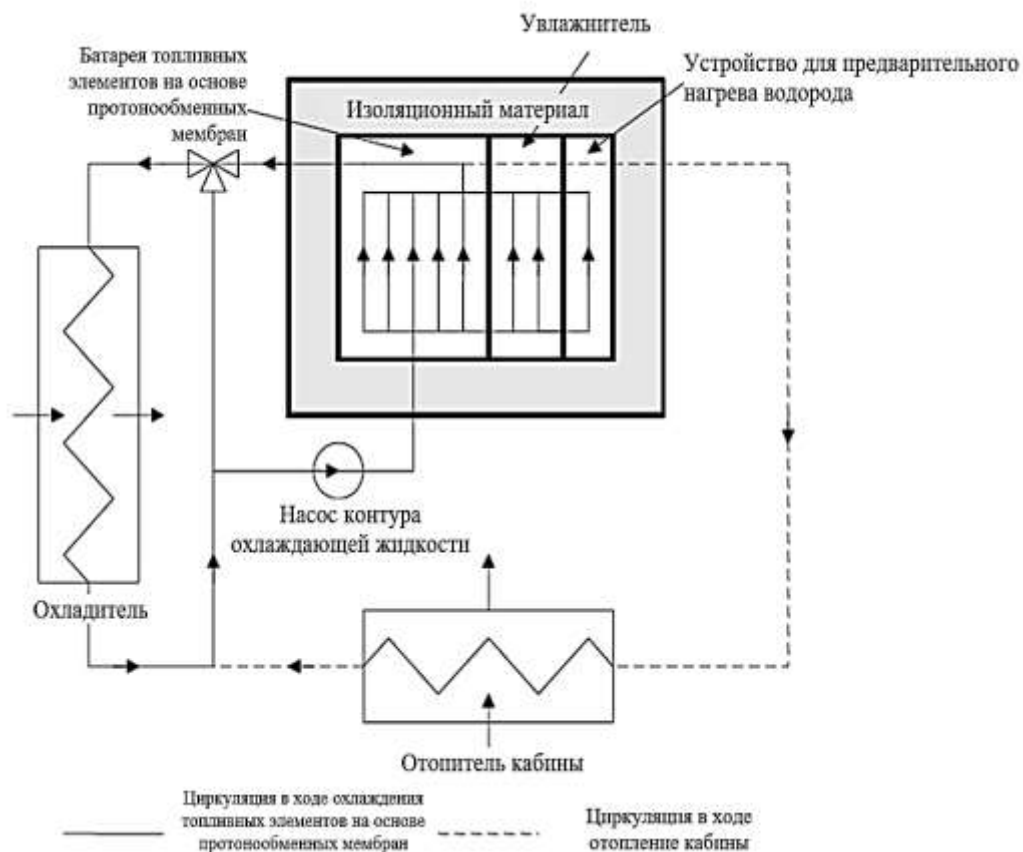


Рисунок 1 – Схематичный вид конфигурации конструкции управления тепловым режимом на основе материалов с изменяемым фазовым состоянием для батареи топливных элементов

© С.А. ЕВТЮКОВ, С.А. ВОРОБЬЕВ, Е.С. ТРОФИМОВ, П.А. РАЗУМОВ, 2024

Материал и методы

Во время работы батареи топливных элементов вырабатывается теплота невысокой температуры [7]. Эта теплота передается в контур охлаждения системы топливных элементов [8-9], и теплая охлаждающая жидкость расплавляет материал с изменяемым фазовым составом, расположенный в обертке изоляционным материалом батареи топливных элементов. Теплота хранится в виде скрытой теплоты в жидкой фазе материала с изменяемым фазовым составом [10]. При холодном запуске, холодная охлаждающая жидкость делает материал с изменяемым фазовым составом твердым, теплота передается циркулирующей жидкости и может использоваться в нагреве системы топливных элементов и кабины транспортного средства. Обычно, нагретый поток охлаждающей жидкости пропускается через батарею топливных элементов, увлажнитель и устройство для предварительного нагрева водорода к отопителю кабины [11].

Теория

Охлаждающая жидкость [12] отводится назад в батарею топливных элементов через насос контура охлаждающей жидкости. После того, как батарея топливных элементов достигнет своей рабочей температуры [13], используется охладитель и связанный с ним контур охлаждения.

Для снижения потери тепла в окружающую среду, материалы с изменяемым фазовым составом были изолированы при помощи легковесных и компактных вакуумных изоляционных материалов.

Для того, чтобы показать влияние вакуумных изоляционных материалов [14], общая теплоизоляционная обмотка состояла из сочетания материалов с изменяемым фазовым составом и вакуумных изоляционных материалов или только вакуумных изоляционных материалов. Были испытаны два типа материалов с изменяемым фазовым составом, волокнистые плиты, пропитанные парафиновым воском, от Rubitherm и водные соли ClimSel, инкапсулированные в алюминиевые пакеты, от Climator. Вакуумный изоляционный материал, использованный в моделированиях и экспериментах, который будет описан в дальнейших разделах, представлял собой САВОТ NanogelTM. Все моделируемые материалы были выбраны таким образом, чтобы они были эффективными в температурном диапазоне от -20° С до 80° С.

В таблице 1 показаны некоторые характеристики использованных материалов.

Таблица 1 – Характеристики использованных материалов с изменяемым фазовым состоянием и изоляционных материалов

Название марки	Rubitherm RT50	ClimSel C58**	САВОТ
Тип материала	Парафиновый воск	Гидрат соли	Вакуумная изоляция
Температура плавления, °С	54,5*	58	–
Скрытая теплота, КДЖ/КГ	195%	259	–
Плотность, КГ/М ³	750-850 (ж), 800-900 (тв.)*	1460	150-250
Теплопроводность, ВТ/М, К	0,2*	0,6-0,7	0,0048

* Данные действительны для чистого материала с изменяемым фазовым состоянием.

** Согласно производителю, ClimSel C58 не следует нагревать выше 70°С. Однако, в предварительных экспериментах перед моделированиями, было показано, что ClimSel C58 фактически выдерживает температуры выше 70°С, и, следовательно, использовался в последующих моделированиях и экспериментах.

Два комплекта сочетаний материалов с изменяемым фазовым составом/вакуумных изоляционных материалов для различного объема и толщины теплоносителя были смоделированы и испытаны экспериментальным путем.

Комплект 1 делает упор на комфорте пассажирской кабины или самой низкой температуре топливных элементов, полученной на протяжении Нового европейского рабочего цикла (NEDC) после 72 часов простоя при -20° С.

Целью Комплекта 2 является показать теплоемкость устройства материалов с изменяемым фазовым составом/вакуумных изоляционных материалов или самую низкую температуру хранения тепла после одной недели простоя (168 часов). Этот комплект также испытывался посредством экспериментов.

Экспериментальная установка (для комплекта 2) показана на рисунке 2.

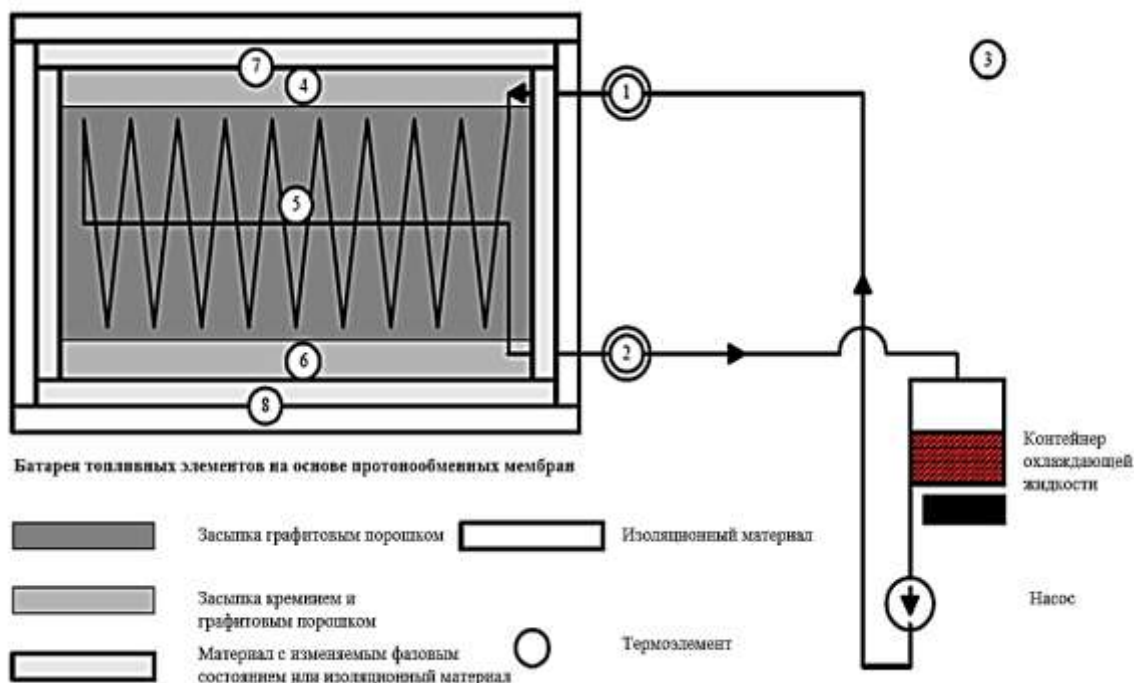


Рисунок 2 – Схематическое изображение экспериментальной установки

Из-за того, что реальная батарея топливных элементов не была доступна для испытаний на момент проведения исследования, была собрана модель с характеристиками, схожими с батареей топливных элементов Mark 700 компании Ballard. Экспериментальная установка была размещена в климатической камере, которая во время испытаний поддерживала температуру на уровне -20°C . Первоначально, модель батареи нагревалась теплой охлаждающей жидкостью. После достижения всеми термопарами в батарее температуры приблизительно 80°C , «батарея» отсоединялась от контура охлаждающей жидкости, начиналось время хранения тепла и измерения температуры термопарами, которые продолжались в течение 168 часов.

Результаты

Минимальная температура топливных элементов. Исходные моделирования на устройстве хранения тепла той же толщины (25 мм) показали, что, если к изоляционной обмотке добавляется материал с изменяемым фазовым состоянием, получается более стабильный температурный профиль слива, см. рисунок 3. Однако, конструкция с материалами с изменяемым фазовым состоянием/вакуумными изоляционными материалами имеет отрицательные стороны в виде увеличения веса и незначительно сниженного времени хранения тепла. Более того, было установлено, что долгосрочная теплоемкость является соответствующего уровня для обеих конструкций. Конструкция с вакуумными изоляционными материалами показала незначительно более высокую теплоемкость, чем конструкция с материалами с изменяемым фазовым состоянием/вакуумными изоляционными материалами, с временем большим на 14 %, или 204 часов перед тем, как температура упала ниже 0°C , по сравнению со 179 часами для конструкции с материалами с изменяемым фазовым состоянием/вакуумными изоляционными материалами.

Самая низкая смоделированная температура в хранилище тепла после простоя транспортного средства в течение одной недели (168 часов) составила 7°C для варианта с вакуумными изоляционными материалами и 3°C для сочетания материалов с изменяемым фазовым состоянием и вакуумных изоляционных материалов.

Минимальная температура хранения тепла. В комплекте 2 использовались четыре разных вакуумных изоляционных материала и материала с изменяемым фазовым состоянием, включая две разные толщины изоляции САВОТ (40 мм и 20 мм), а также сочетание 20 мм САВОТ и Rubitherm RT50, а также сочетание 20 мм САВОТ и ClimSel C58. Было показано, что толщина материала теплохладоносителя влияет на эффективность изоляции.

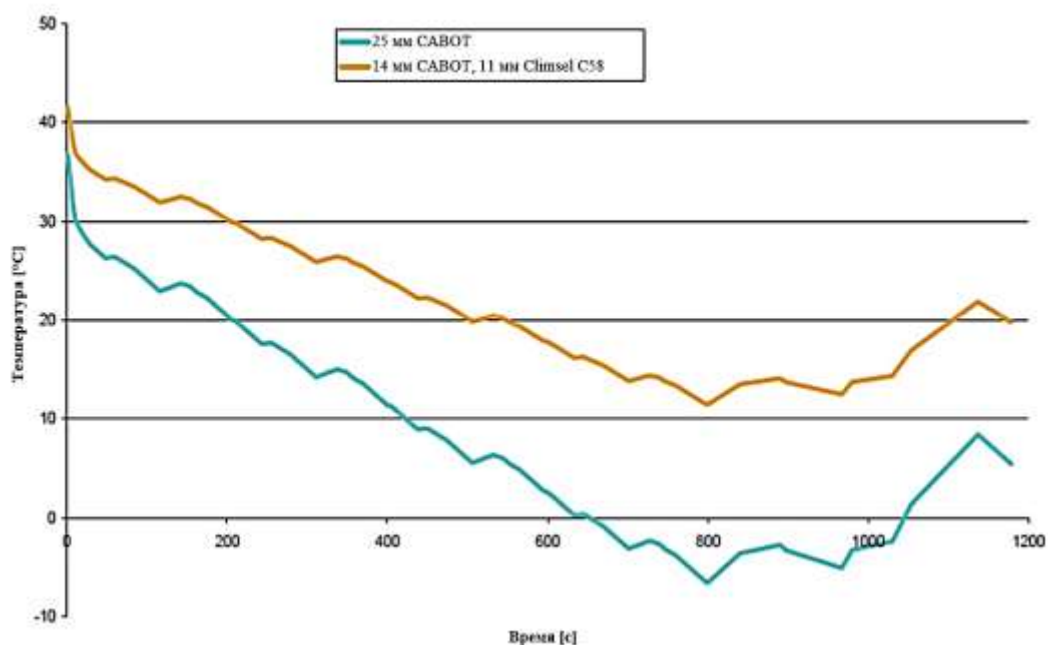


Рисунок 3 – Производительность теплового сброса устройств для хранения тепла, состоящие из вакуумного изоляционного материала (25 мм САВОТ) и сочетания материалов с изменяемым фазовым состоянием и вакуумных изоляционных материалов (14 мм САВОТ и 11 мм ClimSel C58)

Вакуумный изоляционный материал 40 мм САВОТ обеспечил самый длительный период хранения выше 0°C , в то время как наиболее легкое решение хранения, комплект с 20 мм САВОТ, показало наихудшие тепловые характеристики с минимальной температурой -15°C и способность хранения тепла в течение только 88 часов.

Обсуждение

Обе конструкции с материалами с изменяемым фазовым состоянием/вакуумными изоляционными материалами, с первоначально более высоким уровнем температуры, показали более высокие характеристики, чем только один изоляционный материал 20 мм САВОТ. С другой стороны, в этих конструкциях материал с изменяемым фазовым состоянием, по-видимому, теряет свою скрытую теплоемкость после достижения своего теплового плато и впоследствии действует только как дополнительный изоляционный материал, всего лишь увеличивающий толщину изоляционного материала. Сравнивая две конструкции с материалами с изменяемым фазовым состоянием/вакуумными изоляционными материалами с точки зрения веса и объема, комплект с ClimSel C58 показал более высокие результаты, чем комплект с Rubitherm RT50, из-за более высокой скрытой теплоемкости гидрата соли ClimSel C58. Хотя ни одна из этих установок не смогла поддерживать температуру батареи топливных элементов выше 0°C в течение всей недели, они обе показали хорошие тепловые характеристики в течение более 6 дней или 150 часов.

Выводы

Характерное плато выравнивания температуры, вызванного фазовым переходом, материалов с изменяемым фазовым состоянием, можно увидеть на рисунке 4.

Неожиданный изгиб в конце плато красной линии (САВОТ + ClimSel C58) отмечает конец фазового перехода, где материал с изменяемым фазовым состоянием практически полностью затвердел и было выпущено почти все тепло плавления материала с изменяемым фазовым состоянием. После этой точки снижение температуры ускоряется.

Результаты экспериментов имеют те же формы кривых хранения тепла, что и моделирования, но с двумя четко выраженными отличиями. Во-первых, эксперименты с использованием теплохладоносителя показывают более ровные температурные кривые в ходе отвердевания теплохладоносителя, чем соответствующие смоделированные кривые. Данный эффект, вероятно, обусловлен ограничениями теплопереноса. Во-вторых, и что более важно, зависимость температуры в зависимости от времени хранения экспериментов отклоняется от

таковой у расчетов. Основными факторами отклонения являются тепловые потери и отказы, вызванные механическим напряжением, произошедшие в герметизирующих материалах в ходе экспериментов. Например, в моделированиях было сделано допущение о том, что батарея топливных элементов идеально изолирована, в то время как в экспериментах батарея закрывалась вручную обмотанными изоляционными панелями.

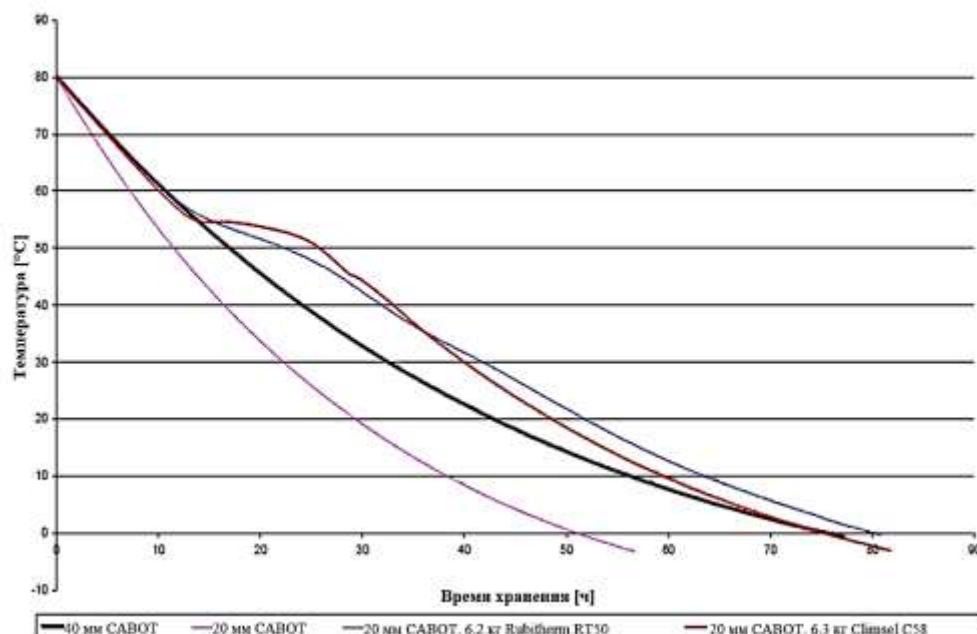


Рисунок 4 – Результаты экспериментов по способности хранения тепла для четырех различных конструкций для хранения тепла

При выборе соответствующих материалов с изменяемым фазовым состоянием для практического применения тепловых топливных элементов необходимо учитывать такие аспекты, как термофизические свойства в зависимости от конкретного материала с изменяемым фазовым состоянием, а также надежные, удобные в эксплуатации [15] и складываемые герметизирующие материалы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. № 2692464 С1 Российская Федерация, МПК Н01М 8/04, Н01М 8/04225, Н01М 8/04298. Система топливных элементов и способ управления системой топливных элементов: № 2018135307; заявл. 08.10.2018; опубл. 25.06.2019 / Т. Садамицу; заявитель ТОЙОТА ДЗИДОСЯ КАБУСИКИ КАЙСЯ. EDN PTQSQU.
2. Голубков Л.Н., Соленин Н.А., Михальченко Д.А., Душкин П.В. Разработка элементов системы управления и исследование аккумуляторной топливной системы с электрогидравлическими форсунками // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2012. №3(30). С. 20-27. EDN PBTSP.
3. Чернышов Д.А., Насретдинов Х.Ф. Разработка метода диагностирования элементов топливной системы автомобиля // Наземные транспортно-технологические средства: проектирование, производство, эксплуатация: II Всероссийская научно-практическая конференция. Чита: Забайкальский государственный университет, 2018. С. 146-150. EDN ESBND.
4. Трофимов, Е. С. Топливные элементы прямого действия на автомобильном транспорте // Транспортное дело России. 2022. №6. С. 154-156. DOI 10.52375/20728689_2022_6_154. EDN BHORAA.
5. Соловьев А.А., Сочугон Н.С., Ионов И.В. [и др.] Синтез и исследование пористых Ni – Al подложек для твердооксидных топливных элементов // Перспективные материалы. 2013. №4. С. 31-38. EDN PYDQFV.
6. Крайнова Д.А., Саетова Н.С., Фарленков А.С. [и др.] Влияние добавок оксида хрома на стабильность стеклокерамических герметиков для твердооксидных топливных элементов // Журнал прикладной химии. 2021. Т. 94, № 3. С. 338-345. DOI 10.31857/S0044461821030087. EDN GHIP.
7. Пат. № 2296393 С2 Российская Федерация, МПК Н01М 8/24, Н01М 8/02, Н01М 8/12. Батарея топливных элементов, система топливных элементов и способ изготовления батареи топливных элементов : № 2005135161/09; заявл. 27.07.2004; опубл. 27.03.2007 / Ю. Тано, К. Кимура, Х. Сато [и др.]; заявитель ТОЙОТА ДЖИДОША КАБУСИКИ КАЙША. EDN ISMLXU.
8. 06.13-19Л.223П Структура системы охлаждения для топливных элементов // РЖ 19Л. Технология неорганических веществ и материалов. 2006. №13. EDN IGWJAT.

9. Карелин Д.Л., Болдырев А.В., Болдырев С.В., Колбина Т.Ю. Анализ испарительного и жидкостного методов охлаждения блоков топливных элементов методом относительных энергетических показателей // Машиностроение: сетевой электронный научный журнал. 2023. Т. 10. №3. С. 25-28. DOI 10.24892/RIJE/20230305. EDN DPSYIJ.
10. Левшицкая О.Р., Агиевич Д.Ю. Материалы с изменяемым фазовым состоянием: состав, способы введения в текстильный материал // Материалы докладов 50-й международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, посвященной году науки. В 2-х томах. Т. 2. Витебск: Витебский государственный технологический университет. 2017. С. 319-321. EDN ZIWWBB.
11. Борзенко В.И., Еронин А.А. Использование воздушного нагрева в металлгидридных системах хранения водорода, комбинированных с твердополиметным топливным элементом / Под редакцией Д.О. Дуникова, О.С. Попеля // Возобновляемая энергетика XXI век: Энергетическая и экономическая эффективность: Материалы IV Международного конгресса REENCON-XXI. Сколково: Объединенный институт высоких температур Российской академии наук. 2018. С. 250-257. EDN YONJQT.
12. 06.01-19Л.204П Состав охлаждающей жидкости для модуля топливного элемента // РЖ 19Л. Технология неорганических веществ и материалов. 2006. № 1. EDN IGTUOR.
13. Демин А.К., Чуйкин А.Ю., Горшков М.Ю. [и др.] Влияние различных факторов на распределение температуры в батарее твёрдооксидных топливных элементов // Электрохимическая энергетика. 2013. Т. 13. №4. С. 187-191. EDN SELBBJ.
14. Семенов В.А., Работкин С.В., Пуговкин М.М. [и др.] Вакуумная установка для ионно-плазменного осаждения электролита твердооксидных топливных элементов // Materials. Technologies. Design. 2023. Т. 5. №5(15). С. 113-121. DOI 10.54708/26587572_2023_5515113. EDN VJBAUG.
15. Воробьев С.А., Разумов П.А., Абызов И.Т. Актуальность применения водородного топлива на автомобильном транспорте в современных условиях эксплуатации // Вопросы устойчивого развития общества. 2022. №4. С. 1516-1519. EDN KPMCAV.

Евтюков Сергей Аркадьевич

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

Воробьев Сергей Александрович

Санкт-Петербургский архитектурно-строительный университет
Адрес: 190005, Россия, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4
К.т.н., доцент, каф. эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов
E-mail: svorobev@list.ru

Трофимов Евгений Сергеевич

Санкт-Петербургский архитектурно-строительный университет
Адрес: 190005, Россия, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4
Аспирант
E-mail: e001st178@yandex.ru

Разумов Павел Александрович

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

S.A. YEVTYUKOV, S.A. VOROBYOV, E.S. TROFIMOV, P.A. RAZUMOV

CONCEPTUAL DESIGN OF A FUEL CELL SYSTEM BASED ON MATERIALS WITH VARIABLE PHASE COMPOSITION

Abstract. A conceptual design of a fuel cell system model based on materials with variable phase composition, suitable for use in road transport, is considered. The article contains the results of research based on a fuel cell system with a nominal power of 50 kW operating at 80 °C. Variants with different materials suitable for a fuel cell system with variable phase composition are considered.

The article provides a schematic view of the configuration of the thermal control design based on materials with a variable phase state for a fuel cell battery. The data on the minimum temperature of fuel cells and the minimum temperature of heat storage are highlighted.

Keywords: fuel cell, proton exchange membrane, hydrogen, internal combustion engine, electric motor, automobile transport, phase composition, green energy

BIBLIOGRAPHY

1. Pat. № 2692464 C1 Rossiyskaya Federatsiya, MPK H01M 8/04, H01M 8/04225, H01M 8/04298. Sistema toplivnykh elementov i sposob upravleniya sistemoy toplivnykh elementov: № 2018135307; zayavl. 08.10.2018; opubl. 25.06.2019 / T. Sadamitsu; zayavitel` TOYOTA DZIDOSYA KABUSIKI KAYSYA. EDN PTQSQU.

2. Golubkov L.N., Solenov N.A., Mikhal'chenko D.A., Dushkin P.V. Razrabotka elementov sistemy upravleniya i issledovanie akkumulyatornoy toplivnoy sistemy s elektrogidravlichesкими forsunkami // Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI). 2012. №3(30). S. 20-27. EDN PBTSP.L.
3. Chernyshov D.A., Nasretidinov H.F. Razrabotka metoda diagnostirovaniya elementov toplivnoy si-stemy avtomobilya // Nazemnyye transportno-tekhnologicheskie sredstva: proektirovanie, proizvodstvo, ekspluatatsiya: II Vse-rossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya. Chita: Zabaykal'skiy gosudarstvennyy universitet, 2018. S. 146-150. EDN ESBNDF.
4. Trofimov, E. S. Toplivnye elementy pryamogo deystviya na avtomobil'nom transporte // Transportnoe delo Rossii. 2022. №6. S. 154-156. DOI 10.52375/20728689_2022_6_154. EDN BHORAA.
5. Solov'ev A.A., Sochugov N.S., Ionov I.V. [i dr.] Sintez i issledovanie poristykh Ni - Al podlozhek dlya tverdoooksidnykh toplivnykh elementov // Perspektivnye materialy. 2013. №4. S. 31-38. EDN PYDQFV.
6. Kraynova D.A., Saetova N.S., Farlenkov A.S. [i dr.] Vliyanie dobavok oksida khroma na stabil'nost' steklokeramicheskikh germetikov dlya tverdoooksidnykh toplivnykh elementov // ZHurnal prikladnoy khimii. 2021. T. 94, № 3. S. 338-345. DOI 10.31857/S0044461821030087. EDN GHIIPP.
7. Pat. № 2296393 C2 Rossiyskaya Federatsiya, MPK H01M 8/24, H01M 8/02, H01M 8/12. Batareya toplivnykh elementov, sistema toplivnykh elementov i sposob izgotovleniya batarei toplivnykh elementov: № 2005135161/09; zayavl. 27.07.2004; opubl. 27.03.2007 / YU. Tano, K. Kimura, H. Sato [i dr.]; zayavitel' TOYOTA DZHIDOSHA KABUSHIKI KAYSHA. EDN ISMLXU.
8. 06.13-19L.223P Struktura sistemy okhlazhdeniya dlya toplivnykh elementov // RZH 19L. Tekhnologiya neorganicheskikh veshchestv i materialov. 2006. №13. EDN IGWJAT.
9. Karelin D.L., Boldyrev A.V., Boldyrev S.V., Kolbina T.YU. Analiz isparitel'nogo i zhidkostnogo metodov okhlazhdeniya blokov toplivnykh elementov metodom otositel'nykh energeticheskikh pokazateley // Mashinostroenie: setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal. 2023. T. 10. №3. S. 25-28. DOI 10.24892/RIJIE/20230305. EDN DPSYIJ.
10. Levshitskaya O.R., Agievich D.YU. Materialy s izmenyaemym fazovym sostoyaniem: sostav, sposoby vve-deniya v tekstil'nyy material // Materialy dokladov 50-y mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii prepodavateley i studentov, posvyashchennoy godu nauki. V 2-kh tomakh. T. 2. Vitebsk: Vitebskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskiiy universitet. 2017. S. 319-321. EDN ZIWWBB.
11. Borzenko V.I., Eronin A.A. Ispol'zovanie vozdušnogo nagreva v metallogidridnykh sistemakh khraneniya vodoroda, kombinirovannykh s tverdopolimetyem toplivnym elementom / Pod redaktsiyey D.O. Dunikova, O.S. Popelya // Vozobnovlyaemaya energetika XXI vek: Energeticheskaya i ekonomicheskaya effektivnost': Materia-ly IV Mezhdunarodnogo kongressa REENCON-XXI. Skolkovo: Ob"edinennyy institut vysokikh temperatur Rossiyskoy akademii nauk. 2018. S. 250-257. EDN YONJQT.
12. 06.01-19L.204P Sostav okhlazhdayushchey zhidkosti dlya modulya toplivnogo elementa // RZH 19L. Tekhnologiya neorganicheskikh veshchestv i materialov. 2006. № 1. EDN IGTUOR.
13. Demin A.K., CHuykin A.YU., Gorshkov M.YU. [i dr.] Vliyanie razlichnykh faktorov na raspredelenie temperatury v bataree tviordooksidnykh toplivnykh elementov // Elektrokhimicheskaya energetika. 2013. T. 13. №4. S. 187-191. EDN SELBBJ.
14. Semenov V.A., Rabotkin S.V., Pugovkin M.M. [i dr.] Vakuumnaya ustanovka dlya ionnoplazmennogo osazhdeniya elektrolita tverdoooksidnykh toplivnykh elementov // Materials. Technologies. Design. 2023. T. 5. №5(15). S. 113-121. DOI 10.54708/26587572_2023_5515113. EDN BJBAUG.
15. Vorob'ev S.A., Razumov P.A., Abyzov I.T. Aktual'nost' primeneniya vodorodnogo topliva na avtomobil'nom transporte v sovremennykh usloviyakh ekspluatatsii // Voprosy ustoychivogo razvitiya obshchestva. 2022. №4. S. 1516-1519. EDN KPMCAB.

Yevtyukov Sergey Arkadyevich

St. Petersburg University of Architecture and Civil Engineering
Address: 190005, Russia, St. Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya str., 4
Doctor of Technical Sciences
E-mail: s.a.evt@mail.ru

Vorobyov Sergey Alexandrovich

St. Petersburg University of Architecture and Civil Engineering
Address: 190005, Russia, St. Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya str., 4
Candidate of Technical Sciences
E-mail: svorobevev@list.ru

Trofimov Evgeny Sergeevich

St. Petersburg University of Architecture and Civil Engineering
Address: 190005, Russia, St. Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya str., 4
Graduate student
E-mail: e001st178@yandex.ru

Razumov Pavel Alexandrovich

St. Petersburg University of Architecture and Civil Engineering
Address: 190005, Russia, St. Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya str., 4
Graduate student
E-mail: wolftier@mail.ru

Научная статья

УДК 656.022

doi: 10.33979/2073-7432-2024-3-3(86)-83-92

А.А. НОСКОВ, А.В. ТЕРЕНТЬЕВ, А.А. БЕЛЕХОВ

МЕТОД ОЦЕНКИ СТРУКТУРНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ГРУЗОВЫХ КОНТЕЙНЕРНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК

***Аннотация.** В статье представлен метод оценки структурной эффективности системы грузовых контейнерных автомобильных перевозок, предназначенный для управления качественными показателями контейнерных автомобильных перевозок. Разработанный метод позволяют реализовать цифровую технологию управления в виде объективных оценок эффективности отдельных структур в системе контейнерных автомобильных перевозок. Эффективных состояний отдельных структур (автотранспортных предприятий) определяется как комплексная оценка взаимодействия в сложной многоуровневой многокритериальной системе. Разработанный метод может быть масштабирован для применения в системах межотраслевого управления.*

***Ключевые слова:** грузовые перевозки, сложная транспортная система, информационная ситуация, многокритериальная задача, эффективность*

Введение

Для достижения целей Стратегии цифровой трансформации РФ в качестве одной из основных задач декларируется задача цифровизации грузовых перевозок и цифровизация управления транспортным комплексом, то есть комплексная цифровизация всей системы ГАП. [1-9]. Необходимость изменений продиктована рядом показателей, сопровождающими деятельность транспорта в РФ в последние десятилетия. Проанализируем приведенные статистические данные. Автомобильный транспорт на протяжении последних двух десятилетий играет основную роль в коммерческом товарообороте РФ, при этом удельный вес показателя грузооборот автомобильного транспорта (млрд. тонн-км) в общей структуре видов транспорта снижается с 52 до 46 %, а удельный вес показателя объем перевозки (млн. тонн) снижается с 74 до 67 %. Локальный анализ данных показывает незначительное изменение количественных показателей не свидетельствует о наличии сколько бы значимых негативных процессов, влияющих на показатели эффективности АТ в сравнении с другими видами транспорта. Можно сделать вывод том, что происходит закономерный и устойчивый процесс перераспределения объемов перевозок на другие виды транспорта, в первую очередь, на железнодорожный транспорт. Но следует отметить следующие тенденции:

- 1) значение показателя грузооборот на автомобильном транспорте выросло в 1, 83 раза;
- 2) значение показателя объем перевозок сократилось в 1,1-1,2 раза.

Можно констатировать, что рост показателя грузооборот превышает рост показателя объем перевозки, и данная негативная тенденция может быть обусловлено двумя причинами: либо расширяется география перевозок, что связано с увеличением среднего расстояния перевозки 1 тонны груза, либо неэффективны процессы управления грузовыми перевозками, что в конечном итоге приводит к необоснованному росту затрат на эксплуатацию подвижного состава. Для уточнения первоначальной оценки и выводах об эффективности процессов управления ГАП следует определить: насколько изменилась география ГАП в РФ за исследуемый период. Для этого произведем анализ изменения распределения грузопотоков и объемов перевозок в субъектах РФ за исследуемый период (рис. 1 и 2).

Анализ рисунков 1 и 2 показывает:

1) изменение показателя грузооборот для коммерческих перевозок (млн. тонна-км) по федеральным округам РФ динамически стабильно, то есть отношение приращения ординаты исследуемого показателя к приращению аргумента является величиной постоянной, за исключением данных, относящихся к 2012 г. когда наблюдается снижение величины грузооборота в Сибирском федеральном округе;

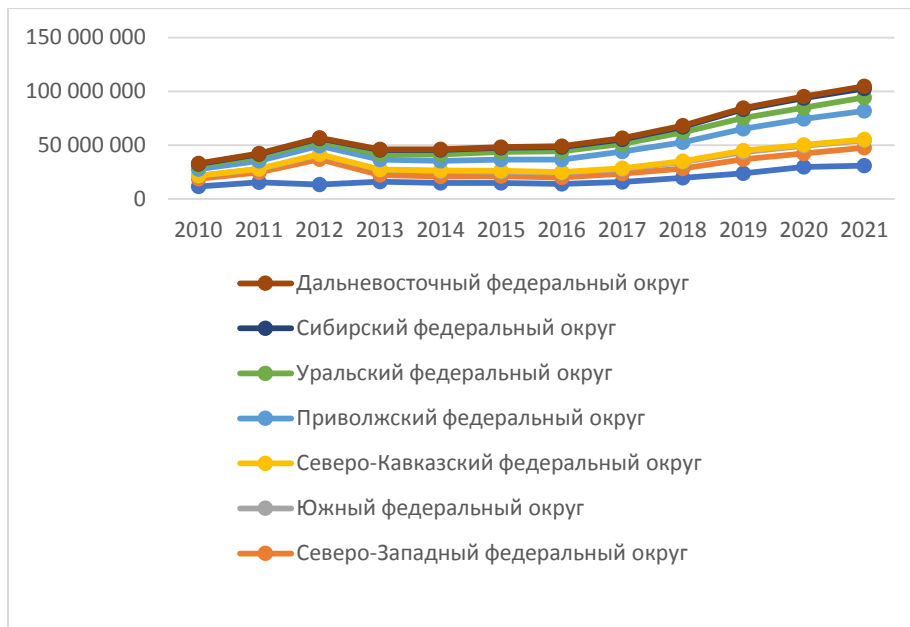


Рисунок 1 – Динамика изменения показателя грузооборот для коммерческих перевозок (млн. тонн. км) по федеральным округам РФ. Источник: разработано автором по данным Росстат [10]

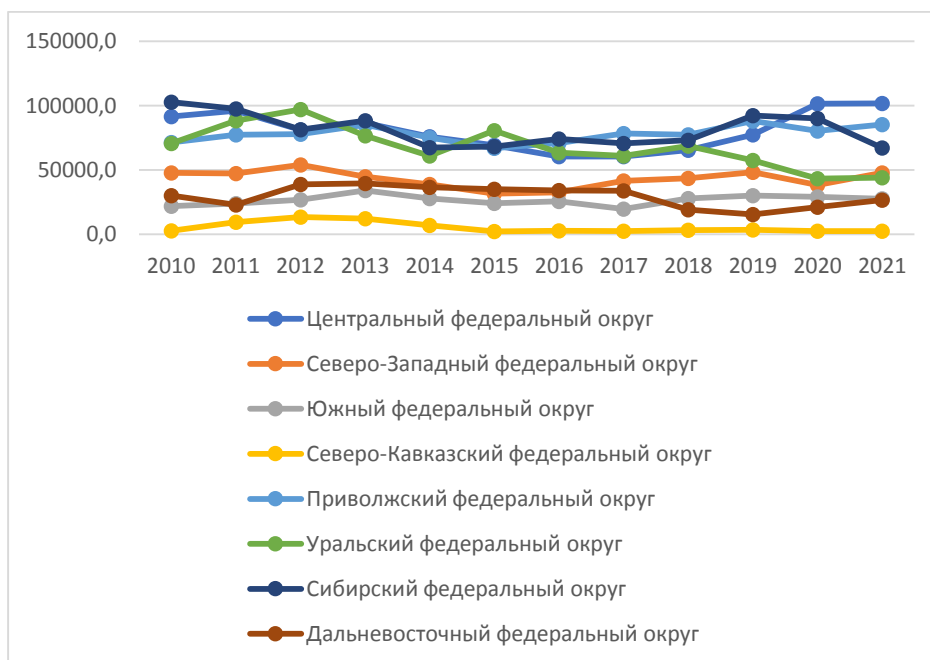


Рисунок 2 – Динамика изменения показателя объем коммерческих перевозок (тыс. тонн) по федеральным округам РФ. Источник: разработано автором по данным Росстат [10]

2) при изучении динамики показателя объем перевозки важное значение имеет взаимное относительное изменение показателя. В данном случае величина взаимных отклонений (расхождение и схождение исследуемых зависимостей), как проявление дисбаланса в географии ГАП, которое может говорить об увеличении (снижении) объемов перевозок в каком-либо направлении. Здесь же динамическая ситуация, как и в случае с величиной грузооборота остается величиной постоянной, за исключением двух округов (Центральный и Уральский) в период 2019-2021 гг.

Можно сделать вывод, что в сегменте ГАП транспортной отрасли РФ существует тенденция объективного систематического роста и расширения структуры отрасли, но при этом наблюдается экстенсивный характер изменения результативных показателей эффективности, что в немалой степени зависит от географического расположения хозяйствующих субъектов.

Результаты данных наблюдений говорят о следующем:

- с одной стороны, значительно усложняется решение задач Стратегии цифровой трансформации, так как приводит к необходимости разработки методологии цифрового управления в сложной системе, которая должна оперировать разнообразным по количественному объему и разнородному по качественному объему факторным пространством;
- с другой стороны, неоднородность исследуемой системы всегда означает наличие значительных ресурсов и возможностей к увеличению её эффективности без дополнительных внешних ресурсов, то есть за счёт выравнивания и стабилизации качества элементов внутренней среды.

Материал и методы

Таким образом определяется необходимость создания новой научно-обоснованной методологии, положенной в основу системы планирования и прогнозирования ГАП на базе цифровых технологий. Актуальность методологии цифровизации управления ГАП диктуется неэффективностью существующих моделей транспортного планирования, что подтверждается наличием критических недостатков в организации транспортной системы, приводящими к следующим негативным эффектам:

1) значительные дополнительные экономические затраты (с учетом социальных рисков, вредные выбросов в атмосферу и т.д.) на перевозки в смешанном сообщении на значительные расстояния - 750 млрд. руб. из-за недостаточного развития интермодальных технологий и неэффективной организации мультимодальных перевозок.

2) показатель удельных транспортно-логистических издержек по отношению к внутреннему валовому продукту (ВВП) в Российской Федерации выше среднемировых на 3-4 % (14,2 % в РФ и 11 % - среднемировое значение). Причем в сравнении с развитыми странами ЕС данный показатель отстает на 5-6 %.

3) уровень развития организации мультимодальных перевозок при транспортировании не сырьевых ресурсов в 2-3 раза ниже по сравнению с уровнем развития, основанном на лучших мировых практиках.

4) недопустимо низкая производительности труда (в 4 раз ниже чем в группе развитых стран и в 2 раза ниже в группе развивающихся стран) в транспортном производстве РФ: «На 1-го занятого работника в транспортном производстве приходится 1,2 млн. руб./год. от ВВП транспортного комплекса, в 3 раза ниже уровня в группе развитых стран и в 2 раза ниже уровня лидеров по этому показателю из группы развивающихся стран» [9].

5) цифровая система учета и обработки документов (цифровой документооборот) на зачаточном уровне развития. Ежегодно оформляется огромное количество документов (3 млрд) на бумажных носителях.

б) уровень контейнеризации грузовых автомобильных перевозок в РФ 2-3 раза ниже в сравнении со странами, которые являются доминирующими в области предоставления качественных транспортно-логистических и экспедиционных услуг.

Важно отметить, что контейнерные автомобильные перевозки нужно рассматривать как основной сегмент в системе АТ, неотрывно связанный с структурой товарного производства и имеющий не используемые резервы для повышения эффективности эксплуатации подвижного состава в системе управления ГАП в РФ.

Рассмотрим потенциальные возможности контейнеризации грузовых перевозок в РФ на базе сравнения их с показателями развитых стран (табл. 1)

Таблица 1 - Выявление потенциала контейнеризации ГАП по отдельным видам грузов в сравнении с мировыми показателями (%%)

Вид груза	Страна					Потенциал роста в РФ
	Германия	США	Китай	Индия	РФ	
Продукция сельского хозяйства	52	25	75	38	8	в 5 раз
Удобрения и химические грузы	66	38	56	24	21	на 18%
Машиностроение	61	61	84	64	63	на 8%
Металлы и металлические изделия	35	35	47	16	11	в 2 раза
Продукция лесной промышленности	80	80	91	63	18	в 3 раза

Анализируя данные таблицы 1 можно сделать вывод о возможности повышения уровня контейнеризации ГАП к 2035 году в 1,5-2 раза для автомобильного транспорта и 2-4 раза для ж/д транспорта (табл. 2).

Таблица 2 – Индикаторы контейнерных перевозок в РФ для авто- и ж/д транспорта

Вид транспорта	Ед. изм.	Доля контейнерных перевозок в общем объеме перевозок грузов						
		2010	2011	2015	2018	2020	2024	2030
Железнодорожный транспорт	%	1,9	2	3,1	4,2	5,6	6,9	8,8
Автомобильный транспорт	%	0,8	0,8	1,2	2	2,4	2,5	3

Подведем итоги анализа функционирования системы АТ в РФ и сформулировать ряд положений:

- 1) АТ играет основную роль в товарообороте РФ, так как его доля в общем объеме перевозок достигает 70 %, но на протяжении последних десятилетий отсутствует положительная динамика в развитии количественных показателей роста в отрасли;
- 2) система организационных и производственных отношений на АТ требует достижение оптимальных показателей по ряду сложных свойств и противоречивого характера критериев целеполагания в условиях сложного факторного пространства;
- 3) в сегменте ГАП транспортной отрасли РФ существует тенденция объективного систематического роста и расширения структуры, но при этом наблюдается экстенсивный характер изменения результативных показателей эффективности, что в немалой степени зависит от географического расположения хозяйствующих субъектов.

Перечисленные положения обосновывают необходимость создания новой научно-обоснованной методологии, положенной в основу эффективной системы планирования и прогнозирования ГАП на базе цифровых технологий, позволяющей оперировать разнообразным по количественному объему и разнородному по качественному объему факторным пространством.

Теория

Информационной системы управления качеством контейнерных автомобильных перевозок строится в соответствии с общими принципами построения Интеллектуальных Транспортных Систем (ИТС) для транспортной отрасли, изложенными в соответствующих нормативных и научно-исследовательских материалах [11-14]. Наиболее перспективна для ИТС в транспортной отрасли распределенная архитектура, благодаря которой система легко масштабируется. За счет этого, сетью на базе данной архитектуры можно охватить множество удаленных и двигающихся объектов, объединенных высокоскоростной локальной сетью, предоставить в сети сервисы телефонии, видео- и данных для пользователей удаленных офисов и подразделений, объединенных IP сетью [15]. ИТС является частью интернет-пространства.

Такой переход с точки зрения проектируемой системы требует, в первую, очередь, создания надежных и высокоскоростных каналов связи, которые могут обеспечить требования непрерывности и высокой скорости информационного обмена, которые вытекают из технологических особенностей дорожно-транспортной системы. С другой стороны, должно быть уделено внимание сжатию передаваемой информации с помощью предварительной обработки в периферийном оборудовании, устанавливаемом на ТС и дорожных объектах, а также, оптимизации графиков передачи информации и программной конфигурации различных типов коммуникационных сетей, используемых для этой цели. Рассмотренные факторы являются существенными аргументами необходимости при создании архитектуры информационных транспортных системам перехода в киберпространство, реализуемое в надежных облач-

ных сервисах [16].

Общий принцип построения заключается в том, что каждому объекту в ИТС, существующим в реальном мире, сопоставляется виртуальный образ в соответствующей ячейке облака, в котором в виде математических моделей, баз знаний и данных отображаются соответствующие параметры и свойства реальных объектов. Для этого создаются «виртуальные образы» каждого объекта, а именно, паспорта транспортных средств, водителей, диспетчеров, средств связи, идентификации и авторизации, технологических систем регулирования и управления транспортной инфраструктурой, элементарных участков дорог, перекрестков и т.д., а также диспетчерская система, интегрирующая все подсистемы и объекты в единый транспортный комплекс.

Задача управления в ИТС, в том числе и управления качеством в сложных организационных системах ГАП, в широком смысле состоят в том, чтобы выбрать оптимальную структуру управляющей части программы и параметры управляющей части программы, а затем непрерывно формировать оптимальные программы управления, обеспечивающие достижение экстремальных главного критерия, или интегрального критерия, или многокритериальной системы показателей эффективности организации и производства, с учетом ограничений и связей, накладываемых внутренними и внешними свойствами исследуемой среды. Реализовать ИТС возможно, только на основе специальных математических алгоритмов, объективно идентифицирующих объекты ИТС в виде количественных и качественных измерителей и сложную систему связей между исследуемыми объектами. Алгоритмы, реализующие данный подход представлены в [17-19].

Результаты

Математическая модель организационного процесса кладется в основу общей схемы проектирования. Системы оценки эффективности организации автомобильных контейнерных перевозок приведена на рисунке 3.

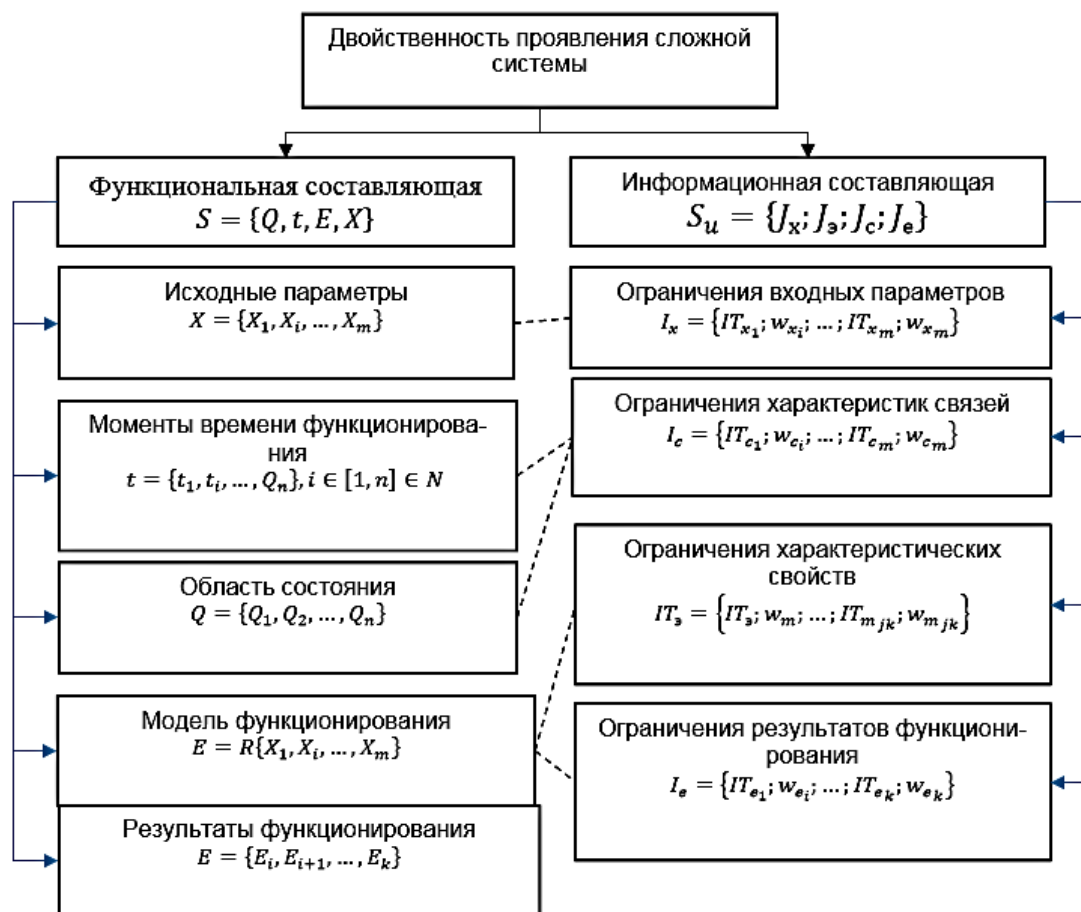


Рисунок 3 – Многоаспектность сложной системы. Источник: разработано автором

Математическое обеспечение включает в себя технологический банк данных, специализированную информационную систему и пакеты прикладных программ (ППП). Сложность построения математической модели ИТС определяется с одной стороны недостаточной степенью изученности информационных состояний (решение нужно принимать в условиях недостаточности информации или неопределенности), а с другой стороны необходимостью обеспечения требований детализации исследуемых процессов. В ИТС количество исследуемых процессов достаточно велико, как и велико количество факторов влияния на эффективность протекания данных процессов. Обычно в таких случаях сначала формализуют отдельные операции, стоят их модели, а затем описывают взаимодействие между ними. Важно, чтобы на этапе построения математической модели выбрать математические методы и инструментарий, который:

- 1) объективно соответствует информационному состоянию исследуемых процессов;
- 2) позволяет описывать систему в форме, пригодной для последующей алгоритмизации и разработки ППП (дискретная математика, теория множеств, математическая логика и т.д.).

Обсуждение

Анализ структуры автотранспортной системы в РФ показывает, что если не рассматривать АТП, осуществляющие перевозки для собственных нужд, то доля крупных АТП, положительно влияющих результативные показатели системы ГАП в РФ не более 30 %. В [20] определяется, что автотранспортная система РФ состоит из трёх уровней: микроуровень или уровень транспортных предприятий (АТП), мезоуровень или уровень региональных автотранспортных систем и макроуровень – уровень автотранспортной отрасли РФ (рис. 4). Также в [20] со ссылками на [21] обосновывается, что достижение результирующих показателей эффективности происходит в основном на микроуровне, то есть на уровне АТП и их структура имеет принципиальное значение.

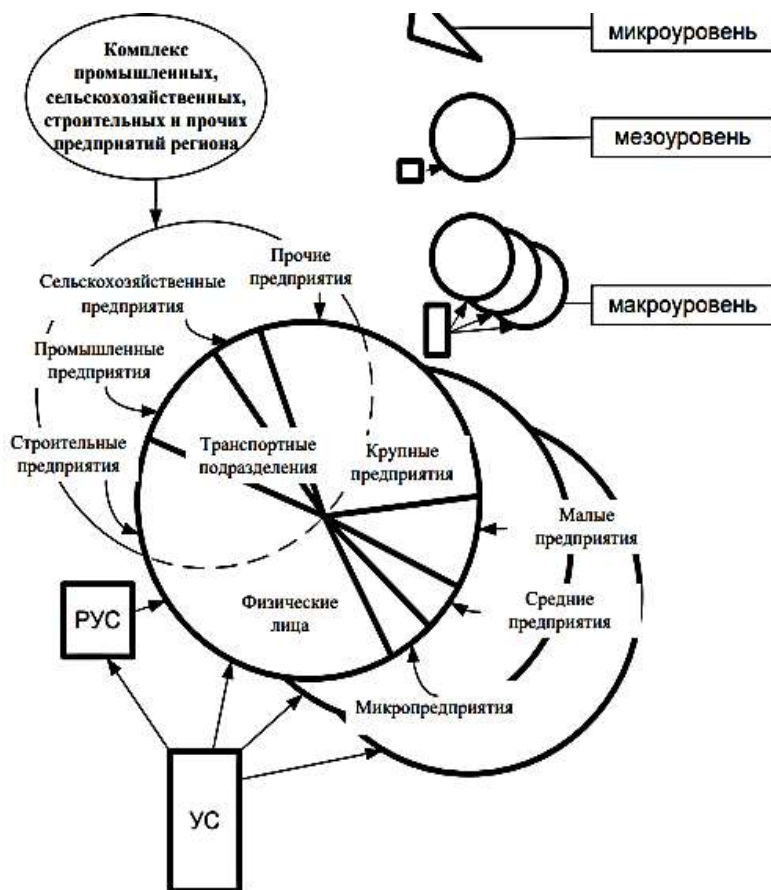


Рисунок 4 – Декомпозиция системы ГАП в РФ:

РУС – региональное управляющее воздействие, УС – управляющая система. Источник [20]

В [20] констатируется, что эффективное выполнение отраслевыми функциями ГАП, как системы управления в целях достижение ею качественных показателей, заложенных в Транспортной стратегией РФ до 2030 года невозможно. Для проверки данного утверждения был произведен численный эксперимент на оригинальном ПО, моделирующем оценку функционала эффективности в сложных системах. В данном эксперименте исследовались три уровня эффективности для оценки качества производства ГАП в текущем состоянии системы контейнерах автомобильных перевозок:

- 1 уровень - это уровень исследования эффективности отдельного АТП с присущим для отдельной организации целеполаганием;

- 2 уровень - это уровень автотранспортной отрасли РФ с характерным целеполаганием в отрасли, определяемым, в свою очередь, требованиями и интересами транспортной отрасли РФ в целом;

- 3 уровень - уровень эффективности в масштабах транспортной отрасли РФ с учетом целеполагания критериев, установленных в Транспортной стратегии РФ до 2035 год, то есть учитывающий интересы народно-хозяйственного комплекса РФ.

Оценка эффективности в системе производилась для трёх основных структурных составляющих, дифференцируемых по количеству эксплуатируемого подвижного состава:

- вариант 1 - крупные АТП с количеством более 30 списочных единиц АТС в парке подвижного состава;

- вариант 2 - средние и малые АТП с количеством от 3 до 30-и списочных единиц АТС в парке подвижного состава;

- вариант 3 - микро АТП и физические лица – индивидуальные предприниматели (ИП) до 3 единиц подвижного состава.

Оценка эффективности производилась для всех возможных сочетаний приоритетов качества исследуемой системы (P1, P2, P3, P4). Отдельный приоритет качества соответствует уставленному критерию целеполагания (рис. 5).

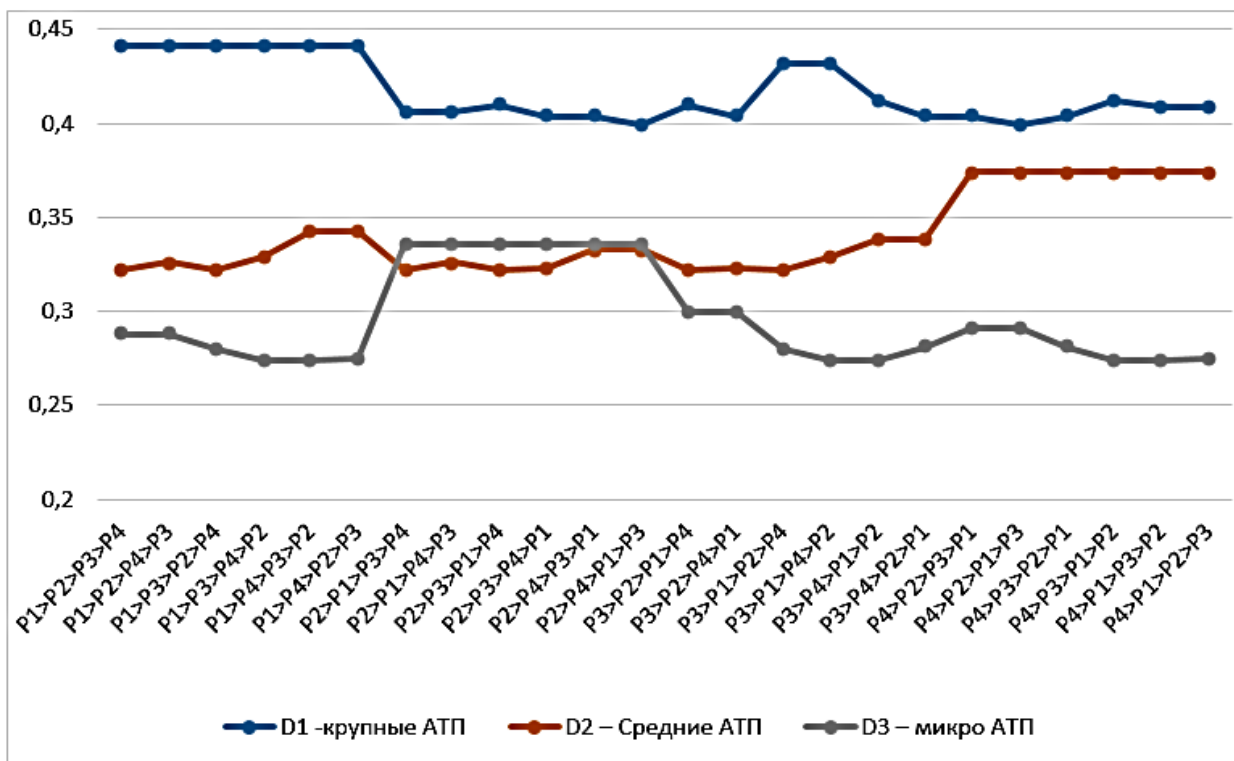


Рисунок 5 - Индексы эффективности отдельных видов АТП при различных приоритетах целеполагания развития отрасли АТ, при котором обеспечивается устойчивое состояние системы

Выводы

Результатом проведения численного эксперимента стала оценка вклада отрицательного типов АТП в общую эффективность системы контейнерных автомобильных. При этом оценка эффективности предполагала необходимость обеспечивать свойство исследуемой системы - её устойчивости под воздействием значительного количества факторов внутренней и внешней природы, то есть возможность сбалансированного развития в целях достижения оптимальных значений, определяемых критериями целеполагания. Различие в целеполагании и несопоставимость размерностей, исследуемых показателей выявили необходимость введения и аналитического определения специальной меры оценки эффективности в сложных многоуровневых системах ГАП. Поэтому был разработан и объективный показатель измерения эффективности сложных систем в количественной оценке – индекс эффективности сложной системы. Полученные результаты численного моделирования исследуемой многоуровневой многокритериальной иерархической системы контейнерных автомобильных перевозок позволили сделать выводы о неэффективности микро АТП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стратегическое направление в области цифровой трансформации транспортной отрасли Российской Федерации до 2030 года: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 21 декабря 2021 г. № 3744-р.
2. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденная Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. №642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации».
3. Стратегия экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года, утвержденная Указом Президента Российской Федерации от 13 мая 2017 года №208 «О Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года».
4. О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года: Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 года г. №204.
5. Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденная президентом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам (протокол от 24 декабря 2018 г. №16).
6. Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 февраля 2019 г. № 207-р.
7. Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2023 года, утвержденная Указом Президента Российской Федерации от 10 октября 2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации».
8. Цифровая платформа транспортного комплекса Российской Федерации: Ведомственная целевая программа, утвержденная Министерством транспорта Российской Федерации 28 декабря 2020 г.
9. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 г. №3363-р.
10. РОССТАТ. Федеральная служба государственной статистики. Транспорта [Электронный ресурс] / URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/transport>.
11. ГОСТ Р ИСО 14813-1 Интеллектуальные транспортные системы. Схема построения архитектуры интеллектуальных транспортных систем. Часть 1. Сервисные домены в области интеллектуальных транспортных систем, сервисные группы и сервисы.
12. ГОСТ Р 56294 - 2014 Интеллектуальные транспортные системы. Требования к функциональной и физической архитектурам интеллектуальных транспортных систем.
13. ОДМ 218.9.011-2016 Рекомендации по выполнению обоснования интеллектуальных транспортных систем.
14. Комаров В.В., Гараган С.А. Архитектура и стандартизация телематических и интеллектуальных транспортных систем. Зарубежный опыт и отечественная практика // М.: НТБ «Энергия». 2012. 352 с.
15. Комаров В.В. Методические особенности разработки архитектуры интеллектуальных транспортных систем // Известия Московского государственного технического университета (МАМИ). 2012. №1. Т.1. С. 130-138.
16. Концепции облачных технологий IaaS, PaaS, SaaS, MaaS, CaaS и XaaS/ZEL-Услуги [Электронный ресурс] / URL: <https://www.zeluslugi.ru/info-czentr/stati/iaas-paas-saas-maas-caas-xaas>.
17. Теоретические основы проектирования цифровой системы контейнерных грузовых автомобильных перевозок / Терентьев А.В., Евтюков С.А., Носков А.А., Грушецкий.
18. Носков А.А., Терентьев А.В. Генезис системы цифровой трансформации контейнерных грузовых

автомобильных перевозок // Вестник гражданских инженеров. 2023. №2(97). С. 116-120.

19. Терентьев А.В., Арифиллин И.В., Носков А.А. Синтез оптимальной программы управления качеством принимаемых решений в интеллектуальных системах организации автомобильных перевозок // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2023. №4(75). С. 107-216

20. Гавриленко Н.Г., Бородулина С.А. Состав и структура автотранспортной системы Российской Федерации // Наука о человеке. Гуманитарные исследования. Раздел 3. Экономические науки №1(39). 2020. С 217-225.

21. Гавриленко Н.Г. Инновационные изменения на автомобильном транспорте в контексте циклического развития экономической системы // Вестник СибАДИ: Научный рецензируемый журнал. Омск: СибАДИ, 2014. №1. С. 132-136.

Носков Антон Александрович

Группа компаний «Миларин»

Адрес: 198320, Россия, Санкт-Петербург, ул. Свободы, д. 63.

К.э.н., генеральный директор

E-mail: noskov.anton@melarin.ru

Терентьев Алексей Вячеславович

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

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

Д.т.н., профессор кафедры «Транспортные системы»

E-mail: aleksej.terentev.67@bk.ru

Александр Александрович Белехов

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

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

К.т.н., старший преподаватель кафедры «Транспортные системы»

E-mail: ibddgasu@gmail.com

A.A. NOSKOV, A.V. TERYTYEV, A.A. BELEKHOV

METHOD FOR ASSESSING THE STRUCTURAL EFFICIENCY OF THE CONTAINER FREIGHT TRANSPORTATION SYSTEM

***Abstract.** The article presents a method for assessing the structural efficiency of the container freight transportation system, designed to manage the quality indicators of container road transportation. The developed method makes it possible to implement digital control technology in the form of objective estimates of the effectiveness of individual structures in the system of container road transportation. Effective states of individual structures (motor transport enterprises) are defined as a comprehensive assessment of interaction in a complex multi-level multi-criteria system. The developed method can be scaled for use in cross-industry control systems.*

***Keywords:** freight transportation, complex transport system, information situation, multi-criteria task, efficiency*

BIBLIOGRAPHY

1. Strategicheskoe napravlenie v oblasti tsifrovoy transformatsii transportnoy otrasli Rossiyskoy Federatsii do 2030 goda: Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 21 dekabrya 2021 g. № 3744-r.

2. Strategiya nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii, utverzhennaya Ukazom Prezidenta Rossiyskoy Federatsii ot 1 dekabrya 2016 g. №642 «O Strategii nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii».

3. Strategiya ekonomicheskoy bezopasnosti Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda, utverzhennaya Ukazom Prezidenta Rossiyskoy Federatsii ot 13 maya 2017 g. №208 "O Strategii ekonomicheskoy bezopasnosti Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda".

4. O natsional'nykh tselyakh i strategicheskikh zadachakh razvitiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2024 goda: Ukaz Prezidenta Rossiyskoy Federatsii ot 7 maya 2018 goda g. №204.

5. Natsional'naya programma «Tsifrovaya ekonomika Rossiyskoy Federatsii», utverzhennaya prezidiumom Soveta pri Prezidente Rossiyskoy Federatsii po strategicheskomu razvitiyu i natsional'nym proektam (protokol ot 24 dekabrya 2018 g. №16).

6. Strategiya prostranstvennogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2025 goda, utverzhennaya rasporyazheniem Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 13 fevralya 2019 g. № 207-r.

7. Natsional'naya strategiya razvitiya iskusstvennogo intellekta na period do 2023 goda, utverzhennaya Ukazom Prezidenta Rossiyskoy Federatsii ot 10 oktyabrya 2019 g. № 490 «O razvitiy iskusstvennogo intellekta v Rossiyskoy Federatsii».

8. Tsifrovaya platforma transportnogo kompleksa Rossiyskoy Federatsii: Vedomstvennaya tselevaya programm, utverzhennaya Ministerstvom transporta Rossiyskoy Federatsii 28 dekabrya 2020 g.

9. Transportnaya strategiya Rossiyskoy Federatsii do 2030 goda s prognozom na period do 2035 goda, utverzhennaya rasporyazheniem Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 27 noyabrya 2021 g. №3363-r.

10. ROSSTAT. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki. Transporta [Elektronnyy resurs] / URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/transport>.

11. GOST R ISO 14813-1 Intellektual'nye transportnye sistemy. Skhema postroeniya arkhitektury intellektual'nykh transportnykh sistem. Chast' 1. Servisnye domeny v oblasti intellektual'nykh transportnykh sistem, servisnye gruppy i servisy.

12. GOST R 56294 - 2014 Intellektual'nye transportnye sistemy. Trebovaniya k funktsional'noy i fizicheskoy arkhitekturam intellektual'nykh transportnykh sistem.

13. ODM 218.9.011-2016 Rekomendatsii po vypolneniyu obosnovaniya intellektual'nykh transportnykh sistem.

14. Komarov V.V., Garagan S.A. Arkhitektura i standartizatsiya telematicheskikh i intellektual'nykh transportnykh sistem. Zarubezhnyy opyt i otechestvennaya praktika // M.: NTB «Energiya». 2012. 352 s.

15. Komarov V.V. Metodicheskie osobennosti razrabotki arkhitektury intellektual'nykh transportnykh sistem // Izvestiya Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MAMI). 2012. №1. T.1. S. 130-138.

16. Kontseptsii oblachnykh tekhnologiy IaaS, PaaS, SaaS, MaaS, CaaS i XaaS/ZEL-Uslugi [Elektronnyy resurs] / URL: <https://www.zeluslugi.ru/info-czentr/stati/iaas-paas-saas-maas-caas-xaas>.

17. Teoreticheskie osnovy proektirovaniya tsifrovoy sistemy konteynernykh gruzovykh avtomobil'nykh perevozok / Terent'ev A.V., Evtuykov S.A., Noskov A.A., Grushetskiy.

18. Noskov A.A., Terent'ev A.V. Genesis sistemy tsifrovoy transformatsii konteynernykh gruzovykh avtomobil'nykh perevozok // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. 2023. №2(97). S. 116-120.

19. Terent'ev A.V., Arifullin I.V., Noskov A.A. Sintez optimal'noy programmy upravleniya kache-ctvom prinimaemykh resheniy v intellektual'nykh sistemakh organizatsii avtomobil'nykh perevozok // Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI). 2023. №4(75). S. 107-216

20. Gavrilenko N.G., Borodulina S.A. Sostav i struktura avtotransportnoy sistemy Rossiyskoy Federatsii // Nauka o cheloveke. Gumanitarnye issledovaniya. Razdel 3. Ekonomicheskije nauki №1(39). 2020. S 217-225.

21. Gavrilenko N.G. Innovatsionnye izmeneniya na avtomobil'nom transporte v kontekste tsiklicheskogo razvitiya ekonomicheskoy sistemy // Vestnik SibADI: Nauchnyy retsenziruemyy zhurnal. Omsk: SibADI, 2014. №1. S. 132-136.

Noskov Anton Alexandrovich

Group of companies «Milarin»

Address: 198320, Russia, St. Petersburg, st. Svobody, 63.

Candidate of Economical Sciences

Email: noskov.anton@melarin.ru.

Terentyev Alexey Vyacheslavovich

St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

Address: 190005, Russia, St. Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya st., 4

Doctor of Technical Sciences

Email: aleksej.terentev.67@bk.ru

Belekhov Alexander Alexandrovich

St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

Address: 190005, Russia, St. Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya st., 4

Candidate of Technical Sciences

Email: ibddgasu@gmail.com

Научная статья

УДК 656.13

doi: 10.33979/2073-7432-2024-3-3(86)-93-101

Ю.А. ЗАЯЦ, Н.А. ЗАГОРОДНИЙ, Т.М. ЗАЯЦ

РЕШЕНИЕ ВТОРОЙ ЗАДАЧИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЙ И ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Аннотация. Представлен механизм решения актуальной задачи прогнозирования технических воздействий и остаточного ресурса в зависимости от наработки на эксплуатационных режимах. В качестве методологической базы предлагается использовать теорию множественного регрессионного анализа при условии, что факторы могут быть как независимыми, управляемыми, так и зависимые и неуправляемыми, их сочетания не могут быть реализованы в полной мере, а целевая функция является измеряемой. В качестве факторов используются величины, определяющие эксплуатационный режим: частота вращения коленчатого вала, температура, нагрузка двигателя. Такая задача в статье авторами названа второй задачей прогнозирования. Практическая реализация данного механизма выполнена на примере построения множественной линейной регрессионной модели диэлектрической проницаемости моторного масла быстроходного дизеля в приложении MS Excel.

Ключевые слова: прогнозирование, модель множественной регрессии, регрессионный анализ, остаточный ресурс, эксплуатационный режим, управление техническим состоянием

Введение

С момента внедрения на государственном уровне планово-предупредительной системы технического обслуживания и ремонта (ТО и Р) транспортных средств учеными не прекращаются исследования по поиску более совершенной системы, направленной на повышение эксплуатационной надежности. Анализ существующих стратегий технического обслуживания и ремонта транспортных средств, в том числе планово-предупредительной системы обслуживания, проведен авторами в работе [2]. В работе [10] авторами представлен анализ стратегий проведения ТО и Р автомобилей с применением различных методов технической диагностики.

С использованием вероятно-статистической парадигмы возможно построение различных моделей прогнозирования. Также модели можно построить на основе взаимосвязи структурных и диагностических параметров.

Однако, в работе [5] для комплексного решения задач предлагается диагностическая модель изменения технического состояния типового элемента замены сложной системы, построенная с использованием математического аппарата теории множеств.

Не повторяя сказанного, следует лишь отметить, что на стадии эксплуатации изменение технического состояния автомобильного транспорта в большей степени зависит от условий эксплуатации и квалификации водителя. Поэтому поиск адаптивных методов ТО и Р, формирующих систему ТО и Р является актуальным.

В работе [7] авторами выполнена постановка задачи прогнозирования воздействий остаточного ресурса и обоснованы предпосылки ее решения на основе эксплуатационных режимов. В работе [4] дан аппарат решения первой задачи прогнозирования, отличающейся тем, что факторы являются независимыми, управляемыми, а их сочетания реализуемы, а в работе [6], в рамках решения первой задачи прогнозирования, представлена методика определения влияния пускового режима на изменение структурного параметра, определяющего надежность. Рассмотренная методика позволяет определить влияние эксплуатационных режимов на изменение структурных параметров исследуемого двигателя в совмещении двух полнофакторных экспериментов.

Как в первой, так и во второй задаче рассматривается целевая функция, с помощью которой предопределяется техническое состояние узла или агрегата. Целевая функция отображается в виде известного измеряемого структурного параметра.

Существует множество научно-исследовательских работ, посвященных надежности.

Так, например, в работе [12] рассматривалось решение задачи прогнозирования на основе эксплуатационных режимов. В работе [14] рассматривалось решение задачи прогнозирования воздействий и остаточного ресурса применительно к моторному маслу двигателя. В работе [8] рассматривалось решение задачи прогнозирования воздействий и остаточного ресурса применительно к тормозной системе автомобиля.

В настоящее время уделяется особое внимание повышению эксплуатационной надежности автомобилей.

Многие авторы уделяли внимание определению уровня эксплуатационной надежности автомобиля, которая формируется из возможности работы автомобиля без остановок по причине нарушения работоспособности, а также из возможности восстановления автомобиля. Уровень эксплуатационной надежности обеспечивается множеством факторов, например, организацией технического сервиса или наличием запасных частей, правильной эксплуатацией автомобиля и т.д. От надежности зависит эффективность и целесообразной эксплуатации автомобиля.

Материал и методы

В научно-исследовательской работе [6] перечислены современные подходы к моделированию при прогнозировании остаточного ресурса и технического состояния объектов. Там же указано, что механизмы прогнозирования не раскрываются, а основная часть моделей использует вероятностно-статистические подходы.

В данной работе рассмотрен принцип, который основан на установлении значений изменения структурного параметра и описывает остаточный ресурс узла или агрегата в целом, в зависимости от режимов эксплуатации и продолжительности эксплуатации на них. Каждый эксплуатационный режим характеризуется отдельной независимой переменной, измеряемой в часах наработки. Эта переменная может включать в себя множество факторов, влияющих на изменение структурного параметра. Для каждого агрегата, системы, элемента существует свой ограниченный набор факторов, характеризующий эксплуатационный режим, а также свой перечень структурных параметров (целевых функций), определяющий остаточный ресурс и надежность в целом.

Информация поступает и записывается со штатных бортовых датчиков, в том числе, с использованием штатной диагностики. На данном этапе, задача определения влияния каждого эксплуатационного режима на расход ресурса является основной и самой трудоемкой.

Особенностью решения второй задачи прогнозирования является то, что в перечне факторов, определяющих режимы эксплуатации какого-либо агрегата или системы, имеются как независимые и управляемые факторы, так и зависимые и неуправляемые, а их сочетания могут быть реализованы не в полной мере, однако, целевая функция характеризующая отказ – известна и измеряема на протяжении всего эксперимента или в течении практической эксплуатации. Практически, автомобиль эксплуатируется, при этом фиксируются значения всех возможных целевых функций, характеризующих неисправности и отказы. Примеры целевых функций представлены в таблице 1.

Эта группа целевых функций регулярно изменяется. Изменение происходит за счет добавления новых структурных параметров. Структурные параметры определяются при проведении технического обслуживания, диагностики или ремонта автомобиля. Наиболее полную информацию о структурных параметрах можно получить при проведении разборки узлов и агрегатов. При проведении сервисных воздействий обязательное требование определение наработки при различных эксплуатационных режимах.

Для получения исходных материалов для анализа проведены экспериментальные исследования диэлектрической проницаемости моторного масла быстроходного дизеля УТД-29 в течении наработки равной 315 часам. Вообще, продолжительность опыта сильно зависит от типа транспортного средства и условий эксплуатации, поэтому выбор продолжительности одного испытания устанавливается исходя из условия измеримости изменения структурного параметра за эту наработку [11].

Таблица 1 – Примеры целевых функций при решении второй задачи прогнозирования

Технические воздействия / контроль (оцениваемые группы свойств)	Целевая функция (структурный параметр)
Качество масла двигателя	Измеряется характерный показатель (показатели), диэлектрическая проницаемость, обводненность и др.
Масло насоса рулевого гидроусилителя	Характерный показатель (показатели): диэлектрическая проницаемость, обводненность и др.
Уровень масла в бачке насоса рулевого гидроусилителя	Уровень масла в бачке насоса рулевого гидроусилителя
Загрязнённость фильтра насоса рулевого гидроусилителя	Показатель загрязнённости (от 0 до 1)
Контроль крепления коробки передач и её внешних деталей	Текущая затяжка от 0 до 1. 0 – крепежный элемент не выполняет своей функции или его нет; 1 – момент затяжки соответствует НТД
Контроль крепления картера редуктора, фланцев полуосей и крышек колёсных передач	Текущая затяжка от 0 до 1. 0 – крепежный элемент не выполняет своей функции или его нет; 1 – момент затяжки соответствует НТД
Контроль уровня жидкости в бачке главного цилиндра сцепления (при наличии)	Уровень жидкости в бачке главного цилиндра сцепления (при наличии)
Контроль зазора в шарнирах карданных валов	Зазор в шарнирах карданных валов, град
Контроль крепления фланцев карданных валов	Текущая затяжка от 0 до 1. 0 – крепежный элемент не выполняет своей функции или его нет; 1 – момент затяжки соответствует НТД
Контроль зазора в шарнирах рулевых тяг	Зазор в шарнирах рулевых тяг, мм
Контроль зазора в шарнирах карданного вала руля	Зазор в шарнирах карданного вала руля, град
Контроль свободного хода рулевого колеса	Свободный ход рулевого колеса, град
Контроль крепления генератора и состояние его контактных соединений.	Текущая затяжка от 0 до 1. 0 – крепежный элемент не выполняет своей функции или его нет; 1 – момент затяжки соответствует НТД
	Другие структурные параметры, характеризующие остаточный ресурс агрегата.
...	...
<i>При разборке агрегатов</i>	
Состояние цилиндропоршневой группы	Износ цилиндра, мм
	Износ поршня, мм
	Износ поршневого пальца, мм
	...
	Другие структурные параметры, характеризующие остаточный ресурс агрегата

В результате проведения эксперимента получена 21 реализация опыта. То есть, через промежутки времени, равные 15 часам работы дизеля измерена диэлектрическая проницаемость моторного масла с общей наработкой 315 часов. При каждом из замеров считывалось время работы исследуемого дизельного двигателя на каждом эксплуатационном режиме. Следует отметить, что для целого ряда машин это обеспечивается возможностями бортовых управляющих систем (БИОС) [15] с небольшими доработками [13]. При этом использовались следующие показатели: частота вращения коленчатого вала, мощность, температура охлаждающей жидкости (табл. 2). Каждый из показателей представлен тремя диапазонами. Таким образом, количество режимов получилось равным 27.

Таблица 2 – Интервалы диапазонов функциональных параметров, определяющих эксплуатационные режимы работы дизеля

Наименование параметра	Обозначение, единиц измерения	Интервал №1	Интервал №2	Интервал №3
Температура моторного масла	$T_m, ^\circ\text{C}$	до 55	от 55 до 100	от 100 до 120
Частота вращения коленчатого вала	$n, \text{об/мин}$	до 1800	от 1800 до 2400	от 2400 до 2900
Мощность, развиваемая дизелем	$N, \text{кВт}$	до 250	от 250 до 320	от 320 до 330

Таким образом, установим соответствие режимов обозначениям:

- T1n1N1: T1 – до 55 C⁰, n1 – до 1800 об/мин, N1 – до 257 кВт;
- T1n1N2: T1 – до 55 C⁰, n1 – до 1800 об/мин, N2 – от 257 до 320 кВт;
- T1n1N3: T1 – до 55 C⁰, n1 – до 1800 об/мин, N3 – от 320 до 330 кВт;
- ...
- T3n2N1: T3 – от 100 до 120 C⁰, n2 – от 1800 до 2400 об/мин, N1 – до 257 кВт;
- ...
- T3n3N3: T3 – от 100 до 120 C⁰, n3 – от 2400 до 2900 об/мин, N3 – от 320 до 330 кВт.

Для решения этой задачи в работе применена модель линейной множественной регрессии.

На этапе подготовки данных выполнена их очистка и нормировка. На этапе преобразования выполнен отбор признаков. При этом были исключены из рассмотрения режимы, наработка на которых равна нулю или близка к этому значению. Таких эксплуатационных режимов набралось 11. При этом близкие к нулю режимы объединялись с соседними. Кроме того, в результате расчета парных коэффициентов корреляции, при значениях выше 0,7 независимые переменные не исключались, а объединялись с другими независимыми переменными, влияние которых на целевую функцию на данном этапе расчета является более близким. Такой подход обусловлен физическим смыслом решаемой задачи: наработку на режиме нельзя исключать, так как в противном случае возможна ситуация снижения качества масла при нулевой наработке дизеля.

Таблица 3 – Исходные данные после предварительной обработки

Y	T1n1n2+ T2n1N2	T1n1N2	T1n2N1	T1n2N2	T2n1N1+ T2n2N1	T2n1N2+ T2n2N2	T2n2N1	T3n1N1	T3n1N2	T3n1N3+ T3n2N2	T3n2N1	T3n3N1
ε	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3,51209E-08	6,82E-02	4,32E-04	1,35E-04	2,78E-03	3,49E-02	7,16E-01	4,73E-02	3,51E-04	9,18E-02	3,72E-02	1,03E-03	1,08E-04
2,87215E-08	6,26E-02	1,07E-03	1,00E-02	4,99E-02	1,03E-02	6,54E-01	1,48E-01	3,20E-03	3,65E-02	2,16E-02	2,67E-03	1,23E-04
6,58026E-08	3,71E-01	6,81E-03	6,58E-04	4,35E-03	7,61E-03	5,57E-01	5,06E-03	2,86E-05	1,42E-02	3,30E-02	0,00E+00	0,00E+00
5,7132E-08	1,09E-01	1,17E-03	1,77E-03	1,04E-02	4,06E-02	6,76E-01	4,94E-02	1,52E-03	3,95E-02	6,99E-02	0,00E+00	0,00E+00
9,90852E-08	9,68E-02	1,38E-04	3,30E-03	3,56E-02	6,15E-03	4,68E-01	7,01E-03	5,32E-03	1,40E-01	2,28E-01	8,18E-03	1,22E-03
6,3012E-08	7,64E-02	4,90E-04	1,17E-04	1,24E-02	3,08E-03	6,30E-01	3,64E-03	2,85E-03	5,96E-02	2,02E-01	4,64E-03	4,32E-03
8,40507E-08	6,03E-02	1,40E-03	9,42E-04	3,56E-02	9,47E-03	5,59E-01	1,90E-02	6,37E-04	3,51E-02	2,72E-01	3,13E-03	3,46E-03
3,09511E-08	1,54E-01	9,29E-05	1,08E-03	1,39E-02	1,37E-02	6,18E-01	6,39E-02	8,36E-04	5,21E-02	7,41E-02	5,29E-03	3,19E-03
9,5511E-08	4,06E-02	5,84E-04	1,41E-03	5,52E-03	1,36E-02	3,08E-01	8,81E-03	2,25E-03	2,92E-01	3,21E-01	4,49E-03	1,82E-03
1,00489E-07	9,74E-02	1,35E-03	1,59E-03	1,66E-02	4,67E-02	6,24E-01	3,90E-02	2,67E-03	8,43E-02	8,22E-02	3,78E-03	0,00E+00
5,57342E-08	7,40E-02	5,57E-04	4,50E-04	2,84E-02	1,78E-03	6,86E-01	3,34E-03	1,93E-03	4,15E-02	1,54E-01	4,76E-03	2,74E-03
1,01574E-07	6,54E-02	0,00E+00	3,39E-05	1,52E-02	8,36E-03	3,72E-01	1,04E-02	5,82E-03	2,69E-01	2,39E-01	1,16E-02	2,40E-03
1,1708E-07	1,15E-01	5,17E-04	2,45E-03	2,15E-02	3,28E-02	4,97E-01	1,59E-02	4,11E-03	1,40E-01	1,61E-01	7,68E-03	1,28E-03
8,14976E-08	1,09E-01	8,63E-04	2,40E-05	6,71E-04	1,69E-02	2,84E-01	6,64E-03	0,00E+00	2,54E-01	3,27E-01	9,59E-05	1,68E-04
3,10347E-08	7,94E-02	5,90E-04	3,72E-04	1,33E-02	4,53E-03	7,07E-01	7,14E-03	2,58E-03	4,95E-02	1,30E-01	4,66E-03	2,48E-04
6,18596E-08	6,59E-02	4,57E-04	1,13E-03	2,68E-02	2,83E-02	6,23E-01	8,10E-02	1,21E-03	7,93E-02	8,70E-02	4,79E-03	1,05E-03
9,82496E-08	9,33E-02	2,33E-04	2,28E-03	2,15E-02	7,81E-03	4,30E-01	4,16E-03	4,91E-03	1,55E-01	2,68E-01	7,45E-03	5,79E-03
8,12234E-08	6,55E-02	1,37E-03	6,16E-04	1,86E-02	2,94E-03	5,04E-01	3,61E-03	8,68E-04	1,46E-01	2,51E-01	2,58E-03	3,30E-03
6,25156E-08	4,33E-02	3,00E-04	5,00E-05	5,35E-03	2,34E-02	5,84E-01	1,25E-02	1,30E-03	7,99E-02	2,42E-01	4,70E-03	3,25E-03
8,34429E-08	2,16E-01	1,24E-03	0,00E+00	1,95E-03	3,29E-03	4,42E-01	4,59E-02	4,53E-03	1,12E-01	1,65E-01	3,49E-03	4,53E-03
9,8798E-08	9,53E-02	2,31E-04	3,59E-03	3,19E-02	2,06E-02	5,98E-01	3,22E-02	2,14E-03	8,69E-02	1,26E-01	1,94E-03	2,96E-04

По своей физической природе независимые переменные, являющиеся наработкой на эксплуатационных режимах, независимы, поэтому их исключение методом объединения должно выполняться поочередно, с последующим анализом влияния на зависимую переменную. После нескольких итераций количество независимых переменных снижено до 12 (табл. 3).

Теория

Решение второй задачи прогнозирование возможно различными способами. Эти способы зависят от количества исходных данных (количества реализаций, измерений, опытов), характера известной целевой функции (измеряемого структурного параметра), вычислительных возможностей системы, в которой решается задача. В данной работе рассмотрим решение задачи на основе модели множественной линейной регрессии [9]. Ранее авторами уже

было рассмотрено решение задач, которые основываются на полученных статистических данных, как, например, в работе [3].

Примеры решения задач, основанных на статистических данных рассмотрены автором работы [3]. Следует отметить, что в некоторых случаях задача многокритериального построения модели парно-множественной линейной регрессии может быть формализована в виде задачи нелинейного программирования [1].

При создании модели множественной линейной регрессии ставится задача нахождения зависимости переменной Y от нескольких объясняющих переменных (факторов) X_1, X_2, \dots, X_n .

В рассматриваемом случае роль целевой функции Y выполняет физическая величина – диэлектрическая проницаемость среды. Количество наблюдений i равно 21. Каждое i -ое наблюдение представляет собой зависимость переменной Y от объясняющих переменных $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip}$. В этом случае модель множественной линейной регрессии имеет вид

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_p x_{ip} + \varepsilon_i. \quad (1)$$

Рассмотрим составляющие регрессионной модели:

1. Возмущения ε_i (или зависимая переменная y_i) есть величина случайная, независимый фактор (объясняющая переменная) x_i – неслучайная величина.

2. Математическое ожидание возмущения ε_i равно нулю: $M(\varepsilon_i) = 0$. В этом случае, $M(y_i) = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_p x_{ip}$.

3. Дисперсия возмущения ε_i постоянна: $D(\varepsilon_i) = \sigma^2$ ($D(y_i) = \sigma^2$). Это есть условие гомоскедастичности возмущения.

4. Возмущения ε_i и ε_j (переменные y_i и y_j) не коррелированы: $M(\varepsilon_i \varepsilon_j) = 0$ ($i \neq j$).

5. Возмущение ε_i (зависимая переменная y_i) есть нормально распределенная случайная величина.

Для дальнейшего рассмотрения введем следующие обозначения: $Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)^T$ – вектор-столбец значений зависимой переменной; $\beta = (\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p)^T$ – вектор-столбец параметров;

$\varepsilon = (\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n)^T$ – вектор-столбец возмущений.

В матрицу значений независимых факторов (объясняющих переменных) введем дополнительно единичный первый столбец

$$X = \begin{pmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \cdot & \cdot & \cdot & x_{1p} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & \cdot & \cdot & \cdot & x_{2p} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & \cdot & \cdot & \cdot & x_{np} \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Тогда в матричной форме модель (1) запишется как:

$$Y = X \cdot \beta + \varepsilon. \quad (3)$$

Матрица X – неслучайная и предполагается справедливой еще одна предпосылка.

б. Ранг матрицы X ($r(X)$) равен $p+1$ ($p+1 < n$).

Классическая нормальная линейная модель множественной регрессии получила название представленная модель (3). Данная модель удовлетворяет условиям 1-6.

Классическая линейная модель множественной регрессии – это модель, у которой не выполняется только предпосылка о нормальном законе распределения вектора возмущения ε (предпосылка 5).

Оценка вектора неизвестных параметров β (вектор b) осуществляется методом наименьших квадратов. В результате вектор b имеет вид:

$$b = (X^T X)^{-1} X^T Y. \tag{4}$$

При выполнении предпосылок 1–6, исключая предпосылку 5 о нормальности закона распределения вектора возмущений, модель (4) является наиболее эффективной, то есть обладает наименьшей дисперсией в классе линейных несмещенных оценок согласно теореме Гаусса-Маркова.

Зная вектор b , выборочное уравнение множественной регрессии представимо в виде

$$\hat{y} = X_0^T b,$$

где \hat{y} – групповая (условная) средняя переменной Y при заданном векторе значений независимых факторов (объясняющей переменной) $X_0^T = (1, x_{10}, x_{20}, \dots, x_{p0})$.

Результаты

На основании представленных данных, с использованием пакета анализа Excel, получены результаты регрессионного анализа (табл. 4).

Расчет коэффициентов уравнения множественной линейной регрессии показал, что полученное уравнение регрессии описывает процесс изменения диэлектрической проницаемости моторного масла со средней ошибкой чуть более 7 % (табл. 5). Сумма остатков (абсолютная погрешность модели) близка к нулю ($\Sigma = -5,83659E-21$), что говорит об отсутствии смещения модели, а также о том, что за наработку равную 315 часам изменение диэлектрической проницаемости масла, измеренное в результате эксперимента и рассчитанное по модели, практически совпадает. Однако, следует отметить наличие «выбросов»: в первой реализации ошибка составила 15,6 %, в четвертой – 19,18 %. Остальные реализации имеют относительную ошибку значительно меньше, чем 14 %, что является хорошим результатом.

В результате расчета получены также значение коэффициента детерминации R^2 . Он составил 0,94, что говорит о хорошем качестве модели и значительно превышает рекомендуемые нижние границы 0,7-0,8.

Таким образом, модель вида (5) отражает изменение диэлектрической проницаемости масла с погрешностью около 7 %.

$$\hat{y} = \Delta \varepsilon = (-3,7 + 3,84 \cdot x_1 + 6,66 \cdot x_2 + 0,050 \cdot x_3 + 5,47 \cdot x_4 + 5,13 \cdot x_5 + 3,68 \cdot x_6 + 3,40 \cdot x_7 + 11,0 \cdot x_8 + 3,89 \cdot x_9 + 3,76 \cdot x_{10} + 0,503 \cdot x_{11} + 7,99 \cdot x_{12}) \cdot 10^{-6}, \tag{5}$$

где $x_1 \dots x_{12}$ – наработка дизеля на эксплуатационных режимах.

Обсуждение

Следует отметить, что сумма коэффициентов регрессионной модели величина положительная. То есть, дизель, отработав на всех режимах по 1 секунде уменьшит диэлектрическую проницаемость масла на $\Delta \varepsilon = 5,1 \cdot 10^{-5}$. Тем не менее, свободный член модели является отрицательной величиной и при работе только на режимах x_3 (Т1n1N2: Т1 – до 55 С⁰, n2 – от 1800 до 2400 об/мин, N3 – от 320 до 330 кВт) и x_{11} (Т3n2N1: Т3 – от 100 до 120 С⁰, n2 – от 1800 до 2400 об/мин, N1 – до 257 кВт) модель не является работоспособной. Это не является недостатком модели, так как доля работы на режиме x_3 составляет 0,1 %, а на режиме x_{11} – 0,4 %. Чтобы убедиться в правильности вывода достаточно проанализировать режимы. Режим x_3 соответствует номинальной мощности на холодном двигателе, а режим x_{11} – невысокой мощности на перегретом двигателе при повышенных частотах вращения (нужно отме-

Таблица 4 – Коэффициенты уравнения множественной линейной регрессии

Коэффициенты уравнения регрессии	
0	-3,71328E-06
1	3,84152E-06
2	6,66247E-06
3	5,02829E-07
4	5,47265E-06
5	5,12774E-06
6	3,67746E-06
7	3,40281E-06
8	1,10023E-05
9	3,8855E-06
10	3,75724E-06
11	5,02829E-07
12	7,98564E-06

тить, что это правильное сочетание параметров для эффективного и безопасного охлаждения двигателя).

Таблица 5 – Анализ качества модели по отклонениям

Наблюдение	Эксперимент Y	Предсказанное Y	Остатки	%
1	2	3	4	5
1	3,51209E-08	4,0592E-08	-5,47112E-09	15,58
2	2,87215E-08	2,95349E-08	-8,13429E-10	2,83
3	6,58026E-08	6,62444E-08	-4,41794E-10	0,67
4	5,7132E-08	6,80911E-08	-1,09591E-08	19,18
5	9,90852E-08	1,048E-07	-5,7144E-09	5,77
6	6,3012E-08	5,67622E-08	6,24976E-09	9,92
7	8,40507E-08	8,58103E-08	-1,75958E-09	2,09
8	3,09511E-08	3,27326E-08	-1,78148E-09	5,76
9	9,5511E-08	9,10348E-08	4,47618E-09	4,69
10	1,00489E-07	9,68101E-08	3,67915E-09	3,66
11	5,57342E-08	6,07191E-08	-4,98493E-09	8,94
12	1,01574E-07	1,02515E-07	-9,40358E-10	0,93
13	1,1708E-07	1,10745E-07	6,3355E-09	5,41
14	8,14976E-08	8,78956E-08	-6,39793E-09	7,85
15	3,10347E-08	3,18635E-08	-8,28802E-10	2,67
16	6,18596E-08	6,07924E-08	1,06714E-09	1,73
17	9,82496E-08	1,11542E-07	-1,32926E-08	13,53
18	8,12234E-08	7,62132E-08	5,01015E-09	6,17
19	6,25156E-08	5,6634E-08	5,88161E-09	9,41
20	8,34429E-08	7,69477E-08	6,49518E-09	7,78
21	9,8798E-08	8,4607E-08	1,41909E-08	14,36
	$\Sigma=1,53289E-06$	$\Sigma=1,53289E-06$	$\Sigma= -5,83659E-21$	$\delta_p=7,09\%$

Самая неприятная ситуация для масла – на режиме x8 (Т3n1N1: Т3 – от 100 до 120 С⁰, n1 – до 1800 об/мин, N1 – до 257 кВт). Низкая частота вращения на перегретом двигателе усугубляет ситуацию для масла как с точки зрения прорыва газов в картер, так и износа трущихся поверхностей типа гильза цилиндра – поршень с компрессионными и маслоъемными кольцами.

Выводы

Таким образом, на основании проведенного исследования обоснован подход к решению второй задачи прогнозирования воздействий и остаточного ресурса в зависимости от эксплуатационных режимов применением модели линейной множественной регрессии.

Частный случай решения второй задачи прогнозирования остаточного ресурса и воздействий для диэлектрической проницаемости моторного масла позволяет выявить негативные эксплуатационные режимы, а по их совокупности определять квалификацию водителя и/или условия эксплуатации.

Представленная модель зависимости изменения диэлектрической проницаемости моторного масла от эксплуатационных режимов имеет хорошую адекватность на уровне значимости 0,05. Коэффициент детерминации равен 0,94.

Для применения модели множественной линейной регрессии необходима тщательная подготовка и преобработка данных, основанная на анализе исследуемого структурного параметра.

Следует отметить, что преимуществом решения второй задачи прогнозирования с помощью модели множественной линейной регрессии является возможность построения прогнозной модели без этапа планирования полнофакторного эксперимента и дорогостоящего этапа его выполнения, опираясь только на данные, полученные в результате эксплуатации.

Реализация данного подхода к прогнозированию технических воздействий и остаточного ресурса позволяет реализовать адаптивную стратегию ремонта по техническому состоянию, опираясь на условия эксплуатации и квалификацию водителя, выходной функцией которых являются эксплуатационные режимы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Базилевский М.П. Многокритериальный подход к построению моделей парно-множественной линейной регрессии // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Математика. Механика. Информатика. 2021. Т. 21, вып. 1. С. 88-99. DOI: 10.18500/1816-9791-2021-21-1-88-99.
2. Григорьев М.В., Демидов В.В. Применение эффективной стратегии технического обслуживания и ремонта автомобилей как способ повышения их эксплуатационной надежности // Инженерные решения. 2020. № 6 (16). С. 9-14.
3. Дагаев А.В. Применение регрессионного анализа при обработке статистических данных // Экономические стратегии и новые возможности в современных условиях: Материалы работы Международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 2023. С. 41-47.
4. Загородний Н.А., Заяц Ю.А., Семькина А.С. Методика определения влияния пусковых режимов ДВС на изменение эксплуатационных характеристик двигателя // Научный рецензируемый журнал «Вестник СибАДИ». 2024. №21(1). С. 88-97. EDN: LIPRJC.
5. Заяра А.В. Диагностическая модель для прогнозирования технического состояния сложных систем // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». 2021. Т. 1. С. 166-169.
6. Заяц Ю.А., Заяц Т.М., Загородний Н.А. Решение первой задачи прогнозирования воздействий и остаточного ресурса транспортных средств // Мир транспорта и технологических машин. Орел: ОрГТУ. 2023. №3-2(82). С. 25-32.
7. Заяц Ю.А., Голубев Д.С. Постановка задачи прогнозирования остаточного ресурса военной техники и ее элементов // Научный резерв. Рязань: РВВДКУ. 2021. №2(14). С.51-56.
8. Голубев Д.С., Заяц Ю.А., Штурманов С.С., Мочалов В.В., Мохов С.В. Методика прогнозирования остаточного ресурса тормозной системы БМД-4М по данным бортовой информационно-управляющей системы // Научный резерв. Рязань: РВВДКУ. 2020. №4(12). С. 37-42.
9. Ивашнев Л.И. Методы линейной множественной регрессии в матричной форме // Известия МГТУ МАМИ. 2015. Т. 4. №4(26). С. 35-41.
10. Лянденбургский В.В. Научные основы совершенствования системы технического обслуживания и ремонта грузовых автомобилей с применением бортовой диагностики: дис. ... д-а техн. наук / Казанский (Приволжский) федеральный университет. Казань, 2022.
11. Матвиенко И.В. Формирование комплекса мероприятий, направленных на обеспечение эксплуатационной надежности транспортных средств // Новости науки и технологий. 2022. №2(61). С. 11-18.
12. Мясников Ю.Н., Никитин В.С., Равин А.А., Хруцкий О.В. Методы прогнозирования технического состояния судового энергетического оборудования // Труды Крыловского государственного научного центра. Т. 386. №4. 2018. С. 117-132.
13. Штурманов С.С., Голубев Д.С. Бортовой регистратор параметров работы дизеля УТД-29 БМД-4М // Известия ТулГУ. Технические науки. 2018. Вып. 11. С. 223-230.
14. Штурманов С.С., Голубев Д.С. [и др.] Оценка влияния эксплуатационных факторов на процесс старения моторного масла // Вестник РГАТУ. 2017. Вып. 3 (35). С. 91-97.
15. Штурманов С.С. Контроль технического состояния дизеля УТД-29 БМД-4М по данным бортовой информационно-управляющей системы шасси // Научный резерв. Рязань: РВВДКУ. 2018. №3(3). С. 39-48.

Заяц Юрий Александрович

Рязанское гвардейское высшее воздушно-десантное командное училище

Адрес: 390031, Россия, г. Рязань, пл. генерала армии В. Ф. Маргелова, д. 1

Д.т.н., профессор, профессор кафедры математических и естественнонаучных дисциплин

E-mail: sajua@yandex.ru

Загородний Николай Александрович

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

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

К.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Эксплуатация и организация движения автотранспорта»

E-mail: n.zagorodnij@yandex.ru

Заяц Татьяна Михайловна

Рязанское гвардейское высшее воздушно-десантное училище

Адрес: 390007, Россия, г. Рязань, ул. Военных автомобилистов 12

К.т.н., доцент, доцент кафедры математических и естественнонаучных дисциплин

E-mail: sauhtm@yandex.ru

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

SOLVING THE SECOND PROBLEM OF FORECASTING IMPACTS AND RESIDUAL LIFE OF VEHICLES

Abstract. A mechanism for solving the urgent problem of forecasting technical impacts and residual life depending on operating time is presented. It is proposed to use the theory of multiple regression analysis as a methodological basis, provided that the factors can be both independent, controlled, and dependent and uncontrollable, their combinations cannot be fully realized, and the objective function is measurable. The factors used are the values that determine the operating mode: the speed of the crankshaft, temperature, engine load. Such a task in the article is called the second forecasting task by the authors. The practical implementation of this mechanism is carried out using the example of constructing a multiple linear regression model of the dielectric constant of a high-speed diesel engine oil.

Keywords: forecasting, multiple regression model, regression analysis, residual resource, operational mode, technical condition management

BIBLIOGRAPHY

1. Bazilevskiy M.P. Mnogokriterial'nyy podkhod k postroeniyu modeley parno-mnozhestvennoy li-neynoy regressii // Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya: Matematika. Mekhanika. Informatika. 2021. T. 21, vyp. 1. S. 88-99. DOI: 10.18500/1816-9791-2021-21-1-88-99.
2. Grigor'ev M.V., Demidov V.V. Primenenie effektivnoy strategii tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta avtomobiley kak sposob povysheniya ikh ekspluatatsionnoy nadezhnosti // Inzhenernye resheniya. 2020. № 6 (16). S. 9-14.
3. Dagaev A.V. Primenenie regressionnogo analiza pri obrabotke statisticheskikh dannykh // Ekonomicheskie strategii i novye vozmozhnosti v sovremennykh usloviyakh: Materialy raboty Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Sankt-Peterburg, 2023. S. 41-47.
4. Zagorodny N.A., Zayats YU.A., Semykina A.S. Metodika opredeleniya vliyaniya puskovykh rezhimov DVS na izmenenie ekspluatatsionnykh kharakteristik dvigatelya // Nauchnyy retsenziruemyy zhurnal «Vestnik SibADI». 2024. №21(1). S. 88-97. EDN: LIPRJC.
5. Zayara A.V. Diagnosticheskaya model' dlya prognozirovaniya tekhnicheskogo sostoyaniya slozhnykh sistem // Trudy mezhdunarodnogo simpoziuma «Nadezhnost' i kachestvo». 2021. T. 1. S. 166-169.
6. Zayats YU.A., Zayats T.M., Zagorodny N.A. Reshenie pervoy zadachi prognozirovaniya vozdeystviy i ostatochnogo resursa transportnykh sredstv // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. Orel: OrGTU. 2023. №3-2(82). S. 25-32.
7. Zayats YU.A., Golubev D.S. Postanovka zadachi prognozirovaniya ostatochnogo resursa voennoy tekhniki i ee elementov // Nauchnyy rezerv. Ryazan': RVVDKU. 2021. №2(14). S.51-56.
8. Golubev D.S., Zayats YU.A., SHturmanov S.S., Mochalov V.V., Mokhov S.V. Metodika prognozirovaniya ostatochnogo resursa tormoznoy sistemy BMD-4M po dannym bortovoy informatsionno-upravlyayushchey sistemy // Nauchnyy rezerv. Ryazan': RVVDKU. 2020. №4(12). S. 37-42.
9. Ivashnev L.I. Metody lineynoy mnozhestvennoy regressii v matrichnoy forme // Izvestiya MGTU MAMI. 2015. T. 4. №4(26). S. 35-41.
10. Lyandenburskiy V.V. Nauchnye osnovy sovershenstvovaniya sistemy tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta gruzovykh avtomobiley s primeneniem bortovoy diagnostiki: dis. ... d-a tekhn. nauk / Kazanskiy (Privolzhskiy) federal'nyy universitet. Kazan', 2022.
11. Matvienko I.V. Formirovanie kompleksa meropriyatiy, napravlennykh na obespechenie ekspluatatsionnoy nadezhnosti transportnykh sredstv // Novosti nauki i tekhnologii. 2022. №2(61). S. 11-18.
12. Myasnikov YU.N., Nikitin V.S., Ravin A.A., Hrutskiy O.V. Metody prognozirovaniya tekhnicheskogo sostoyaniya sudovogo energeticheskogo oborudovaniya // Trudy Krylovskogo gosudarstvennogo nauchnogo tsentra. T. 386. №4. 2018. S. 117-132.
13. SHturmanov S.S., Golubev D.S. Bortovoy registrator parametrov raboty dizelya UTD-29 BMD-4M // Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki. 2018. Vyp. 11. S. 223-230.
14. SHturmanov S.S., Golubev D.S. [i dr.] Otsenka vliyaniya ekspluatatsionnykh faktorov na protsess stareniya motornogo masla // Vestnik RGATU. 2017. Vyp. 3 (35). S. 91-97.
15. SHturmanov S.S. Kontrol' tekhnicheskogo sostoyaniya dizelya UTD-29 BMD-4M po dannym bortovoy informatsionno-upravlyayushchey sistemy shassi // Nauchnyy rezerv. Ryazan': RVVDKU. 2018. №3(3). S. 39-48.

Zayats Yuri Alexandrovich

Ryazan Guards Higher Airborne Command School
Address: 390031, Russia, Ryazan
Doctor of Technical Sciences
E-mail: sajua@yandex.ru

Zayats Tatiana Mikhailovna

Ryazan Guards Higher Airborne School
Address: 390007, Russia, Ryazan
Candidate of Technical Sciences
E-mail: sauajtm@yandex.ru

Zagorodny Nikolai Alexandrovich

Belgorod State Technological University
Address: 308012, Russia, Belgorod
Candidate of Technical Sciences
E-mail: n.zagorodnij@yandex.ru

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ

Научная статья

УДК 656.09

doi: 10.33979/2073-7432-2024-3-3(86)-102-110

П.Ю. ПУШКИН, Ю.Н. РИЗАЕВА, А.Б. СУХАТЕРИН

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ СИСТЕМ

Аннотация. *Перед специалистами автотранспортной отрасли ставится масштабная задача развития беспилотных транспортных систем: высокоавтоматизированных транспортных средств и обеспечивающей инфраструктуры. В статье проанализирована государственная политика формирования и внедрения инновационных, современных и сквозных технологий для беспилотного транспорта и дорожно-транспортной инфраструктуры. Авторами приведён обзор инновационных технологий, представленных в документах федерального уровня, влияющих на развитие беспилотных систем, перспективы и возможности их использования в автотранспортной отрасли. Представлен инновационный зарубежный и отечественный опыт применения современных инновационных технологий при организации грузовых и пассажирских автомобильных перевозок в России, США, Германии, Израиле, Китае.*

Ключевые слова: *инновационные технологии, беспилотная система, высокоавтоматизированное транспортное средство, инфраструктура*

Введение

На государственном уровне ставится задача развития беспилотных транспортных систем: высокоавтоматизированных транспортных средств и обеспечивающей инфраструктуры. Понятие «высокоавтоматизированное транспортное средство» (ВАТС) приводится во многих нормативно-правовых документах, которые находятся в свободном доступе. Постановлением Правительства Российской Федерации от 17.10.2022 г. №1849 «Об установлении экспериментального правового режима в сфере цифровых инноваций и утверждении Программы экспериментального правового режима в сфере цифровых инноваций по эксплуатации высокоавтоматизированных транспортных средств в отношении реализации инициативы «Беспилотные логистические коридоры» на автомобильной дороге общего пользования федерального значения М-11 «Нева»» определено понятие «инфраструктура», включающая объекты, указанные на рисунке 1.

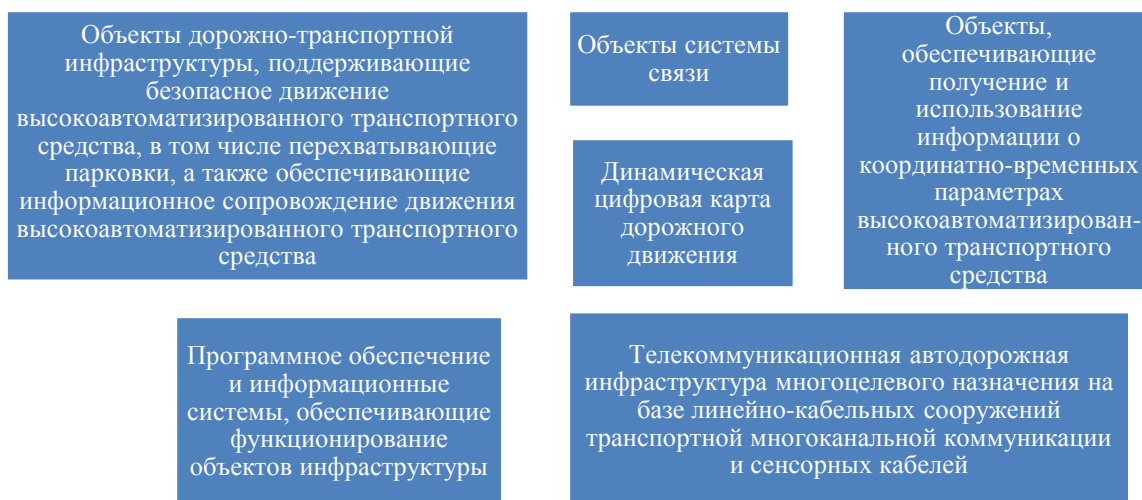


Рисунок 1 - Объекты инфраструктуры для обеспечения движения ВАТС

В «Концепция обеспечения безопасности дорожного движения с участием беспилотных транспортных средств на автомобильных дорогах общего пользования», утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 25 марта 2020 г. N724-р изложены требования к дорожно-транспортной инфраструктуре (рис. 2), которые связаны с развитием инновационных технологий.

В настоящее время активно готовится национальный проект «Развитие транспортной инфраструктуры». Цифровизация и внедрение инновационных технологий – одно из направлений проекта.

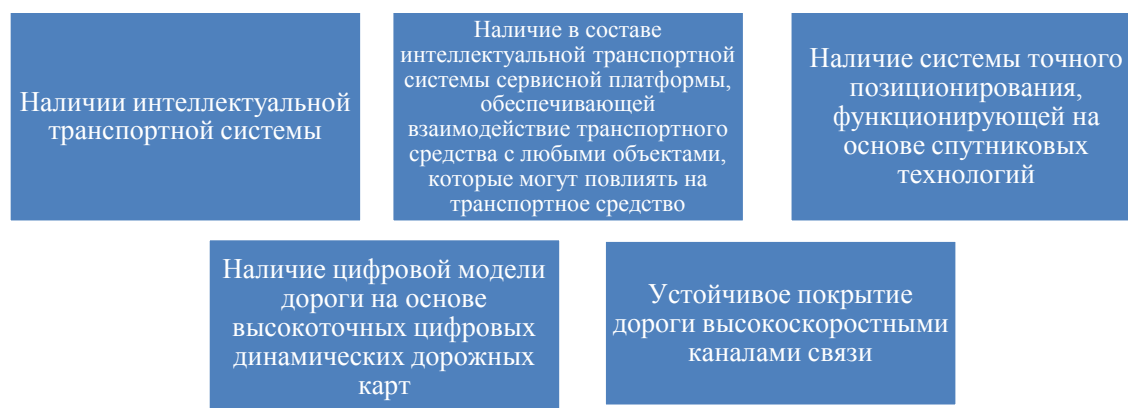


Рисунок 2 - Требования к дорожно-транспортной инфраструктуре для обеспечения движения высокоавтоматизированных транспортных средств

Материал и методы

Развитие ВАТС и обеспечивающей инфраструктуры тесно связано с появлением новых технологий и их внедрением. Основные направления государственной политики в области научно-технологического развития представлены в Указе Президента РФ «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» от 28.02.2024 г. №145. В период динамичного развития беспилотных систем необходимо представлять ориентиры государственной политики формирования и использования инновационных технологий для ВАТС и инфраструктуры [1].

Перечень инновационных технологий изложен в различных нормативно-правовых документах, например, в Программе «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. №1632-р, рис. 3 и постановлении Правительства РФ «Перечень технологий, применяемых в рамках экспериментальных правовых режимов в сфере цифровых инноваций» от 28 октября 2020 года №1750, рис. 4. Использование указанных технологий способствует развитию ВАТС [2], инфраструктуры [3], повышению безопасности дорожного движения [4].



Рисунок 3 - Инновационные технологии согласно Программе «Цифровая экономика РФ»

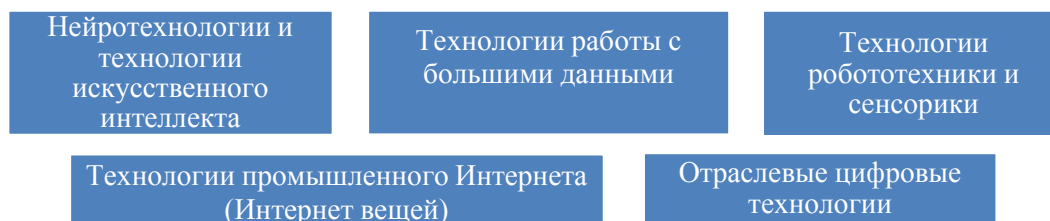


Рисунок 4 - Инновационные технологии согласно постановлению Правительства РФ №1750

В распоряжении Правительства РФ «Об утверждении Стратегии развития автомобильной промышленности Российской Федерации до 2035 г» от 28 декабря 2022 г. №4261-р прописаны приоритетные направления инновационного развития в области автомобилестро-

ения в РФ. В статье приведены направления, которые влияют на развитие высокоавтоматизированных транспортных средств (рис. 5).

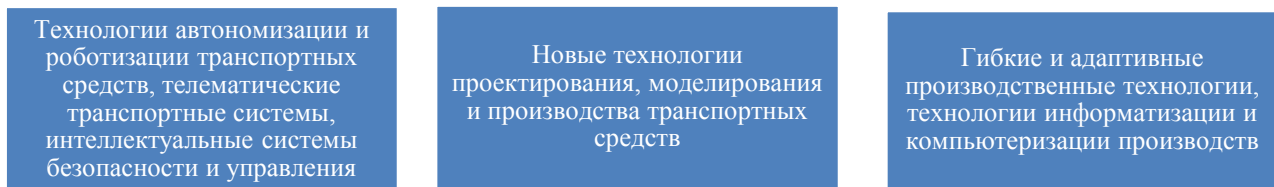


Рисунок 5 - Приоритетные направления инновационного развития высокоавтоматизированных транспортных средств согласно распоряжению Правительства РФ № 4261-р

В паспорте «Стратегия развития инновационной деятельности в области дорожного хозяйства на период 2021–2025 годы», утвержденной распоряжением Федерального дорожного агентства от 03.03.2021 № 771-р, указаны задачи, необходимые для развития технологий беспилотной инфраструктуры (рис. 6), среди перечня инициатив можно выделить инициативы по развитию технологий для беспилотной инфраструктуры (рис. 7).

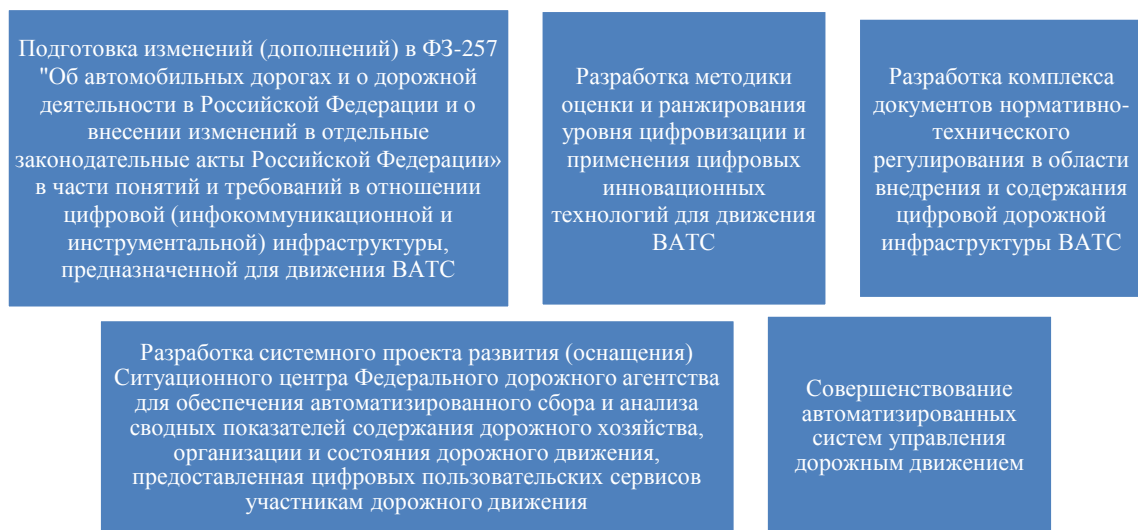


Рисунок 6 - Приоритетные направления инновационного развития беспилотной инфраструктуры



Рисунок 7 - Инициативы по развитию технологий для беспилотной инфраструктуры

В Федеральном законе «О промышленной политике в Российской Федерации», утвержденном распоряжением Правительства РФ от 28 ноября 2020 г. № 3143-р приведен перечень видов технологий, признаваемых современными технологиями в целях заключения специальных инвестиционных контрактов. На рисунке 8 выделены технологии, влияющие на развитие беспилотных систем.

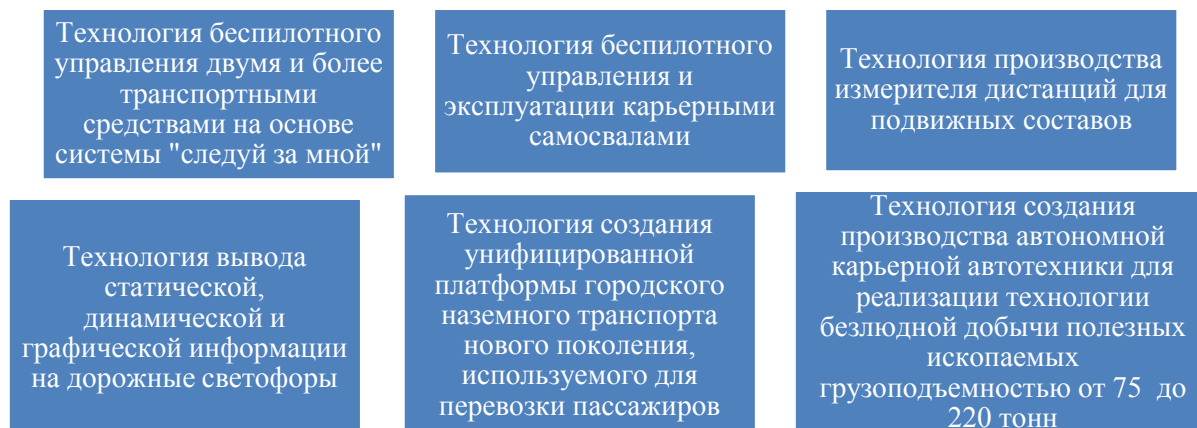


Рисунок 8 - Современные технологии в целях заключения специальных инвестиционных контрактов в области развития беспилотных систем

В «Концепция технологического развития на период до 2030 года», утвержденной распоряжением Правительства РФ от 20 мая 2023 г. №1315-р приведен предварительный перечень сквозных технологий (технологических направлений), которые оказывают существенное влияние на создание и внедрение высокоавтоматизированных транспортных средств и инфраструктуры (рис. 9).

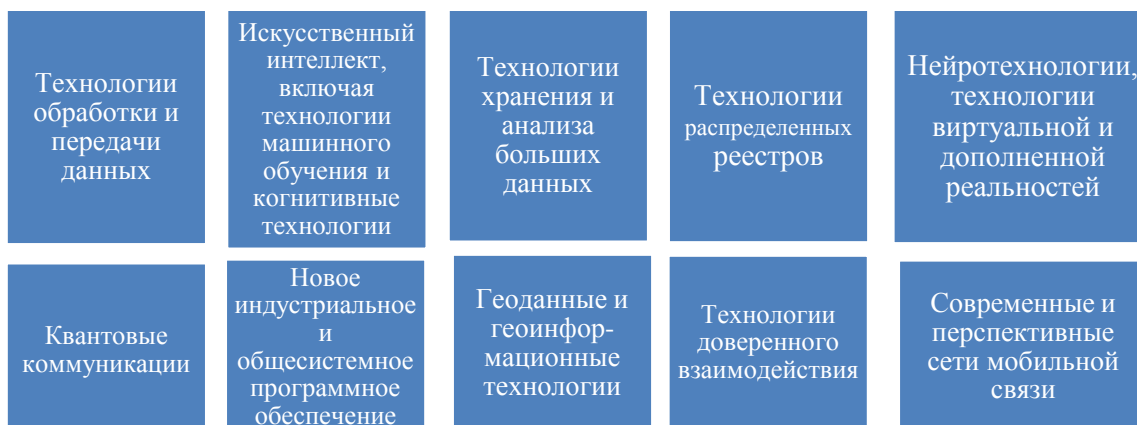


Рисунок 9 - Перечень сквозных технологий

Распоряжением Правительства РФ от 21 декабря 2021 г. №3744-р «Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации транспортной отрасли РФ до 2030 г.» планируется внедрение технологий (рис. 10).

Распоряжение Правительства РФ №3744-р также указывает на применение технологий в рамках цифровой трансформации транспортной отрасли РФ до 2030 г. (рис. 11).

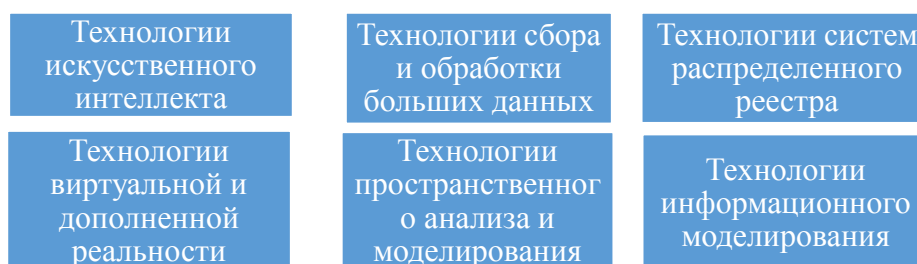


Рисунок 10 - Внедряемые технологии в ходе реализации стратегического направления в области цифровой трансформации транспортной отрасли РФ до 2030 г.

Представленные в нормативно-правовых документах инновационные, современные и сквозные технологии способствуют развитию высокоавтоматизированных транспортных средств, формированию инфраструктуры для пилотируемого и беспилотного транспортного потока [5], трансформации транспортного процесса на территории предприятий при переводе на использование беспилотного движения и существенно влияют на развитие автомобильной отрасли [6].

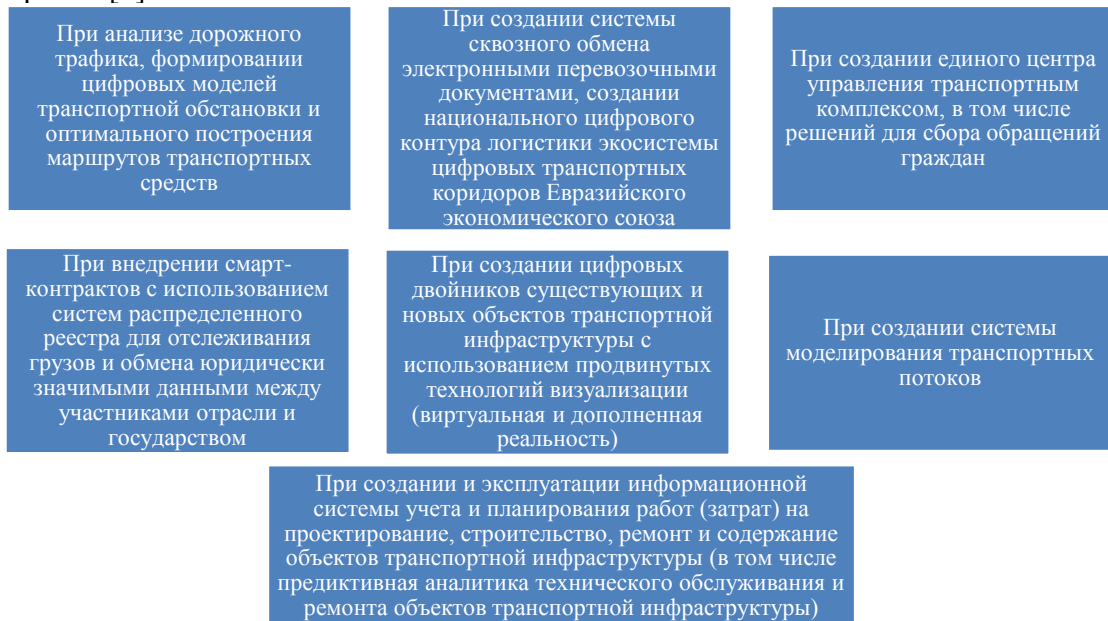


Рисунок 11 - Применение технологий в рамках цифровой трансформации транспортной отрасли РФ до 2030 года

С помощью возможностей больших данных и искусственного интеллекта на платформе StartUs Insights Discovery проанализирована работа технологических компаний и более трех миллионов проектов. В результате предложены направления, отражающие развитие и внедрение в беспилотные транспортные системы инновационных технологий (рис. 12) [7].

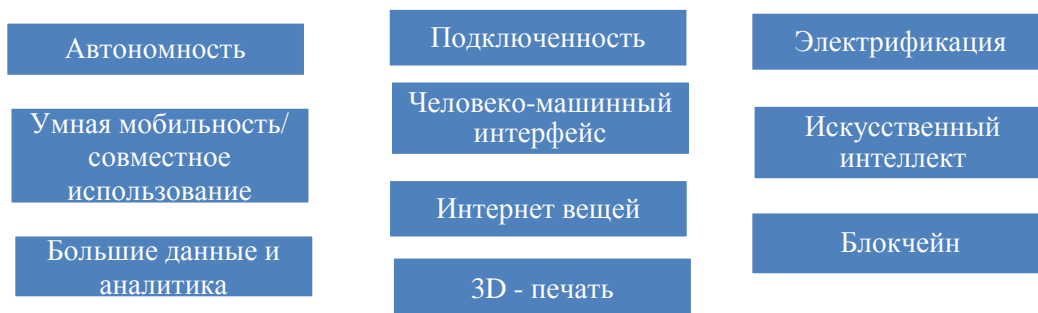


Рисунок 12 - Направления, отражающие развитие и внедрение в беспилотные транспортные системы инновационных технологий

Каждая из технологий имеет свои виды услуг в рамках развития высокоавтоматизированных транспортных средств и инфраструктуры [8]. Например, в рамках понятия «Умная мобильность / совместное использование» выделяются следующие виды услуг на транспорте (рис. 13) [7].

Инновационные технологии находят все большее применение в России [9] и за рубежом [10] для развития беспилотных систем [11]. В одной из ведущих компаний по разработке технологий беспилотного вождения Aurora Innovation, США, планируется расширение производства и коммерческий запуск проекта беспилотных грузовых автоперевозок. Компания Mercedes-Benz получила первое в своём роде разрешение на использование автопилота уровня автоматизации SAE 3, встроенного в стандартную модель автомобиля, в штате Невада США. Немецкая компания ZF заявила о планах в течение нескольких лет совместно с амери-

канскими компаниями Veer и Oxbotica запустить несколько тысяч автономных шаттлов на рынок США.

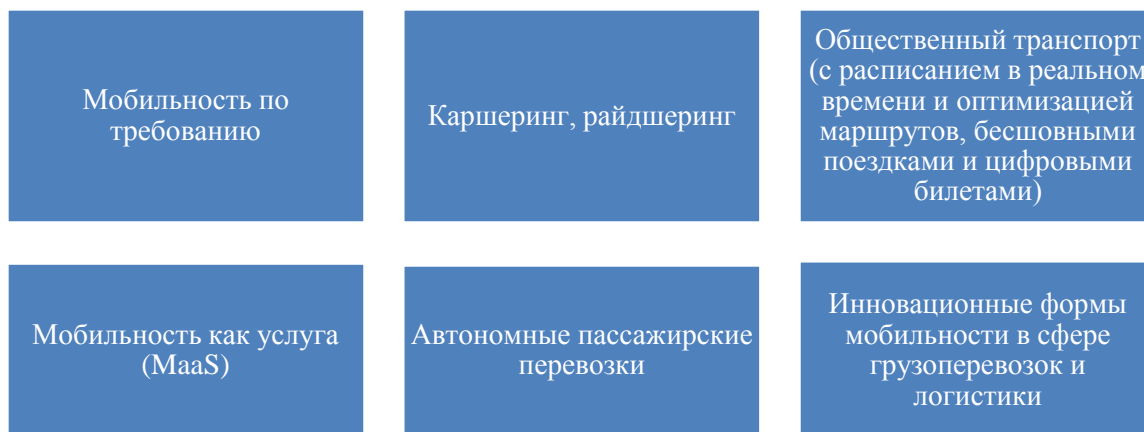


Рисунок 13 - Внедрение концепции «умной мобильности» («Smart mobility») и совместного использования [7]

Предполагается создание автомобилей четвертого уровня автономности, способных без вмешательства человека перемещаться на городских дорогах со смешанным трафиком. Новый шаттл ZF сможет вместить 22 пассажира, имеет 15 мест для сидения, первоначальная максимальная скорость – 25 миль/час (40,2 км/ч), в дальнейшем планируется увеличение до 50 миль/час (80,5 км/ч). Компания-разработчик систем автономного вождения Plus совместно с компанией Bosh работают над созданием новой системы содействия водителю грузовых автомобилей PlusDrive. Система частично автоматизирует процесс ускорения/торможения и рулевого управления автомобилем и обеспечивает полный мониторинг окружающей среды на 360°, в том числе прогнозирует траектории движения окружающих динамических объектов. В состав функций входит помощь водителю при движении в пробке и смена полосы движения. Израильская компания Imagry предлагает компании Continental свою платформу автономного вождения без использования встроенных карт. Continental уже реализовала функцию автономной парковки, когда автомобиль может самостоятельно объезжать парковочную зону, находить свободное место и парковаться. Imagry предлагает дополнить платформу системой распознавания видеопотоков в реальном времени с помощью нейронных сетей для принятия мгновенных решений на основании распознанных сценариев. Технология машинного обучения Wayve AV2.0 позволит перемещаться даже в тех местах, где автомобиль раньше не был. В апреле 2023 года Baidu Apollo представила серию новых продуктов для автопроизводителей. Baidu утверждают, что разработали единственное решение в Китае, обеспечивающее максимально «чистое» распознавание машинами окружающего мира. Американская компания Recogni представила высокопроизводительную платформу Phoenix ADAS/AD ECU с процессором искусственного интеллекта Scorpio от Recogni и SoC Renesas R-Car V4H мощностью до 2000 Вт [12].

На рисунке 14 представлены ключевые компании отечественного рынка в части беспилотных технологий и инноваций [7].



Рисунок 14 - Российские технологические компании на международном рынке беспилотных технологий и инноваций

В июне 2023 г. «Коммерсант» сообщил, что с мая 2023 г. «Яндекс» запустил в Москве роботакси. Сервис работает в тестовом режиме, вызвать роботакси могут жители района Ясенево. Поездкой в заказанной машине будет управлять искусственный интеллект. Заказ доступен с семи утра до часа ночи. В октябре 2023 г. «Коммерсант» сообщил, что в 2023 г. у

«Яндекс» стартовал третий этап тестирования беспилотных автомобилей, без присутствия водителя в салоне.

Научно-производственное объединение «СтарЛайн» с 2018 г. организует первые поездки испытательных моделей на закрытых полигонах. В октябре 2023 г. в рамках экспериментально-правового режима, согласно Постановлению Правительства РФ №2495, беспилотный тягач «СтарЛайн» совершил перевозку груза по трассе М11 «Нева». Для осуществления беспилотного движения по маршрутному заданию использованы инновационные технологии: искусственный интеллект, нейросети и цифровая модель дороги. Беспилотный тягач был оборудован специальными датчиками: GNSS-RTK-приемник, лидары, видеокамеры, инерциальные датчики]. В июне 2023 года осуществлен запуск движения трех грузовиков ПАО «КамАЗ» по трассе М-11 «Нева», с августа 2023 года – еще трех грузовиков ПАО «КамАЗ» и трех грузовиков ООО «СберАвтоТех». Создан цифровой двойник автомобильной дороги М-11 «Нева» [13].

Согласно принятой Стратегии по цифровой трансформации транспортной отрасли, в России в 2024 году беспилотники КамАЗа, SberAutoTech и НПО «СтарЛайн» совершат 11 тыс. проездов по трассе М-11 «Нева», где будет полностью открыто движение беспилотных тягачей 4-го уровня автоматизации. В 2023 г. автономные грузовики КамАЗа перевезли по трассе М-11 «Нева» 10 тыс. тонн грузов, преодолев 560 тыс. км [13].

В России к 2030-му году рассчитывают создать систему беспилотных логистических коридоров – основных магистралей, по которым беспилотные грузовики смогут осуществлять коммерческую доставку товаров. В число таких магистралей планируется включить трассы М-12 «Москва-Казань», М-4 «Дон», ЦКАД и другие, общей протяженностью 19,5 тыс. км [12].

Применение инновационных технологий в области беспилотных систем в РФ находит все большее применение при организации технологических перевозок внутри предприятий [14]. Так, беспилотный электромобиль Evocargo N1 осуществляет доставку полимеров по маршруту, созданному на основе цифровой карты объекта, на территории ООО «Томскнефтехим». Маршрут строится с учетом особенностей инфраструктуры (дорожных знаков, разметки, пешеходных переходов, тротуаров). ГПХ «Русклимат» осуществляет доставку грузов на производственных и складских территориях посредством беспилотных электрических грузовиков.

Результаты и обсуждение

В настоящее время наблюдается бурное развитие и внедрение инновационных технологий, что поддерживается на государственном уровне. Перед специалистами автотранспортной отрасли ставится масштабная задача развития беспилотных транспортных систем: высокоавтоматизированных транспортных средств и обеспечивающей инфраструктуры. В статье проанализирована государственная политика формирования и внедрения инновационных, современных и сквозных технологий для беспилотного транспорта и дорожно-транспортной инфраструктуры. Автомобильная отрасль использует открывающиеся возможности для развития беспилотных систем [15].

Для понятия актуальных для экономики страны направлений создания и развития инновационных технологий предлагаются ряд нормативно-правовых документов федерального значения, в которых четко обозначены направления, важные для государства. В статье проанализированы и приведены документы, в которых представлены инновационные технологии, влияющие на беспилотные системы.

Выводы

Внедрение инновационных технологий для развития беспилотных транспортных систем направлено на усиление безопасности дорожного движения [16] и функциональных возможностей непосредственного назначения транспортного средства. Потенциал применения инновационных технологий на автотранспорте и достигаемые при этом социально-экономические эффекты способствуют привлечению огромных инвестиций в научные исследования и разработки. Окупаемость вложений в научные разработки достигается за счёт роста коммерческих продаж как производителей автотранспорта, заботящихся о своей конкурентоспособности на рынке, так и транспортно-логистических компаний, стремящихся к снижению себестоимости и повышению эффективности перевозок. Инновационные технологии в области развития высокоавтоматизированных транспортных средств и инфраструктуры все шире используются для повышения качества и безопасности вождения автомобилем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ризаева Ю.Н. Государственная политика в области развития беспилотных систем // Интеллект. Ин-

новации. Инвестиции. 2023. №5. С. 11-19.

2. Дорохин С.В., Азарова Н.А., Рудь В.А. Проблемы и перспективы использования беспилотного транспорта на дорогах крупных городов РФ // Проблемы эксплуатации автомобильного транспорта и пути их решения на основе перспективных технологий и научно-технических решений: материалы всероссийской научно-техн. конференции. Воронеж: ВГЛУ им. Г.Ф. Морозова. 2022. С. 64–66.

3. Бурыгин А.А., Ефименко Д.Б., Леонов И.А., Грунин С.И. Актуальные проблемы развития инфраструктуры транспортной системы РФ, обеспечивающей международные транзитные перевозки, на примере «интеллектуального» автомобильного пункта пропуска через таможенную границу // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2023. №4(75). С. 75-85.

4. Новиков А.Н., Мирошников Е.В., Кулев А.В., Кулев М.В. Повышение безопасности дорожного движения на основе интеллектуальных транспортных систем // Мир транспорта и технологических машин. 2022. №4-1 (79). С. 86-93.

5. Еремин С.В., Новиков А.Н., Фроленкова Л.Ю., Кулев А.В., Кулев М.В. Совершенствование дорожного движения в городе Красноярске на основе интеллектуальных транспортных технологий // Мир транспорта и технологических машин. 2023. №1-1 (80). С. 76-86.

6. Зелова М.И., Комаров А.В. Беспилотные технологии на транспорте. Перспективы развития // Молодая наука Сибири. 2021. №2(12). С. 86-91.

7. Исследование состояния и перспектив развития рынка автономных автомобилей в России и мире. Оценка влияния на показатели развития НТИ «Автонет»: аналитический отчет, 2022 // Ассоциация разработчиков, производителей и потребителей оборудования и приложений на основе глобальных навигационных спутниковых систем «ГЛОНАСС/ГНСС-Форум» (Ассоциация «ГЛОНАСС/ГНСС-Форум»). Москва. 2022. 228 с.

8. Жанказиев С.В. Управление мобильностью в открытых транспортных системах / XIV Всероссийская мультиконференция по проблемам управления МКУ-2021. Ростов-на-Дону – Таганрог: Южный федеральный университет. 2021. С. 17-19.

9. Ефименко Д.Б. Перед дорожной отраслью стоят масштабные задачи // Автомобильные дороги. 2022. №10(1091). С. 4.

10. Nekrasov A. Complex Digital Model of Transport Logistic System Transformation // Reliability and Statistics in Transportation and Communication. RelStat 2019. Lecture Notes in Networks and Systems 2020. Vol. 117. Springer. P. 244.

11. Ризаева Ю.Н., Горюва Т.В., Лукинов А.С., Абакаров А.А. Беспилотные технологии для грузовых и пассажирских автоперевозок // Реализация транспортной Стратегии РФ до 2030 года в части развития автотранспортного комплекса: сборник трудов междунар. конф. М.: МАДИ. 2023. С. 35-40.

12. Новости рынка высокоавтоматизированных транспортных средств и телематических транспортных и информационных систем. Ассоциация разработчиков, производителей и потребителей оборудования и приложений на основе глобальных навигационных спутниковых систем «ГЛОНАСС/ГНСС-Форум» (Ассоциация «ГЛОНАСС/ГНСС-Форум»). Москва, 2023. 32 с.

13. Доклад о результатах деятельности Министерства транспорта Российской Федерации за 2023 год, целях и задачах на 2024 год и плановый период до 2026 года. Москва, Минтранс РФ, 2024. 40 с.

14. Курганов В.М., Дорофеев А.Н. Информационные технологии поддержки принятия решений для управления транспортно-логистическим предприятием // М.: КноРус, 2023. 180 с.

15. Андреев Н.А. Перспективы применения беспилотного транспорта в России // Отходы и ресурсы. 2023. Т. 10. № 1. С.1-10

16. Жуньчжов В., Зырянов В.В. Интеллектуальные системы управления дорожным движением // Информационные технологии и инновации на транспорте: материалы VII Международной научно-практической конференции. В 2-х томах. Орел: ОГУ имени И.С. Тургенева, 2021. С. 157-169.

Пушкин Павел Юрьевич

МИРЭА – Российский технологический университет

Адрес: 119454, Россия, г. Москва, пр. Вернадского, 78

К.т.н., директор Института перспективных технологий и индустриального программирования

E-mail: pushkin@mirea.ru

Ризаева Юлия Николаевна

МИРЭА – Российский технологический университет

Адрес: 119454, Россия, г. Москва, пр. Вернадского, 78

Д.т.н., профессор кафедры метрологии и стандартизации, Член Общественного совета при Министерстве транспорта РФ, E-mail: rizaeva@mirea.ru

Сухатерин Алексей Борисович

МИРЭА – Российский технологический университет

Адрес: 119454, Россия, г. Москва, пр. Вернадского, 78

Старший преподаватель, E-mail: suhaterin@mirea.ru

P.Yu. PUSHKIN, Yu.N. RIZAEVA, A.B. SUKHATERIN

INNOVATIVE TECHNOLOGIES FOR UNMANNED SYSTEMS

Abstract. Specialists in the motor transport industry are faced with a large-scale task of developing unmanned systems: highly automated vehicles and supporting infrastructure. The article analyzes

the state policy of the formation and implementation of innovative, modern and end-to-end technologies for unmanned vehicles and road transport infrastructure. The authors provide an overview of innovative technologies presented in documents at the federal level that influence the development of unmanned systems, prospects and possibilities for their use in the motor transport industry. Innovative foreign and domestic experience in the use of modern innovative technologies in organizing freight and passenger road transport in Russia, the USA, Germany, Israel, and China is presented.

Keywords: *innovative technologies, unmanned system, highly automated vehicle, infrastructure*

BIBLIOGRAPHY

1. Rizaeva YU.N. Gosudarstvennaya politika v oblasti razvitiya bespilotnykh sistem // *Intellekt. Innovatsii. Investitsii*. 2023. №5. S. 11-19.
2. Dorokhin S.V., Azarova N.A., Rud` V.A. Problemy i perspektivy ispol'zovaniya bespilotnogo transporta na dorogakh krupnykh gorodov RF // *Problemy ekspluatatsii avtomobil'nogo transporta i puti ikh resheniya na osnove perspektivnykh tekhnologiy i nauchno-tekhnicheskikh resheniy: materialy vserossiyskoy nauchnotekhn. konferentsii. Voronezh: VGLTU im. G.F. Morozova*. 2022. S. 64-66.
3. Burygin A.A., Efimenko D.B., Leonov I.A., Grunin S.I. Aktual'nye problemy razvitiya infrastruktury transportnoy sistemy RF, obespechivayushchey mezhdunarodnye tranzitnye perevozki, na primere «intellektual'nogo» avtomobil'nogo punkta propuska cherez tamozhennuyu granitsu // *Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI)*. 2023. №4(75). S. 75-85.
4. Novikov A.N., Miroshnikov E.V., Kulev A.V., Kulev M.V. Povyshenie bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya na osnove intellektual'nykh transportnykh sistem // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. 2022. №4-1 (79). S. 86-93.
5. Eremin S.V., Novikov A.N., Frolenkova L.YU., Kulev A.V., Kulev M.V. Sovershenstvovanie dorozhnogo dvizheniya v gorode Krasnoyarske na osnove intellektual'nykh transportnykh tekhnologiy // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. 2023. №1-1 (80). S. 76-86.
6. Zelova M.I., Komarov A.V. Bespilotnye tekhnologii na transporte. Perspektivy razvitiya // *Molodaya nauka Sibiri*. 2021. №2(12). S. 86-91.
7. Issledovanie sostoyaniya i perspektiv razvitiya rynka avtonomnykh avtomobiley v Rossii i mire. Otsenka vliyaniya na pokazateli razvitiya NTI «Avtonet»: analiticheskiy otchiot, 2022 // *Assotsiatsiya razrabotchikov, proizvoditeley i potrebiteley oborudovaniya i prilozheniy na osnove global'nykh navigatsionnykh sputnikovyykh sistem «GLONASS/GNSS-Forum» (Assotsiatsiya «GLONASS/GNSS-Forum»)*. Moskva. 2022. 228 s.
8. ZHankaziev S.V. Upravlenie mobil'nost'yu v otkrytykh transportnykh sistemakh / XIV Vserossiyskaya mul'tikonferentsiya po problemam upravleniya MKPU-2021. Rostov-na-Donu - Taganrog: YUzhnyy federal'nyy universitet. 2021. S. 17-19.
9. Efimenko D.B. Pered dorozhnoy otrasl'yu stoyat masshtabnye zadachi // *Avtomobil'nye dorogi*. 2022. №10(1091). S. 4.
10. Nekrasov A. Complex Digital Model of Transport Logistic System Transformation // *Reliability and Statistics in Transportation and Communication. RelStat 2019. Lecture Notes in Networks and Systems 2020. Vol. 117*. Springer. R. 244.
11. Rizaeva YU.N., Gorovaya T.V., Lukinov A.S., Abakarov A.A. Bespilotnye tekhnologii dlya gruzovykh i passazhirskikh avtoperevozok // *Realizatsiya transportnoy Strategii RF do 2030 goda v chasti razvitiya avtotransportnogo kompleksa: sbornik trudov mezhd. konf. M.: MADI*. 2023. S. 35-40.
12. Novosti rynka vysokoavtomatizirovannykh transportnykh sredstv i telematicheskikh transportnykh i informatsionnykh sistem. Assotsiatsiya razrabotchikov, proizvoditeley i potrebiteley oborudovaniya i prilozheniy na osnove global'nykh navigatsionnykh sputnikovyykh sistem «GLONASS/GNSS-Forum» (Assotsiatsiya «GLONASS/GNSS-Forum»). Moskva, 2023. 32 s.
13. Doklad o rezul'tatakh deyatelnosti Ministerstva transporta Rossiyskoy Federatsii za 2023 god, tselyakh i zadachakh na 2024 god i planovyy period do 2026 goda. Moskva, Mintrans RF, 2024. 40 s.
14. Kurganov V.M., Dorofeev A.N. Informatsionnye tekhnologii podderzhki prinyatiya resheniy dlya upravleniya transportno-logisticheskimi predpriyatiem // *M.: KnoRus*, 2023. 180 s.
15. Andreev N.A. Perspektivy primeneniya bespilotnogo transporta v Rossii // *Otkhody i resursy*. 2023. T. 10. № 1. S.1-10
16. ZHun'chzhou V., Zyryanov V.V. Intellektual'nye sistemy upravleniya dorozhnym dvizheniem // *Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte: materialy VII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. V 2-kh tomakh. Orel: OGU imeni I.S. Turgeneva*, 2021. S. 157-169.

Pushkin Pavel Yurievich

MIREA – Russian Technological University
Address: 119454, Russia, Moscow, Vernadskogo str., 78
Candidate of Technical Sciences
E-mail: pushkin@mirea.ru

Sukhaterin Alexey Borisovich

MIREA - Russian Technological University,
Address: 119454, Russia, Moscow, Vernadskogo str., 78
Senior Lecturer
E-mail: suhaterin@mirea.ru

Rizaeva Yulia Nikolaevna

MIREA – Russian Technological University
Address: 119454, Russia, Moscow, Vernadskogo str., 78
Doctor of Technical sciences
E-mail: rizaeva@mirea.ru

Научная статья

УДК 656, 338.47, 004.94

doi: 10.33979/2073-7432-2024-3-3(86)-111-119

Ю.В. ТРОФИМЕНКО, Р.С. РУНЕЦ, С.В. УШКОВ

КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ «ОБЛАЧНЫХ» ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

***Аннотация.** В статье рассматриваются концептуальные положения формирования эффективных транспортных систем с использованием «облачных» интеллектуальных технологий. Рассмотрены проблемные вопросы, препятствующие развитию ИТС, которые являются типичными для всех субъектов Российской Федерации. Приведена концептуальная схема функциональной архитектуры ИТС региона, в которой предусмотрен уровень интеграции сети и система обеспечения информационной безопасности. При формировании «дорожной карты» реализации концепции создания эффективных транспортных систем с использованием «облачных» интеллектуальных технологий принципиально важным моментом является обоснование интегрального критерия оценки эффективности ИТС городов, регионов в целом и его количественная оценка для разных уровней зрелости ИТС.*

***Ключевые слова:** интеллектуальная транспортная система, облачные технологии, искусственный интеллект, интегральный и частные показатели эффективности*

Введение

Развитие интеллектуальных транспортных систем (ИТС) является определяющей компонентой эффективного развития транспортных систем на разных уровнях детализации. В общем виде ИТС представляет собой интеграционный аппаратно-программный комплекс [1, 2], предоставляющий технологическую возможность организации транспортных услуг, управления транспортной сетью города, мониторинга её состояния, оценки качества оказываемых транспортных услуг.

Согласно нормативному документу [3] стратегической целью создания ИТС городских агломераций (численность населения более 300 тыс. человек) является удовлетворение возрастающего спроса на пассажирские и грузовые перевозки, достижение транспортного баланса между пропускной способностью УДС и её реальной загрузкой, обеспечение безопасности перевозок и дорожного движения в целом, а также снижение объемов выбросов загрязняющих веществ.

Материал и методы

Основными направлениями развития ИТС как составного элемента транспортной системы являются:

- пространственное развитие и расширение функционала всех основных подсистем ИТС;
- интеграционное развитие ИТС;
- повышение безопасности дорожного движения;
- внедрение новых подсистем ИТС;
- снижение вредного воздействия на окружающую среду.

Приоритетными являются сервисы, которые гарантировано дадут существенный эффект в качестве транспортных услуг, снижения времени поездки, повышения надежности, дорожной и экологической безопасности.

В число технологически реализуемых инструментов современных ИТС могут входить подсистемы:

- директивного/косвенного управления транспортными потоками;
- светофорного управления;
- видеонаблюдения, детектирования ДТП и ЧС;

- информирования участников дорожного движения;
- интерактивного взаимодействия с пользователями;
- управления состоянием дорог и дорожной инфраструктуры;
- диспетчерского управления служб содержанием дорог и т.д.

Часть указанных выше подсистем (всего функционально определены - 27) реализованы ООО «Центр дорожных инноваций» на территории Краснодарского края и республики Адыгея на автомобильных дорогах муниципального, межмуниципального, регионального и федерального значения.

Они позволяют в реальном времени управлять светофорами и знаками переменной информации, определять характеристики транспортных потоков на разных участках УДС, дорожной сети, предотвращать заторовые ситуации, дорожно-транспортные происшествия, минимизировать негативное влияние автотранспортных средств на экологию [12-15].

На рисунке 1 приведена схема функциональной архитектуры ИТС муниципального образования (города Краснодара). На городском уровне внедряются подсистемы ИТС, которые позволяют управлять дорожным движением, информировать граждан о ситуации на дорогах, мониторить эко- и метеоданные в зоне УДС, контролировать состояние дорог, контролировать характеристики транспортных потоков [12, 13].

При этом в реальности каждая из подсистем ИТС города, региона «живёт» самостоятельной жизнью от остальных систем сбора и анализа данных в разных сферах жизни города или региона. Процесс интеграции и анализа данных из существующих и динамично развивающихся подсистем ИТС происходит только в головах руководителей Центров Организации Дорожного Движения (ЦОДД).

Например, обмен многих муниципальных ИТС видеoinформацией с различными системами «Безопасного региона» на данный момент имеет «нулевую» глубину интеграции, что ведёт к перерасходу финансовых средств при видеомониторинге УДС со стороны различных городских служб (рис. 2).



Рисунок 1 - Типичная схема функциональной архитектуры ИТС муниципального образования (города Краснодара)



Рисунок 2 - Пример отсутствия интеграции видеоконтента между различными городскими службами

Опыт разработки и внедрения комплексных автоматизированных систем мониторинга и управления дорожной территории Краснодарского края показал, что кроме указанных выше имеется ряд организационных, инженерно-технических и других проблем, препятствующих созданию эффективных ИТС в субъектах Российской Федерации. В их числе:

наличие многоуровневой структуры полномочий и ответственности; отсутствие прозрачных регламентов межведомственного взаимодействия; наличие разрозненных информационных систем и оборудования разного ведомственного подчинения; неэффективное использование существующей региональной ИТ-инфраструктуры (в частности региональных Центров Обработки Данных (ЦОД) с налаженным контуром информационной безопасности; дефицит ИТ-экспертизы и ИТ-кадров в транспортной отрасли.

Теория

В соответствии с Распоряжением Минтранса России от 27 апреля 2024 г. № АК-95-р существующая кластеризация разных уровней зрелости ИТС учитывает только наличие и охват дорожной или улично-дорожной сети тем или иным инструментом и никак не связана с эффективностью решения указанных выше задач, стоящих перед ИТС как на городском, так и на межмуниципальном, региональном и федеральном уровнях на территории Субъекта Федерации.

Указанные обстоятельства затрудняют формирование эффективной и безопасной информационно-коммуникационной среды ИТС обеспечивающей повышение качества жизни населения, социально-экономического развития.

В соответствии с Распоряжением Минтранса России от 30 сентября 2022 г. № АК-247-р на уровне субъекта Федерации (региона) должны формироваться и реализовываться Единые Платформы Управления Транспортной Системой (ЕПУТС) на основе программных модулей с данными, полученными из подсистем ИТС, которые должны интегрироваться между собой, анализироваться, строиться прогнозы, с учетом которых должны приниматься управленческие решения (рис. 3).

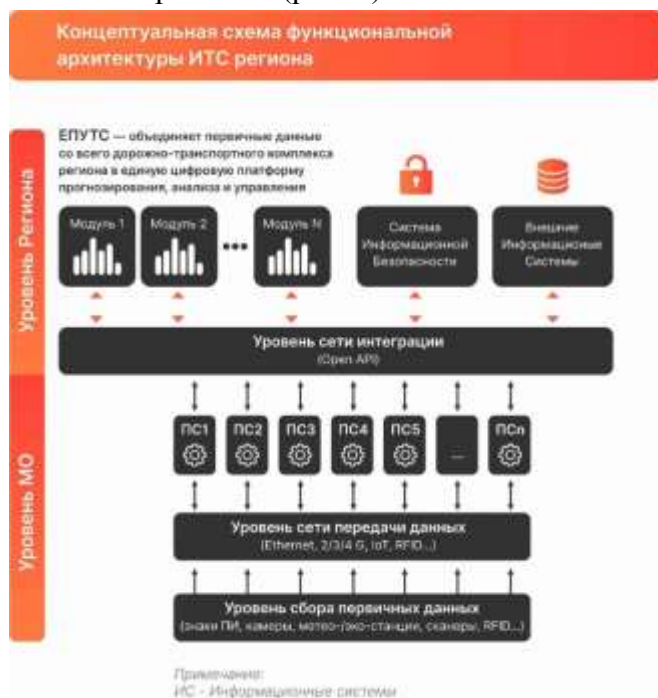


Рисунок 3 - Концептуальная схема перспективной функциональной архитектуры ИТС региона

городской жизни, в том числе и транспорт. Это позволяет анализировать и строить различные, безопасные уровни обмена информацией.

Видеоконтент (рис. 2) – это всего лишь один пример необходимой интеграции на уровне обмена данными городских, региональных и федеральных служб при рациональном использовании бюджетных средств.

Все подсистемы ИТС должны интегрироваться на уровне безопасного обмена данными с внешними информационными системами через ЕПУТС для чего в архитектуре ИТС должен быть предусмотрен уровень сети интеграции и система информационной безопасности. Это необходимо для передачи информации о нештатных ситуациях, в результате которых может возникнуть угроза жизни и здоровью участников дорожного движения, угроза или риски повреждения дорожно-транспортной инфраструктуры, инженерных коммуникаций и сооружений, безопасности дорожного движения и т.п.

Создать эффективные ИТС в настоящее время возможно только при использовании принципов «Бережливого умного города» путем разработки глубоко интегрированного программно-аппаратного комплекса, который объединяет все слои



Рисунок 4 - Типовая архитектура традиционной и облачной модели построения ИТС

Для предварительной оценки возможной глубины интеграции данных со стороны ИТС целесообразно проанализировать состав оконечных устройств (генерирующих данные) на уровне сбора первичных данных архитектуры ИТС.

Представляется, что «облачные» ИТ-модели являются важными организационно-технологическими драйверами развития информатизации общества с низким бюджетом и характеризуются значительным сокращением зоны ИТ-ответственности клиента (она уходит к провайдерам «облачных» услуг), а также малыми сроками реализации ИТ-проектов относительно традиционной модели построения сложных информационных систем. На рисунке 4 приведена схема традиционной и облачной моделей построения ИТС.

Результаты и обсуждение

Основными преимуществами облачных технологий при построении муниципальных и региональных ИТС являются:

- неограниченные информационные ресурсы т.к. открывается доступ к серверным мощностям масштабных Центров Обработки Данных (ЦОД).
- экономия и регулируемый масштаб используемых серверных мощностей для различных этапов развития ИТС.
- надёжность и безопасность аппаратно-программных платформ ЦОД-ов в следствие применения провайдерами облачных услуг высоких требований при формировании собственной политики кибербезопасности.
- широкий выбор облачных сервисов для построения необходимых программно-аппаратных платформ ИТС.
- безопасный запуск новых продуктов. С помощью облачных сервисов можно быстро запустить дополнительные модули ЕПУТС, «тяжелое» ПО подсистемы ИТС, систему транспортного моделирования или ведомственный онлайн-портал без перегрузки ИТ-инфраструктуры.

Для обеспечения бесперебойного доступа к облачным сервисам нужно резервировать пользовательскую сеть широкополосного доступа в Интернет со стороны как минимум 2-х операторов связи.

При формировании «дорожной карты» реализации концепции создания эффективных транспортных систем с использованием «облачных» интеллектуальных технологий принципиально важным моментом является обоснование интегрального критерия оценки эффективности ИТС городов, регионов в целом и его количественная оценка для разных уровней зрелости ИТС.

В настоящее время эффективность сложных информационных систем в основном определяется как соотношение между достигнутыми при функционировании ИТ-системы результатами и затраченными на её создание и функционирование финансовыми затратами. Параметры экономической эффективности являются необходимым, но не являются достаточным набором показателей эффективности транспортной сети (ИТС) в современных цифровых реалиях с динамичным ростом коэффициента автомобилизации населения.

По нашему мнению, под эффективностью ИТС следует понимать не сокращение финансовых затрат на создание и эксплуатацию системы, а степень ее соответствия назначению и приспособленности к достижению целей развития транспортной системы: снижение вре-

мени поездки, повышение уровня мобильности, связанности территорий, развитие мульти-модальности, повышение надежности транспортной сети, дорожной и экологической безопасности, качества жизни населения и т.п.

Выбор показателей эффективности ИТС целесообразно осуществлять исходя из следующих соображений [3, 4]:

- соответствие показателей целям проектирования и назначения ИТС;
- измеримость с помощью существующих физических величин (желательно выбирать показатели, которые могут быть выражены количественно);
- выбор оптимального числа показателей, так как при их малом числе не в полной мере учитываются целевые функции ИТС, а с ростом числа показателей возрастает трудоемкость оценки;
- показатели эффективности по возможности должны учитывать требования, регламентируемые действующими нормативно-техническими документами в области информационных систем и транспорта.

Конкретный перечень показателей эффективности зависит от типа и задач ИТС. В ряде публикаций [5-10] приведены перечни показателей эффективности для различных типов информационных систем: типовой системы на основе применения «облачных» технологий [6], а также для ведомственной ИС [7].

В таблице 1 приведен перечень показателей эффективности ИТС с использованием «облачных технологий» для транспортной системы.

Таблица 1 – Номенклатура показателей эффективности ИТС с использованием «облачных технологий» для транспортной системы.

Обобщённые показатели эффективности ИТС	Частные показатели эффективности ИТС
1	2
Технический фактор	Уровень надежности; Скорость обмена информацией; Масштабируемость ресурсов; Дополнительное пространство хранения; Резервное копирование информации;
Технологический фактор	Возможности интеграции приложений; Развитие среды работы приложений; Развитие системы мониторинга; Удобство пользовательского интерфейса;
Экономичность	Расходы на внедрение; Экономия средств; Выгодность использования облачных технологий;
Степень риска	Нормативно-правовые вопросы; Реагирование провайдера на инциденты; Совместимость; Восстановление данных и их конфиденциальности;
Информационная безопасность	Криптографическая защита данных; Аутентификация пользователей; Разграничение прав пользователей; Антивирусная защита;
Человеческий фактор	Готовность сотрудников к внедрению новых технологий; Уровень подготовки сотрудников; Способность сотрудников к обучению; Уровень мотивации сотрудников;
Уровень внедрения приоритетных сервисов	Управление данными ИТС; Управление дорожным движением; Информирование участников движения; Мониторинг погодных условий;
Глубина сервисного обслуживания	Число функционально реализованных подсистем; Уровень интеграции с внешними ИС;

1	2
Ключевые показатели эффективности подсистем (наличие подсистем определенного вида)	Подсистема директивного/косвенного управления транспортными потоками; Подсистема светофорного управления; Подсистема обеспечения приоритетного проезда; Подсистема информирования участников дорожного движения; Подсистема управления состоянием дорог и дорожной инфраструктуры; Подсистема диспетчерского управления служб содержанием дорог; Подсистема экомониторинга;
Уровень транспортной интеграции	Коэффициент транспортной доступности; Коэффициент связанности; Коэффициент транспортной подвижности (мобильности) населения;
Уровень безопасности транспортной системы	Общее количество ДТП; Количество ДТП с пострадавшими; Уровень смертности ДТП; Количество выявленных нарушений ПДД;
Уровень организации пассажироперевозок	Регулярность; Пассажировместимость подвижного состава; Плотность маршрутной сети; Средний коэффициент непрямолинейности маршрутной сети; Общая длина маршрутной сети; Коэффициент пересадочности;
Уровень экологической безопасности	Концентрации вредных веществ; Уровень шума; Валовые выбросы парниковых газов Уровень электромагнитного загрязнения
Транспортная производительность	Средняя скорость транспортного потока; Интенсивность движения; Состав транспортного потока; Пропускная способность; Провозная способность;

Анализ научно-технической литературы, а также опыта работ по созданию информационных и других систем различного назначения показывает, что наибольшее применение в расчете эффективности сложных информационных систем (к которым относится ИТС) нашли методы среднего взвешенного и анализа иерархий.

На интегральные показатели эффективности ИТС всё большее влияние оказывает уровень глубины интеграции функций подсистем ИТС с функциональными возможностями Искусственного Интеллекта (ИИ), как внешней ИС.

Работа нейросетей и ИИ напоминает работу нейронов мозга человека (с огромной внешней памятью) способной к обучению. ИИ способен понять закономерности в поступающей информации с уровня сбора первичных данных ИТС (оконечных устройств), провести её анализ и сравнение с информацией из баз данных (БД) имеющегося опыта, и предложить решение по управлению рабочим процессом на УДС – человеку. То есть человек не должен формулировать решение задачи, он только принимает управленческое решение на основе предложения ИИ. Сегодняшняя актуальность внедрения решений ИИ наиболее высока в тех подсистемах ИТС, где возможно значительно ускорить работу подсистемы ИТС за счет сокращения рутинных операционных задач, например:

- управление беспилотными аппаратами (БПА) на дорожной сети муниципального образования или региона для составления «Цифровых двойников», или сбора первичных данных для составления отраслевых прогнозов (например, на основе эко- и метеоданных);

- обработки огромных массивов данных в подсистемах ИТС, интегрированных с другими внешними ИС. К примеру, обработка и анализ интегрированных данных подсистемы V2X с сетью Интернет вещей «Умного города», или обработка интегрированных данных подсистемы состояния дорожной инфраструктуры ИТС с данными «Безопасного региона»

или «Служба 112»;

Технологии ИИ и нейросетей – являются одним из основных векторов развития ИТС в последние 6-7 лет. В первую очередь ИИ начал применяться в ИТС для имитационного моделирования транспортных потоков, в методах построения логистических маршрутов и прогнозирования метеопараметров в зоне УДС. Сегодня при использовании ИИ совместно с технологиями машинного зрения проводится анализ дорожной ситуации. В настоящий момент ведутся испытания применения ИИ в управлении БПА для пассажирских и грузовых перевозок на межмуниципальных и региональных дорогах.

ИИ находит всё большее применение при обработке и анализе данных получаемых от подсистем ИТС, но нельзя забывать, что некоторые подсистемы ИТС являются объектами критической информационной инфраструктуры (КИИ) нашей страны, и требуют особого развития нормативно-технической и правовой баз регулирования глубины использования ИИ в принятии решений по управлению данными этих подсистем ИТС.

Выводы

Высокие темпы развития информационно-коммуникационных технологий дают возможность ИТС осуществлять автоматизированные решения сложных, трудно формализуемых, многомерных вычислительных, логических и управленческих задач на основе большого количества разнородной исходной информации, а также использовать возможности Искусственного Интеллекта и нейросетей.

ИТС играет фундаментальную роль в повышении производительности всей транспортной сети нашей страны, а разработанный комплекс интегральных показателей эффективности позволяет принимать правильные управленческие решения по развитию подсистем ИТС.

Под эффективностью ИТС следует понимать не только сокращение финансовых затрат на создание и эксплуатацию системы, но и технологические показатели создания ИТС, ключевые показатели эффективности развития подсистем ИТС, показатели глубины интегрированности ИТС с внешними информационными системами, а также показатели соответствия и приспособленности ИТС к достижению целей развития транспортной системы: снижение времени поездки, повышение уровня мобильности, связанности территорий, развитие мультимодальности, повышение надежности транспортной сети, дорожной и экологической безопасности.

Алгоритм разработки концепции формирования эффективных транспортных систем с использованием «облачных» интеллектуальных технологий учитывает практический опыт построения (функциональной архитектуры) подсистем автоматизированного мониторинга и управления дорожным движением ИТС, которые реализованы на территории Краснодарского края и республики Адыгея на автомобильных дорогах муниципального, межмуниципального, регионального и федерального значения, и предусматривает:

- определение цели и задач, стоящих перед ИТС, основных направлений их развития как составного элемента транспортной системы, а также рассмотрение приоритетных сервисы (технологические реализуемые инструменты), которые гарантировано дадут существенный эффект в качестве транспортных услуг, снижения времени поездки, повышения надежности, дорожной и экологической безопасности;
- анализ практического опыта построения ИТС и выявление проблемных вопросов, которые являются типичными для всех субъектов Российской Федерации. Отмечается, что существующая кластеризация разных уровней зрелости ИТС учитывает только наличие и охват дорожной или улично-дорожной сети тем или иным инструментом и никак не связана с эффективностью решения задач, стоящих перед ИТС на разных уровнях на территории Субъекта Федерации;
- рассмотрение видов и преимуществ отдельных групп облачных технологий, практическая возможность их реализации в интеграционной ИТС;
- обоснование интегрального и частных показателей оценки эффективности ИТС городов, регионов в целом и методов их количественной оценки для разных уровней зрелости ИТС;
- обоснование номенклатуры показателей эффективности ИТС с использованием

«облачных технологий» для транспортной системы и использование методов среднего взвешенного и анализа иерархий для количественной оценки интегрального и отдельных (частных) показателей эффективности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жанказиев С.В. Интеллектуальные транспортные системы. Пути развития // Информационные технологии и инновации на транспорте: материалы 2-й Международной научно-практической конференции. Орёл. 2016. С. 3-9.
2. Payne S. Key Performance Indicators for Intelligent Transport Systems: Final Report. Bristol: AECOM. https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/its/studies/doc/its-kpi-final_report_v7_4.pdf - 2019.10.08
3. Зацаринный А.А., Ионенков Ю.С. Некоторые вопросы оценки качества информационных систем // Системы и средства информатики. 2021. Т. 31. №4. С. 4-17.
4. Зацаринный А.А., Ионенков Ю.С. Некоторые методические аспекты выбора показателей эффективности информационных систем // Системы высокой доступности. М.: Радиотехника. 2019. №4. С. 19-26.
5. Зацаринный А.А., Ионенков Ю.С. Оценка эффективности информационно-телекоммуникационных систем / Под ред. д.т.н. А. А. Зацаринного. М.: НИПКЦ Восход-А, 2020. 120 с.
6. Зацаринный А.А., Ионенков Ю.С., Сучков А.П. Некоторые аспекты оценки эффективности облачных технологий // Системы и средства информатики. 2018. Т. 28. №3. С. 104-117.
7. Зацаринный А.А., Ионенков Ю.С. К вопросу оценки эффективности автоматизированных систем с использованием метода анализа иерархий // Системы и средства информатики. 2015. Т. 25. №3. С. 162-179.
8. Зацаринный А.А., Ионенков Ю.С., Шабанов А.П. К вопросу о сравнительной оценке эффективности ситуационных центров // Системы и средства информатики. 2013. Т. 23. №2. С. 155-171.
9. Taimouri A., Emamisaleh K. Providing Performance Evaluation Indicators for Intelligent Transportation Systems (The Case Study of Tehran-Karaj Freeway Located in Iran) // Journal of Transportation Technologies, Vol.10. №2. 2020.
10. Samadi S., Rad A.P., Kazemi F.M., Jafarian H. Performance Evaluation of Intelligent Adaptive Traffic Control Systems: A Case Study // Journal of Transportation Technologies. Vol. 2. 2012. P. 248-259.
11. Zhankaziev S.V., Gavriluk M., Morozov D., Zabudsky A. Scientific and Methodological Approaches to the Development of a Feasibility Study for Intelligent Transportation Systems // Transportation Research Procedia. Vol. 36. 2018. P. 841-847.
12. Trofimenko Y.V., Nekrasov A.G., Atyev K.I., Sinitsyna A.S. Modeling principles of the digital infrastructure of it services in sustainable low carbon transport systems // International Journal of Engineering and Technology(UAE). 2018. Т. 7. №2. С. 386-389.
13. Трофименко Ю.В. Проблемы декарбонизации автомобильного транспорта в российской федерации // Транспорт Российской Федерации. 2022. №6(103). С. 37-41.
14. Трофименко Ю.В. Перспективные направления повышения экологичности транспортных объектов и технологий // Информационные технологии и инновации на транспорте: материалы VI Международной научно-практической конференции; под общ. ред. А.Н. Новиков. 2020. С. 127-133.
15. Трофименко Ю.В. Обоснование перспективных направлений прикладных научных исследований в транспортном комплексе // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2018. №9. С. 4-9.

Трофименко Юрий Васильевич

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)
Адрес 125319, Россия, Москва, Ленинградский проспект, 64
Д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Техносферная безопасность»
E-mail: ecology@madi.ru

Рунец Роман Сергеевич

ООО «Центр Дорожных Инноваций»
Адрес: 350033, Россия, Краснодар, ул. им. Ленина, д. 101
Директор по развитию
E-mail: info@cdi-expert.com

Ушков Сергей Владимирович

ООО «Центр Дорожных Инноваций»
Адрес: 350033, Россия, Краснодар, ул. им. Ленина, д. 101
Руководитель отдела разработки
E-mail: s.ushkov@cdi-expert.com

Y.V. TROFIMENKO, R.S. RUNETS, K.Y. TROFIMENKO, S.V. USHKOV

THE CONCEPT OF CREATING EFFICIENT TRANSPORT SYSTEMS USING CLOUD-BASED INTELLIGENT TECHNOLOGIES

Abstract. *The article discusses the conceptual provisions of the formation of efficient transport systems using cloud-based intelligent technologies. The problematic issues hindering the development of ITS, which are typical for all subjects of the Russian Federation, are considered. A conceptual scheme of the functional architecture of the ITS of the region is presented, which provides for a level of network integration and an information security system. When forming a roadmap for the implementation of the concept of creating efficient transport systems using cloud-based intelligent technologies, a fundamentally important point is to substantiate the integral criterion for evaluating the effectiveness of ITS cities, regions as a whole and its quantitative assessment for different levels of ITS maturity.*

Keywords: *intelligent transport system, cloud technologies, artificial intelligence, integrated and private performance indicators*

BIBLIOGRAPHY

1. ZHankaziev S.V. Intellektual'nye transportnye sistemy. Puti razvitiya // Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte: materialy 2-y Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Oriol. 2016. S. 3-9.
2. Payne S. Key Performance Indicators for Intelligent Transport Systems: Final Report. Bristol: AECOM. https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/its/studies/doc/its-kpi-final_report_v7_4.pdf - 2019.10.08
3. Zatsarinnyy A.A., Ionenkov YU.S. Nekotorye voprosy otsenki kachestva informatsionnykh sistem// Sistemy i sredstva informatiki. 2021. T. 31. №4. S. 4-17.
4. Zatsarinnyy A.A., Ionenkov YU.S. Nekotorye metodicheskie aspekty vybora pokazateley effektivnosti informatsionnykh sistem// Sistemy vysokoy dostupnosti. M.: Radiotekhnika. 2019. №4. S. 19-26.
5. Zatsarinnyy A.A., Ionenkov YU.S. Otsenka effektivnosti informatsionno-telekommunikatsionnykh sistem / Pod red. d.t.n. A. A. Zatsarinnoy. M.: NIPKTS Voskhod-A, 2020. 120 s.
6. Zatsarinnyy A.A., Ionenkov YU.S., Suchkov A.P. Nekotorye aspekty otsenki effektivnosti oblachnykh tekhnologiy // Sistemy i sredstva informatiki. 2018. T. 28. №3. C. 104-117.
7. Zatsarinnyy A.A., Ionenkov YU.S. K voprosu otsenki effektivnosti avtomatizirovannykh sistem s ispol'zovaniem metoda analiza ierarkhiy // Sistemy i sredstva informatiki. 2015. T. 25. №3. S. 162-179.
8. Zatsarinnyy A.A., Ionenkov YU.S., Shabanov A.P. K voprosu o sravnitel'noy otsenke effektivnosti situatsionnykh tsentrov // Sistemy i sredstva informatiki. 2013. T. 23. №2. S. 155-171.
9. Taimouri A., Emamisaleh K. Providing Performance Evaluation Indicators for Intelligent Transportation Systems (The Case Study of Tehran-Karaj Freeway Located in Iran) // Journal of Transportation Technologies, Vol.10. №2. 2020.
10. Samadi S., Rad A.P., Kazemi F.M., Jafarian H. Performance Evaluation of Intelligent Adaptive Traffic Control Systems: A Case Study // Journal of Transportation Technologies. Vol. 2. 2012. R. 248-259.
11. Zhankaziev S.V., Gavrilyuk M., Morozov D., Zabudsky A. Scientific and Methodological Approaches to the Development of a Feasibility Study for Intelligent Transportation Systems // Transportation Research Procedia. Vol. 36. 2018. R. 841-847.
12. Trofimenko Y.V., Nekrasov A.G., Atyev K.I., Sinitsyna A.S. Modeling principles of the digital infrastructure of it services in sustainable low carbon transport systems // International Journal of Engineering and Technology(UAE). 2018. T. 7. №2. S. 386-389.
13. Trofimenko YU.V. Problemy dekarbonizatsii avtomobil'nogo transporta v rossiyskoy federatsii // Transport Rossiyskoy Federatsii. 2022. №6(103). S. 37-41.
14. Trofimenko YU.V. Perspektivnye napravleniya povysheniya ekologichnosti transportnykh ob"ektov i tekhnologiy // Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte: materialy VI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii; pod obshch. red. A.N. Novikov. 2020. S. 127-133.
15. Trofimenko YU.V. Obosnovanie perspektivnykh napravleniy prikladnykh nauchnykh issledovaniy v transportnom komplekse // Intellekt. Innovatsii. Investitsii. 2018. №9. S. 4-9.

Trofimenko Yuri Vasilyevich
Moscow Automobile and Road Engineering
State Technical University (MADI)
Address 125319, Russia, Moscow
Doctor of Technical Sciences
E-mail: ecology@madi.ru

Ushkov Sergey Vladimirovich
Center for Road Innovations LLC
Address: 350033, Russia, Krasnodar
Head of the Development Department
E-mail: s.uskov@cdi-expert.com

Runets Roman Sergeevich
Center for Road Innovations LLC
Address: 350033, Russia, Krasnodar
Director of Development
E-mail: info@cdi-expert.com

Научная статья

УДК 656.051

doi: 10.33979/2073-7432-2024-3-3(86)-120-127

О.О. ПИЛИПЕЦ

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА В КОНТЕКСТЕ ФОРМИРОВАНИЯ ЕДИНОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

***Аннотация** В данной статье изложены основные структурные особенности создания и развития интеллектуальной транспортной системы (далее ИТС), с применением онтологического подхода при разработке и последующей эксплуатации. Кроме того, приведены основные аспекты методики применения онтологического подхода в функционировании ИТС. Основной целью данной статьи является проведение анализа в контексте интеграции и развития ИТС в контексте единообразного развития ИТС в рамках транспортного комплекса Российской Федерации. В работе осуществлен декомпозиционный анализ структурных элементов дорожного движения, применительно к интеграции онтологического подхода к ИТС.*

***Ключевые слова:** Интеллектуальные транспортные системы, онтология, интеграционная платформа ИТС, стандартизация ИТС, федеральная сеть ИТС, Дорожная деятельность, Транспортный комплекс*

Введение

В общем понимании, онтология является формальным описанием категорий, свойств и отношений между понятиями, данными и сущностями определенной предметной области. Термин «онтология» в области искусственного интеллекта вошел в исследовательское поле в 80-х годах прошлого столетия и использовался для обозначения не только как модели мира, но и в качестве компонентов систем, основанных на знаниях. В 1995 г. распространение получила статья Тома Грубера «К принципам проектирования онтологий, используемых для обмена знаниями», в ней автор работы определил онтологию как «спецификацию концептуализации» [1]. Позже, свою трактовку понятия дали исследователи Файльмайр и Вёс (2016), в их интерпретации онтология является одновременно формальной и очевидной спецификацией общей концептуализации, которая характеризуется высокой семантической выразительностью». [2] Исходя из того, что на данный момент, согласно Распоряжения Министерства транспорта Российской Федерации N АК-247-р от 30 сентября 2022 года, приоритетом развития интеллектуальных транспортных систем в Российской Федерации является создание и последующее развитие Национальной сети интеллектуальных транспортных систем на автомобильных дорогах общего пользования, применение онтологического подхода при разработке проекта и реализации проекта ИТС «на земле» позволит унифицировать существующие ИТС, существующие на территории РФ, а также избежать проектирования ИТС агломераций и определенных дорог общего пользования как замкнутых, обособленных систем, функционирующих по отдельным, не пригодным к интеграции, принципам и программным решениям.

Для наиболее полного раскрытия актуальности темы исследования необходимо обратиться к понятию «Интеллектуальные транспортные системы» (далее - ИТС). По мнению большинства исследователей данной области научного знания ИТС это совокупность информационных и технологических систем, разработанных и применяемых в единой интегрированной системе, направленной на эффективности управления транспортным комплексом, дорожным движением, а также повышение безопасности дорожного движения. ИТС несет в себе большое количество функций: контроль, управление, оценка, мониторинг за различными аспектами функционирования транспортного комплекса. Постоянное развитие интеллектуальных транспортных систем открыло новую эру взаимосвязанных интеллектуальных систем, что, безусловно, стало количественным скачком в безопасности автомобильного транс-

порта, однако, есть особенность, возникающая вследствие постоянного изменения подходов и методик к ИТС – отсутствует единый подход как на уровне стандартизации, так и на уровне методики проектирования, разработки системы. При этом, обеспечение стандартизации всех процессов, происходящих внутри ИТС (обмена информацией между различными подсистемами и приложениями, обработка, анализ) позволит сократить время задержки реагирования системы на уровне интеграционной платформы, что повысит безопасность водителей и комфорт пребывания в дорожном движении [3].

Таким образом, эффективность структуры интеллектуальной транспортной системы зависит от той методики, которую использовали при ее разработке, при этом, среди большинства принципов структуризации, онтологизации можно выделить принцип монотипизации, который позволяет привести все структурные элементы системы в систему, состоящую из максимально схожих по основным характеристикам блоков, что приводит к повышению быстродействия, снижению задержки, повышению объема обрабатываемой информации и т.д. Исходя из положительных аспектов следствия применения данного принципа, который возможно использовать при разработке национальной интеллектуальной транспортной системы, на наш взгляд, необходимо разработать единый государственный стандарт, который позволит привести в единое соответствие все существующие ИТС а также регламентировать проектирование и последующую эксплуатацию ИТС. В данном контексте, применение онтологического подхода может повысить глубину и эффективность интеграционных процессов, повысить уровень совместимости программных агентов, задействованных в функционировании ИТС. Онтология как наука, совокупность методов и правил позволит упростить процесс разработки структуры системы, схемы потоков обмена данными, которые обеспечивают коммуникацию, обмен информацией между организациями, задействованными в функционировании ИТС учреждениями.

В сущности, актуальность приведения ИТС в единую систему теоретико-технических координат позволит конкретизировать данную область знания, а также зону государственного регулирования и контроля, что в конечном итоге позволит начать процесс единого и повсеместного повышения уровня поколения ИТС. На данный момент в разных субъектах Российской Федерации наблюдаются разные уровни реализации программы, касающейся ИТС в рамках национального проекта «Безопасные и качественные дороги», на данный момент ИТС эксплуатируется в 22 субъектах Российской Федерации. Закономерно, что в каждом субъекте есть определенные социальные, экономические, транспортные особенности, которые либо улучшают развитие ИТС, либо его «тормозят», но в разрезе реализации БКД в части ИТС возникает другая проблема: Каждый субъект проектирует и реализует ИТС по собственным проектам, которые могут разительно отличаться друг от друга. Кроме того, даже при условии существования единого структурного конструктива ИТС, реализация программной части, интеграционной платформы, системы программного контроля исполнительных механизмов зачастую отличаются и не имеют единого стандарта и принципов разработки. Вышеизложенные проблемы приводят нас, как исследователей к проблеме, более конкретизированной и углубленной унификации и структуризации Интеллектуальных транспортных систем в границах Российской Федерации.

На данный момент реализовано несколько исследований, посвященных онтологиям для дорожно-транспортных систем, которые позволяют выделить основные принципы и особенности применения онтологии в транспортной сфере. В [4] разработана онтология для мониторинга движения на автомагистралях, целью разработки данной системы является построение надежной системы информации о дорожном движении, предоставляющей информацию о дорогах, трафике и сценариях, связанных с транспортными средствами на дорогах.

В научном исследовании [5] была предложена модель данными ИТС в контексте онтологического подхода. Комбинированный подход к моделированию контекстной информации, используемой всеохватывающими транспортными сервисами: модель первичного контекста, облегчает взаимодействие независимых интеллектуальных транспортных систем.

Распределение информации по принципам онтологии позволяет коррелировать ее на основе первичного происхождения (периферийное оборудование): местоположение, время, личность и качество обслуживания. При этом, модель первичного контекста при условии применения онтологического подхода может быть оценена посредством сверки первично поступающих данных, а также по линейному отклонению параметров относительно другого оборудования.

В сущности, подход, подразумевающий создание общего описания ситуации для развития передовых интеллектуальных транспортных систем основанных на данных, содержащихся в базе знаний о дорожной ситуации (множество объектов различного типа, таких как транспортные средства и элементы инфраструктуры, например, дороги, полосы движения, перекрестки, дорожные знаки, светофоры, а также отношения между ними) подразумевает применение логических рассуждений. Применительно к интеллектуальным транспортным системам логические умозаключения могут быть применены для проверки и расширения описания ситуации и интерпретации ситуации на транспорте. К примеру, путем логических рассуждений о правилах дорожного движения, применительно к тем или иным дорожно-транспортным происшествиям.

В данной статье представлена система на основе онтологий для управления дорожным движением, управления транспортом с целью обеспечения помощи водителю помощи водителю в различных дорожных ситуациях. Архитектура системы основана на централизованном механизме интеллектуальной маршрутизации. Разработанная онтология осуществляет контроль качества информации, связанной с дорожным движением и элементами окружающей среды, которые могут влиять на дорожное движение, такими как элементы инфраструктуры, погодные условия и правила дорожного движения в Российской Федерации.

Материал и методы

Ключевой задачей данного исследования является упрощение разработки концептуальных схем, позволяющих коммуникации и обмену информацией между различными системами и учреждениями, задействованными в управлении, контроле дорожного движения, а также управлении транспортным комплексом. Обеспечение упрощения происходит за счет того, что общий свод информации возникающей вследствие функционирования ИТС структурируется и распределяется типологизировано, с учетом различий в уровнях эффективности, значении тех или иных подсистем и программных компонентов, а также их соотносимости. В качестве источника для сбора и анализа оригинальных данных и дальнейшего применения в исследовании эффективности применения онтологического подхода в контексте разработки и функционирования интеллектуальной транспортной системы можно использовать следующие методы и приемы:

1) анкетирование: Проведение опросов с помощью структурированных вопросников, чтобы собрать информацию о мнениях, предпочтениях и поведении участников дорожного движения;

2) наблюдение: Непосредственное наблюдение за дорожным движением с целью сбора информации о поведении участников. Наблюдение может проводиться с помощью видеокамер или непосредственно на месте события. Записи или наблюдения могут быть использованы для анализа различных параметров, таких как скорость движения, типы и количество транспортных средств, наличие нарушений правил дорожного движения и т.д.;

3) интервьюирование: Проведение бесед и глубинных интервью с участниками дорожного движения, чтобы получить более подробную информацию о их опыте, мнениях и восприятии системы мониторинга дорожного движения. Интервью могут быть проведены как в личном, так и в онлайн-формате;

4) эксперименты: Проведение контролируемых экспериментов, чтобы изучить влияние определенных факторов или изменений в системе мониторинга дорожного движения на поведение участников. Например, можно провести эксперимент, изменяя частоту и содержание информационных сообщений на дорожных табло и изучить, как это влияет на соблюдение правил дорожного движения;

5) анализ документации: Изучение различных документов, таких как отчеты о ДТП, статистические данные о дорожном движении, правила и нормативы, чтобы получить дополнительную информацию о текущей ситуации и проблемах в системе мониторинга дорожного движения;

б) моделирование: Создание компьютерных моделей, которые помогут визуализировать и симулировать дорожное движение и его взаимодействие с системой мониторинга. Моделирование может быть использовано для тестирования различных сценариев и предсказания результатов изменений в системе;

7) статистический анализ: Применение методов статистического анализа для обработки и интерпретации собранных данных. Статистический анализ может включать в себя расчеты средних значений, стандартных отклонений, корреляций и других показателей, а также применение статистических тестов для проверки гипотез и выявления взаимосвязей. Все эти методы и приемы могут быть использованы в комбинации, чтобы получить более полную и точную картину о системе мониторинга дорожного движения и проблемах, с которыми она сталкивается. Комбинированный подход позволяет учесть различные аспекты и точки зрения участников дорожного движения и обеспечить более надежные результаты исследования.

Одним из возможных методологических ограничений исследования по онтологии интеллектуальной транспортной системы является ограничение в доступе к достоверным и обширным данным о дорожном движении. Ограниченный доступ к данным может снизить целостность и обоснованность полученных результатов, поскольку их основа будет представлена неполной информацией. Кроме того, в качестве методологического ограничения может выступать неполнота или ограниченность выборки. Если исследование основано на ограниченном количестве данных или ограниченной группе участников, это может ограничить общую применимость и обоснованность результатов исследования.

Например, если выборка ограничена только одним регионом или страной, результаты исследования могут быть не репрезентативны для других регионов или стран. Также одним из возможных ограничений может быть использование определенных предположений и упрощений при разработке онтологии. Некоторые аспекты системы могут быть упущены или недостаточно учтены из-за ограничений в представлении знаний. Это может привести к неполноте или искажению представления системы и, соответственно, уменьшению целостности и обоснованности результатов. Кроме этого, методологическим ограничением может быть недостаточная проверка исследования на репродуцируемость. В целом, методологические ограничения могут значительно повлиять на целостность и обоснованность полученных результатов исследования по онтологии интеллектуальной транспортной системы для мониторинга дорожного движения. Чтобы уменьшить влияние этих ограничений, необходимо тщательно выбирать и анализировать доступные данные, учитывать возможные ограничения выборки, разрабатывать онтологию с учетом различных аспектов системы и проверять исследование на репродуцируемость.

Теория / Расчет

В рамках разработки интеллектуальной транспортной системы, особую актуальность и высокую эффективность приобретает онтологический подход, связывающий различные особенности и параметры дорожного движения. Как правило, онтология реализуется на языке OWL-RDF [6] с помощью инструмента protégé [7]. Для получения более высокого качества данных, необходимо их представить в формате онтологии дорожного движения, при этом необходимо обеспечить четкое распределение взаимосвязанных понятий на две группы:

- первая группа: Элементы, связанные с транспортными средствами (участники дорожного движения);

- вторая группа: Элементы, связанные с дорогами и дорожной инфраструктурой [8].

Таким образом, на рисунке 1 указана таксономия транспортных средств, которые можно разделить на: коммерческий транспорт, общественный транспорт, частный транспорт и приоритетный транспорт.

В вышеуказанной группе определены различные взаимоотношения между транспортными средствами и другими сущностями, возникающие в следствии их участия в дорожном движении. При этом среди сущностей можно выделить: местоположение, показывающее точное местоположение (широта и долгота) транспортного средства, точки маршрута или объекта инфраструктуры; информация о водителях и типах транспортных средств, которыми они, которые они могут водить по лицензии.

Одним из наиболее важных аспектов информации, содержащейся в этой группе является то, что каждое транспортное средство имеет определенный набор действий, который может меняться в зависимости от маршрута и найденных светофоров, а также набор предупреждений в зависимости от погодной ситуации в районе [9].

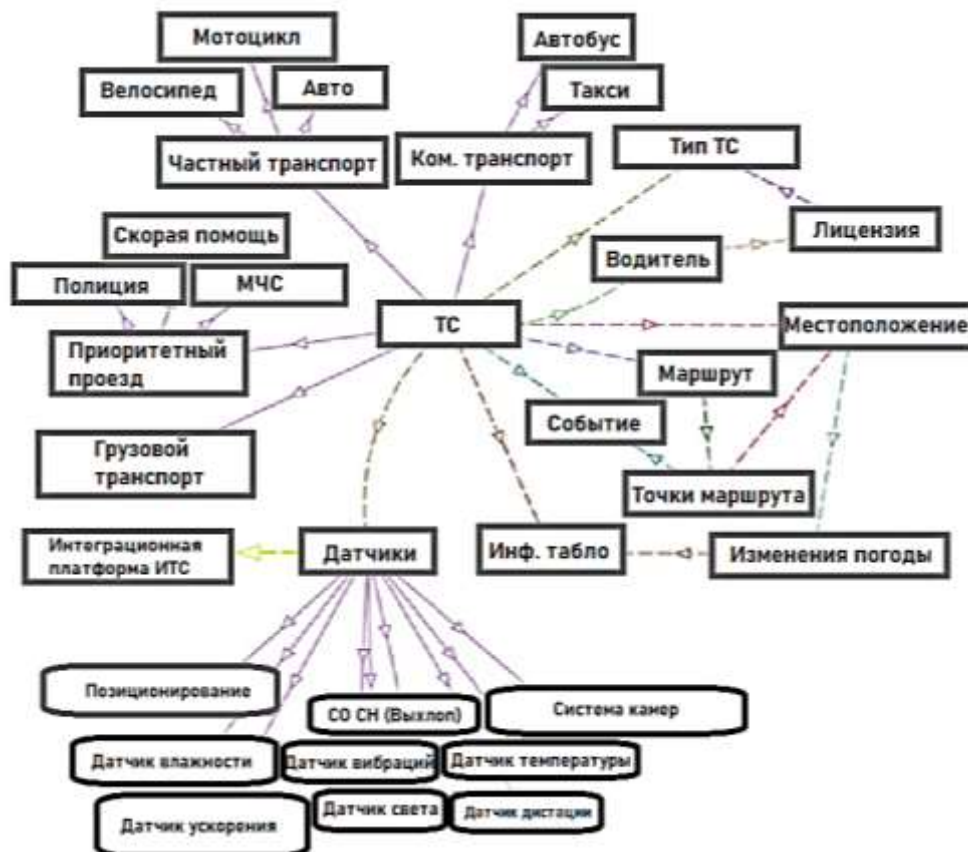


Рисунок 1 - Основная группа онтологии ИТС.

Результаты

Исследование онтологии интеллектуальных транспортных систем (ИТС) проводилось с использованием методов анализа и синтеза информации, моделирования данных, экспертных оценок и статистической обработки результатов. В качестве основного материала были использованы данные о функциональных и технических характеристиках ИТС, а также результаты предыдущих исследований в данной области. Для построения онтологии был проведен анализ структуры и элементов ИТС, определены основные понятия и отношения между ними.

С целью оценки достоверности информации были проведены статистические тесты и анализ данных, онтология ИТС была построена с использованием онтологических языков и инструментов, таких как OWL (Web Ontology Language) и Protege. Онтология включает в себя классы и свойства, описывающие основные элементы ИТС, а также связи между ними. Были разработаны формальные правила для описания логики и функционирования ИТС. Для апробации онтологии был проведен экспериментальный анализ данных с использованием реальных примеров функционирования ИТС. Результаты апробации показали высокую достоверность и эффективность онтологии в описании и моделировании ИТС. Таким образом,

материалы и методы, использованные в исследовании, позволили построить онтологию интеллектуальных транспортных систем с высокой степенью достоверности и эффективности. Онтология может быть использована для улучшения проектирования, управления и анализа ИТС, а также для разработки новых технологий и сервисов в данной области [10].

Точность онтологии может быть проверена с помощью запросов в различных дорожных ситуациях, связанных с различными сигналами и правилами дорожного движения в Российской Федерации. Результаты тестирования оказались удовлетворительными, но все же необходимо обогатить онтологию дополнительными знаниями. Поэтому в качестве дальнейшей работы мы намерены продолжать улучшать степень гибкости онтологии, обрабатывая данные с большего количества датчиков, расположенных в инфраструктуре, например, на мостах, дорогах, реках, туннелях.

Обсуждение

В сущности, онтологический подход в разработке структуры данных интеллектуальной транспортной системы на языке OWL в представленной базе знаний на основе онтологии, которая будет содержать необходимый набор информации для осуществления управления транспортным комплексом и позволит осуществлять наиболее полный и эффективный обмен данными, в том числе, благодаря структурированности информации.

База данных позволяет оценивать дорожную обстановку и принимать оперативные решения по правилам дорожного движения на перекрестках, однако в ней не учитываются такие важные элементы, как сигналы светофора и погодные условия. Большинство работ, встречающихся в литературе, посвящены описанию очень специфических дорожных ситуаций, таких как поиск парковки, действия аварийных машин и ситуации на перекрестках.

Однако, ни одна из них не является достаточно универсальной и содержательной, чтобы охватить наиболее широкий спектр дорожных ситуаций. Поэтому необходимо разработать онтологии в области дорожного движения достаточно содержательных, чтобы описать любую дорожную ситуацию. Такие Онтологии должны быть наиболее полными по отношению к различным входным данным датчиков и использовать их для кардинального улучшения общего механизма маршрутизации.

Выводы

В данной статье представлены система типологизации ИТС осуществления мониторинга дорожного движения и управления транспортным комплексом на основе онтологии. Основная цель работы - упрощение разработки концептуальных схем, позволяющих коммуникации и обмену информацией между различными системами и учреждениями, задействованными в управлении, контроле дорожного движения, а также управлении транспортным комплексом. Обеспечение упрощения происходит за счет того, что общий свод информации возникающей в следствии функционирования ИТС структурируется и распределяется, с учетом различий в уровнях эффективности, значении тех или иных подсистем и программных компонентов, а также их соотносимости [11].

Архитектура предлагаемой системы состоит из трех взаимосвязанных слоев. На нижнем уровне была разработана онтология, включающая наиболее важные понятия в области дорожного движения и их взаимосвязи. На втором уровне находится рассуждающее устройство, которое выполняет функцию вывода новых знаний, используя различные правила и аксиомы онтологии. Наконец, на верхнем уровне выполняются задачи агентов посредством различных запросов к онтологии в зависимости от конкретных дорожных ситуаций.

Применение онтологического подхода в данном научном поле позволит унифицировать и стандартизировать данные в различных информационных системах, связанных с транспортом, что обеспечит их взаимодействие и эффективную работу в рамках единой интеллектуальной системы. Применительно к Интеллектуальным транспортным системам - онтологический подход также позволит разрабатывать и внедрять новые инновационные технологии и сервисы в транспортную систему, такие как автономные и беспилотные транспортные средства, умные транспортные системы. Таким образом, онтологический подход в контексте формирования единой интеллектуальной транспортной системы обещает значи-

тельное улучшение качества и эффективности транспортной инфраструктуры, что способствует повышению комфорта и безопасности пассажиров, а также сокращению времени и затрат на перевозки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gruber T.R. Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing? // International Journal of Human-Computer Studies. 1995. Vol. 43. №5-6. P. 907-928.
2. Feilmayr C., Wöß W. An analysis of ontologies and their success factors for application to business // Data & Knowledge Engineering. 2016. Vol. 101. P. 1-23.
3. Егоров С.В., Шаценок П.В., Ерпылева А.И., Жарков Д.И. Мировой и российский опыт применения интеллектуальных транспортных систем [Электронный ресурс] / ТДР. 2022. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mirovoy-i-rossiyskiy-opyt-primeneniya-intellektualnyh-transportnyh-sistem>.
4. Zúñiga, Gloria. Ontology: Its transformation from philosophy to information systems // Formal Ontology in Information Systems: Collected Papers from the Second International Conference. P. 187-197. doi: 10.1145/505168.505187.
5. Michael Hülsen, J. Marius Zöllner, Christian Weiss. Traffic Intersection. Situation Description Ontology for Advanced Driver Assistance // In 2011 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV) Baden-Baden, Germany. 2011.
6. Sérgio Gorender, Ícaro Silva. An ontology for a fault tolerant traffic information system. 22nd International Congress of Mechanical Engineering (COBEM 2013). 2013. Ribeirão Preto, SP, Brazil.
7. Минниханов Р.Н., Дагаева М.В., Махмутова А.З. Развитие ИТС: единые цифровые платформы для безопасного управления транспортной системой [Электронный ресурс] / Безопасность дорожного движения. 2022. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-its-edinye-tsifrovye-platformy-dlya-bezopasnogo-upravleniya-transportnoy-sistemoy>.
8. M. Dean, and G. Schreiber, OWL Web Ontology Language Reference [Электронный ресурс]. <http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-ref-20040210/>.
9. Евстигнеев И.А., Канаев А.К., Шмытинский В.В. Принципы организации сети связи ГК «Российские автомобильные дороги» [Электронный ресурс] / Транспорт Российской Федерации. 2018. №4 (77). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/printsiyu-organizatsii-seti-svyazi-gk-rossiyskie-avtomobilnye-dorogi>.
10. Солодкий А.И. Развитие интеллектуальных транспортных систем в России: проблемы и пути их решения. новый этап [Электронный ресурс] / Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2020. №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-intellektualnyh-transportnyh-sistem-v-rossii-problemy-i-puti-ih-resheniya-novyy-etap>.
11. Еремин С.В., Новиков А.Н., Фроленкова Л.Ю., Кулев А.В., Кулев М.В. Совершенствование дорожного движения в городе Красноярске на основе интеллектуальных транспортных технологий // Мир транспорта и технологических машин. 2023. №1-1 (80). С. 76-86.
12. Зелова М.И., Комаров А.В. Беспилотные технологии на транспорте. Перспективы развития // Молодая наука Сибири. 2021. №2(12). С. 86-91.
13. Исследование состояния и перспектив развития рынка автономных автомобилей в России и мире. Оценка влияния на показатели развития НТИ «Автонет»: аналитический отчет, 2022 // Ассоциация разработчиков, производителей и потребителей оборудования и приложений на основе глобальных навигационных спутниковых систем «ГЛОНАСС/ГНСС-Форум» (Ассоциация «ГЛОНАСС/ГНСС-Форум»). Москва. 2022. 228 с.
14. Жанказиев С.В. Управление мобильностью в открытых транспортных системах / XIV Всероссийская мультиконференция по проблемам управления МКПУ-2021. Ростов-на-Дону – Таганрог: Южный федеральный университет. 2021. С. 17-19.

Пилипец Олег Олегович

Донской государственный технический университет

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

Аспирант

E-mail: pilipets.oleg@gmail.com

O.O. PILIPETS

PROSPECTS OF APPLICATION ONTOLOGICAL APPROACH IN THE CONTEXT OF FORMING A UNIFIED INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEM

Abstract. This article outlines the main structural peculiarities of creation and development of intellectual transportation system (further ITS), with the application of ontological approach in the development and subsequent operation. Besides, the main aspects of the methodology of ontological approach application in ITS functioning are presented. The main purpose of this article is to analyze in the context of integration and development of ITS in the context of uniform development of ITS within the framework of the transport complex of the Russian Federation. In this paper the decomposition analysis of structural elements of the road traffic is carried out. road traffic, in relation to the integration of ontological approach to ITS.

Keywords: Intelligent transport systems, ontology, ITS integration platform, ITS standardization, federal ITS network, Road activities, Transport complex

BIBLIOGRAPHY

1. Gruber T.R. Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing? // International Journal of Human-Computer Studies. 1995. Vol. 43. №5-6. P. 907-928.
2. Feilmayr C., Wo W. An analysis of ontologies and their success factors for application to business // Data & Knowledge Engineering. 2016. Vol. 101. P. 1-23.
3. Egorov S.V., Shatsionok P.V., Erpyleva A.I., ZHarkov D.I. Mirovoy i rossiyskiy opyt primeneniya intellektual'nykh transportnykh sistem [Elektronnyy resurs] / TDR. 2022. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mirovoy-i-rossiyskiy-opyt-primeneniya-intellektualnykh-transportnykh-sistem>.
4. Ziga, Gloria. Ontology: Its transformation from philosophy to information systems // Formal Ontology in Information Systems: Collected Papers from the Second International Conference. R. 187-197. doi: 10.1145/505168.505187.
5. Michael H?lsen, J. Marius Zilner, Christian Weiss. Traffic Intersection. Situation Description Ontology for Advanced Driver Assistance // In 2011 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV) Baden-Baden, Germany. 2011.
6. S?rgio Gorender, Caro Silva. An ontology for a fault tolerant traffic information system. 22nd International Congress of Mechanical Engineering (COBEM 2013). 2013. Ribeir?o Preto, SP, Brazil.
7. Minnikhanov R.N., Dagaeva M.V., Makhmutova A.Z. Razvitie ITS: edinye tsifrovye platformy dlya bezopasnogo upravleniya transportnoy sistemoy [Elektronnyy resurs] / Bezopasnost` dorozhnogo dvizheniya. 2022. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-its-edinye-tsifrovye-platformy-dlya-bezopasnogo-upravleniya-transportnoy-sistemoy>.
8. M. Dean, and G. Schreiber, OWL Web Ontology Language Reference [Elektronnyy resurs]. <http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-ref-20040210/>.
9. Evstigneev I.A., Kanaev A.K., SHmytinskiy V.V. Printsipy organizatsii seti svyazi GK «Rossiyskie avtomobil'nye dorogi» [Elektronnyy resurs] / Transport Rossiyskoy Federatsii. 2018. №4 (77). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/printsiy-organizatsii-seti-svyazi-gk-rossiyskie-avtomobilnye-dorogi>.
10. Solodkiy A.I. Razvitie intellektual'nykh transportnykh sistem v rossii: problemy i puti ikh resheniya. novyy etap [Elektronnyy resurs] / Intellekt. Innovatsii. Investitsii. 2020. №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-intellektualnykh-transportnykh-sistem-v-rossii-problemy-i-puti-ih-resheniya-novyy-etap>.
11. Eremin S.V., Novikov A.N., Frolenkova L.YU., Kulev A.V., Kulev M.V. Sovershenstvovanie dorozhnogo dvizheniya v gorode Krasnoyarske na osnove intellektual'nykh transportnykh tekhnologiy // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2023. №1-1 (80). S. 76-86.
12. Zelova M.I., Komarov A.V. Bepilotnye tekhnologii na transporte. Perspektivy razvitiya // Molodaya nauka Sibiri. 2021. №2(12). S. 86-91.
13. Issledovanie sostoyaniya i perspektiv razvitiya rynka avtonomnykh avtomobiley v Rossii i mire. Otsenka vliyaniya na pokazateli razvitiya NTI «Avtonet»: analiticheskiy otchiot, 2022 // Assotsiatsiya razrabotchikov, proizvoditeley i potrebiteley oborudovaniya i prilozheniy na osnove global'nykh navigatsionnykh sputnikovnykh sistem «GLONASS/GNSS-Forum» (Assotsiatsiya «GLONASS/GNSS-Forum»). Moskva. 2022. 228 s.
14. ZHankaziev S.V. Upravlenie mobil'nost`yu v otkrytykh transportnykh sistemakh / XIV Vserossiyskaya mul'tikonferentsiya po problemam upravleniya MKPU-2021. Rostov-na-Donu - Taganrog: YUzhnyy federal'nyy universitet. 2021. S. 17-19.

Pilipets Oleg Olegovich

Don State Technical University

Address: 344000, Russia, Rostov-on-Don, pl. Gagarina, 1

Graduate student

Email: pilipets.oleg@gmail.com

Научная статья

УДК 656.073:519.178

doi: 10.33979/2073-7432-2024-3-3(86)-128-134

М.В. ПЕРЕДЕРИЙ, Л.В. САВКИНА, В.Е. ЯРКИНА

ОПТИМИЗАЦИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК

***Аннотация.** В статье рассматривается актуальная задача повышения эффективности всей цепочки поставки грузов путем оптимизации каждого из этапов логистического процесса. Авторы уделяют внимание этапу выбора исполнителей каждого звена транспортно-технологической схемы доставки грузов путем оптимизации, используя количественные, качественные и рейлерные критерии отбора. По мнению авторов, создание базы данных, состоящих из цифровых профилей исполнителей разных видов транспорта и других участников цепи поставки ускорит процесс внедрения технологии Block chain в отечественную транспортно-экспедиторскую отрасль и позволит снизить транспортную составляющую в стоимости готовой продукции, повышая ее конкурентоспособность.*

***Ключевые слова:** мультимодальные грузовые перевозки, оптимизация логистического процесса, критерии оптимизации, технология Block chain*

Введение

Мультимодальные перевозки давно и прочно заняли основное место в организации транспортного обеспечения, прежде всего, мировой торговли. Унификация грузовых единиц, возможность различных комбинаций перевозочного процесса позволяет использовать преимущества всех видов транспорта для достижения самого эффективного результата в логистическом процессе доставки грузов. Однако не только экономические факторы влияют на выбор транспортно-технологических схем. Мир, который сделал ставку на глобализацию экономики, промышленности, финансов, образования стремительно терпит крах. Те события, которые происходят в мире и должны были укреплять позиции глобалистов, такие, как пандемия, разжигание военных конфликтов, наоборот, заставили страны, обладающие суверенитетом, задуматься о своих национальных интересах. Транспортно-логистическая независимость страны, безусловно, является одним из конкурентных преимуществ национальной экономики. Россия, которая не только вспомнила о своих национальных интересах, но и начала восстанавливать и развивать свой уникальный потенциал, в том числе и в геополитическом направлении, вызывает страх и раздражение у стран коллективного запада. Мы осваиваем международные транспортные коридоры, позволяющие использовать транзитный потенциал страны по направлениям Восток-Запад, Север-Юг, Северный морской путь. Все это дает огромные возможности для развития национальной транспортно-логистической отрасли. Однако, несмотря на позитивные сдвиги в набирающей обороты отрасли транспортных услуг, остается множество вопросов, без решения которых невозможен технологический прорыв в области, без которой и вся остальная наша продукция не сможет быть конкурентоспособной на мировом рынке. Без государственной поддержки и системы регулирования транспортной отрасли, диверсификации транспортно-технологических систем, вовлечения всех видов транспорта, не получится выстроить независимую сбалансированную единую транспортную систему России, гармонично интегрированную в международные логистические цепочки поставок и являющуюся основой для развития отечественной экономики и национальной безопасности страны [1].

Материал и методы

Основным фактором технологического прорыва в транспортном обеспечении внутренней и внешней торговли, в обеспечении конкурентоспособности нашей продукции и услуг являются цифровые преобразования, способные вывести отечественную экономику на новый технологический уклад. Мультимодальные перевозки являются основой всего перевозочного процесса, который состоит из множества отдельных этапов. От взаимосвязи отдельных видов транспорта, технологических операций по обработке грузов, исполнителей отдельных транспортных услуг зависит успех и окончательный результат всего процесса доставки грузов от грузоотправителя к грузополучателю. Внедрение технологии Blockchain позволит совершенствовать многоэтапный логистический процесс, обеспечивая единое информационное поле, снижать трансформационно-транзакционные затраты [2]. Для повышения эффективности транспортно-логистических услуг необходимо оптимизировать работу на каждом из этапов всей цепи поставки применяя методы оптимизации и сравнительного анализа. К сожалению, именно транспортная отрасль в целом отстает по уровню цифровизации от многих других отечественных отраслей промышленности. Прогресс в совершенствовании транспортно-логистической отрасли налицо, однако, необходимо единое информационное пространство для выстраивания цепочек поставок с использованием технологии Blockchain. Для создания транспортно-технологических моделей по доставке грузов, с применением разных видов транспорта, с выполнением всех необходимых транспортных операций с грузом необходимо построить алгоритм всего перевозочного процесса «от двери до двери» и затем проводить оптимизацию каждого из этапов, создавая оптимальную цепь поставки.

Однако, основной задачей при составлении маршрута остается такая организация перевозочного процесса, при котором транспортная составляющая в цене самого товара является минимальной, при удовлетворении всех требований заказчиков. Одним из методов решения такой задачи является оптимизация маршрутов по различным критериям. Подходам и методам оптимизации логистических процессов посвящены работы многих ученых [3].

Следующим важным этапом выполнения перевозочного процесса является выбор непосредственных перевозчиков и компаний, занимающихся обработкой грузов на всем протяжении перевозочного процесса. Именно от выбора исполнителей зависит зачастую выполнение требований заказчиков, которые формируют целый комплекс дополнительных критериев для оптимизации всего процесса в целом. Впрочем, основные критерии, такие, как стоимость и время доставки, также во многом зависят от выбора перевозчика, поскольку логистическая отрасль чрезвычайно конкурентная [4].

Теория / Расчет

Выбор исполнителя транспортно-экспедиторской услуги включает в себя несколько этапов от ранжирования параметров до анализа результатов выбора перевозчика.

Рассмотрим последовательность выбора исполнителей для выполнения перевозочного процесса, согласно определенным критериям заказчика.

1. Основной задачей является отобрать критерии, которые позволят сделать оптимальный выбор исполнителей.

2. Ранжирование критериев разделяют по их значимости и физическим характеристикам.

Как известно все критерии формируются по трем группам: количественные, качественные и рейлерные. Далее, с помощью экспертной оценки определяются значения каждого показателя (a_{ij}) по каждому из контрагентов [5]

Количественные критерии - определяются фактическими значениями критерия.

Качественные критерии просчитывают способом присвоения определенного балла от «Отлично» до «Удовлетворительно».

Рейлерные показатели имеют только две оценки: «Да» и «Нет».

3. Отбор претендентов среди исполнителей основывается на базе данных, которая формируется в рамках единой цифровой платформы, обеспечивающей логистическое обслуживание грузовладельцев.

Предполагается, что все компании, выполняющие транспортно-экспедиторские услуги по всем видам транспорта и планирующие принять участие в мультимодальных перевозках по доставке грузов должны создать собственный цифровой профиль в рамках единой платформы, где будут размещены показатели компании по всем трем группам критериев.



Рисунок 1 – Алгоритм выбора оптимального исполнителя транспортно-экспедиторских услуг

4. Формирование системы показателей.

Для каждой технологической схемы перевозки груза, разработанной с учетом оптимизации маршрутов [6], формируется система показателей, которая состоит из требований грузовладельцев к выполнению заказа.

5. Проверка соответствия деятельности транспортно-экспедиторских компаний основным критериям.

На основе качественных и рейлерных показателей транспортно-экспедиторских компаний, их рангов и оценок, отраженных в цифровых профилях, делается отбор наиболее подходящих исполнителей. Количественные критерии не могут использоваться в статистическом виде, поэтому профили должны иметь возможность внесения изменений для каждого конкретного перевозочного процесса. К таким показателям относятся стоимость и транзитное время, которые зависят не только от технико-эксплуатационных показателей, но и от политических факторов и от обстановки на рынке транспортно-экспедиторских услуг в конкретный текущий момент [7].

Показатели качества проверяются на основе оценок транспортных компаний. По рейлерным показателям проверка проходит из отрицательных значений базисных критериев.

6. Отличие компаний, не соответствующих требованиям выполнения данного заказа.

7. Распределение показателей по оставшимся транспортно-экспедиторским компаниям.

Существует много методов для оценки критериев и ранжирования показателей. В логистике часто используют метод шкалы критериев выбора поставщика услуг, популярны метод многокритериальных взвешенных оценок и метод развертывания функции качества. Мы остановимся на методе парных сравнений. Распределение осуществляется с помощью матрицы, в строке и в столбце этой матрицы записываются номера всех критериев, а в соответ-

ствующих ячейках задается приоритет, выраженный в числах «0», «1», «2». Число «0» предполагает, что критерий в столбце является более важным; «1» устанавливается, когда критерии равны; и «2» означает, что критерий в строке больше, чем критерий в столбце.

После установки всех приоритетов, когда матрица полностью заполнена, рассчитывается сумма по каждому критерию (по горизонтали). Ранг каждого критерия (i) определяется по суммарной ценности, индекс с наибольшим значением является самым высоким рангом ($i=1$) и т.д. Если критерии равны по сумме, им присваивается одинаковый ранг.

8. Определение весовых коэффициентов (ω_i) осуществляется для критериев качества с учетом их ранга по формуле (1):

$$\omega_i = \Delta x * e^{-x_i}; \quad (1)$$

где Δx – величина интервала деления шкалы удовлетворительных оценок, рассчитываемых с учетом размаха вариации качественных оценок (R) и количества критериев (n) по формуле (2):

$$\Delta x = (max - min)/(1 + 3,321 \log n), \quad (2)$$

где n – общее количество показателей.

Для расчета весовых коэффициентов необходимо определить середины интервалов каждого критерия.

9. Следующим шагом в решении этой задачи является нормализация показателей, то есть приведение значений всех показателей в единую систему измерений.

Нормирование рейлерных, количественных, качественных показателей происходит по-разному. Кроме того, при разработке транспортно-технологических схем, включающих мультимодальные перевозки, исполнителями всего перевозочного процесса являются перевозчики разных видов транспорта, стивидорные компании, страховые компании, логистические терминалы и другие участники рынка транспортно-экспедиторских услуг [8]. По каждому виду транспортно-экспедиторских операций необходимо отобрать оптимального исполнителя, а учитывая разную специфику деятельности компаний, то и критерии отбора будут отличаться. Поэтому необходимо проводить оценку компаний по группам, соответствующим профессиональной направленности.

Нормирование рейлерных показателей заключается в следующем: при ответе «Да» принимают значение 1, при ответе «Нет» - значении «0». К таким показателям можно отнести наличие допуска по работе с опасными грузами или нахождение в реестре таможенных перевозчиков, или наличие грузового оборудования высокой грузоподъемности для работы с контейнерами для стивидорных компаний, наличие лицензий на определенные виды страхования, к примеру, ответственности грузоперевозчика для страховых компаний и т.д.

10. Нормирование качественных показателей.

Осуществляется с помощью функции желательности Харрингтона, которая позволяет привести качественные оценки в единую систему измерения количественных показателей от 0 до 1. Данная функция задается следующим уравнением (3):

$$z_i = \exp(-\exp(-y_i)), \quad (3)$$

где z_i – значение функции желательности;

y_i – значение i -го критерия на кодированной шкале.

Таблица 1 – Значения функции желательности

Интервал	Оценка качества
3-4	Отлично
2-3	Очень хорошо
1-2	Хорошо
0-1	Удовлетворительно
(-1)-0	Плохо
(-2)-(-1)	Очень плохо
(-3)-(-2)	Скверно

Для определения значения каждого критерия на кодированной шкале используются следующие данные для построения функции желательности.

Используя интервальные значения для оценки качества, можно рассчитать значения функции желательности (z_i) для каждой компании.

Критерий «Качество сервиса при покупке транспортной услуги» также является качественным, поэтому имеет такой

же алгоритм нормирования.

11. Количественные показатели.

Стоимость и время определяются в каждом конкретном случае транспортно-технологической схемы для тех компаний, которые отвечают качественным и рейлерным показателям, поэтому они также требуют нормализации, которая выполняется с помощью опорного значения. Исходное значение может быть максимальным или минимальным, в зависимости от того, к какому «идеальному» значению стремятся индикаторы. Если опорное значение является максимальным, то все значения показателей делятся на него.

$$a_{ij}^{\wedge} = a_{ij} / A_{\max}, \quad (4)$$

Если же эталонное значение – это минимальное значение, то эталонное значение делится на все данные, занесенные в строку по этому критерию:

$$a_{ij}^{\wedge} = A_{\min} / a_{ij}, \quad (5)$$

12. Последним этапом в определении каждого исполнителя является расчет интегральной оценки (C_j). Данный расчет производится с помощью формулы:

$$C_j = \sum_{i=1}^n \omega_i a_{ij}, \quad (6)$$

Выбор исполнителей транспортно-экспедиторских услуг заканчивается заключением договоров. Однако, есть еще масса информации, которую необходимо знать в режиме онлайн перед тем, как приступить к заключению контракта и выполнению обязательств по нему. Например, есть ли свободные транспортные средства у перевозчика, где они находятся, есть ли свободные мощности в складских помещениях, есть ли свободные контейнеры необходимой номенклатуры и другие. Быстро и оперативно определить такую информацию позволят технологии больших данных. Алгоритмы Big Data позволяют обновлять аналитическую информацию в режиме, близком к реальному времени, что необходимо для построения цепочек поставки и принятия решений [9].

Следующим этапом повышения эффективности всего перевозочного процесса и перевода его на новый технологический уровень является применение смартконтрактов, которые на основе технологии Block chain позволяют заключать контракты с исполнителями всей транспортно-технологической схемы доставки товаров и выполнять их без участия посредников и дополнительных проверок [10]. Введение электронного штампа в сочетании с электронной накладной обеспечит переход на полноценный электронный документооборот в сфере мультимодальных перевозок. На сегодняшний день это необходимый шаг для формирования единой цифровой платформы для перемещения грузов. А внедрение электронной навигационной пломбы позволит отслеживать груз в любом звене цепочки поставок, вне зависимости от транспортно-экспедиторской операции и вида транспорта, что будет соответствовать «бесшовной грузовой логистике» [11].

Результаты и обсуждение

Авторы предлагают создать единую информационную базу исполнителей по различным направлениям в виде цифровых профилей участников единой цифровой транспортной платформы, что позволит автоматизировать процесс выбора исполнителей, применяя известные математические методы. Решение задачи по оптимальному выбору участников всей логистической цепочки позволит повысить уровень цифровизации всей транспортной отрасли, так как для внедрения технологий Block chain необходима готовность к участию всех контрагентов.

Выводы

Резюмируя, можно сделать вывод, что единая цифровая платформа должна сопрягаться со всеми цифровыми сервисами, которые уже сейчас внедряются в разных регионах, в разных промышленных отраслях, для разных видов транспорта. Для реализации проектов необходимо применение технологий анализа больших данных и, прежде всего технологии блокчейн, представляющей непрерывную последовательность блоков, которые содержат ин-

формацию и выстроены по определённым правилам. В данной базе-цепочке постоянно могут создаваться новые блоки, которые содержат в себе группу упорядоченных записей (транзакций) [12], что позволяет расширять платформу и помогает новым участникам перевозочных процессов интегрироваться в общую систему, что неуклонно ведет к увеличению объема грузоперевозок через развивающиеся новые маршруты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. М. Свон. Блокчейн: Схема новой экономики. Москва: Олимп-Бизнес, 2017. 240 с.
2. Ефимов А.Д., Передерий М.В., Яркина В.Е. Роль цифровых технологий в развитии международных транспортных коридоров.
3. Квитко Юлия. К 2025 году в ЕАЭС создадут систему цифровых транспортных коридоров // Российская газета - Спецвыпуск: Транспортная инфраструктура 18 ноября 2020 г. №8313.
4. Яркин Е.К., Романенко В.Е., Мохов В.А. Оптимизация маршрутов грузовых мультимодальных перевозок // Тенденции развития науки и образования. 2020. №66-1. С. 55-59. doi: 10.18411/lj-10-2020-15, idsp: ljournal-10-2020-15.
5. Galvez-Fernandez C. et al. Distributed approach for solving time-dependent problems in multimodal transport networks // Advances in Operations Research. 2009. Т. 2009.
6. Bauer R., Delling D., Wagner D. Experimental Study of Speed up Techniques for Timetable Information Systems. Networks 57. 2011. P. 38-52. doi:10.1002/net.20382.
7. Супрун Ю.О. Анализ критериев выбора перевозчика // Системный анализ и логистика. Вып. №1(19). СПб: ГУАП. 2019. С. 31-38.
8. Никифорова Г.И. Исследование логистической цепи доставки груза в условиях выбора транспортно-экспедиторской компании // Известия Петербургского университета путей сообщения. СПб: ПГУПС. 2021. Т. 18. Вып. 4. С. 491-498. DOI: 10.20295/1815-588X -2021-4-491-498.
9. Никифорова Г.И. Построение дескриптивной модели логистической цепи доставки грузов при взаимодействии железнодорожного и морского транспорта // Известия Петербургского университета путей сообщения. СПб.: ПГУПС. 2020. Т.17. Вып. 4. С.545-551.
10. Проценко О.Д. Логистика важнейший фактор повышения конкурентоспособности организации // Российское предпринимательство. 2002. №10. С. 38-43.
11. Салтыков С.А. Экспериментальное сопоставление методов взвешенной суммы, теории полезности и теории важности критериев для решения многокритериальных задач с балльными критериями // Управление большими системами. 2010. Вып. 29. С. 16-41.
12. Абдыкаримова А.Т., BIG DATA: ПРОБЛЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ // International Journal of Humanities and Natural Sciences. Vol. 5-1. Технические науки. doi: 10.24411/2500-1000-2019-10859.

Передерий Марина Викторовна

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова
Адрес: 346428, Россия, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132
Профессор кафедры Международные логистические системы и комплексы
E-mail: pmv__62@mail.ru

Савкина Лариса Владимировна

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова
Адрес: 346428, Россия, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132
Доцент кафедры Производственный и инновационный менеджмент
E-mail: perl_@mail.ru

Яркина Валерия Евгеньевна

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова
Адрес: 346411, Россия, г. Новочеркасск, ул. Щорса, 101, кв.34
Аспирант
E-mail: valer.rom@mail.ru

M.V. PEREDERIY, L.V. SAVKINA, V.E. YURKINA

OPTIMIZATION OF LOGISTICS PROCESSES IN THE ORGANIZATION OF MULTIMODAL TRANSPORTATION

Abstract. The article addresses the urgent task of improving the efficiency of the entire cargo supply chain by optimizing each of the stages of the logistics process. The authors pay attention to the stage of selecting the performers of each link of the transport and technological scheme for the delivery of goods by optimization using quantitative, qualitative and rail selection criteria. According to the authors, the creation of a database consisting of digital profiles of performers of different types of transport and other participants in the supply chain will accelerate the process of introducing Block chain technology into the domestic freight forwarding industry and will reduce the transport component in the cost of finished products, increasing its competitiveness.

Keywords: multimodal freight transportation, logistics process optimization, optimization criteria, Block chain technology

BIBLIOGRAPHY

1. M. Svon. Blokcheyn: Skhema novoy ekonomiki. Moskva: Olimp-Biznes, 2017. 240 s.
2. Efimov A.D., Perederiy M.V., YArkina V.E. Rol' tsifrovyykh tekhnologiy v razvitiy mezhdunarodnykh transportnykh koridorov.
3. Kvitko YUliya. K 2025 godu v EAES sozdadut sistemu tsifrovyykh transportnykh koridorov // Rossiyskaya gazeta - Spetsvyпуск: Transportnaya infrastruktura 18 noyabrya 2020 g. №8313.
4. YArkin E.K., Romanenko V.E., Mokhov V.A. Optimizatsiya marshrutov gruzovykh mul'timodal'nykh perevozok // Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya. 2020. №66-1. S. 55-59. doi: 10.18411/lj-10-2020-15, idsp: ljournal10-2020-15.
5. Galvez-Fernandez C. et al. Distributed approach for solving time-dependent problems in multimodal transport networks // Advances in Operations Research. 2009. T. 2009.
6. Bauer R., Dellling D., Wagner D. Experimental Study of Speed up Techniques for Timetable Information Systems. Networks 57. 2011. R. 38-52. doi:10.1002/net.20382.
7. Suprun YU.O. Analiz kriteriev vybora perevozchika // Sistemnyy analiz i logistika. Vyp. №1(19). SPb: GUAP. 2019. S. 31-38.
8. Nikiforova G.I. Issledovanie logisticheskoy tsepi dostavki gruzha v usloviyakh vybora transportno-ekspeditorskoy kompanii // Izvestiya Peterburgskogo universiteta putey soobshcheniya. SPb: PGUPS. 2021. T. 18. Vyp. 4. S. 491-498. DOI: 10.20295/1815-588H -2021-4-491-498.
9. Nikiforova G.I. Postroyeniye deskriptivnoy modeli logisticheskoy tsepi dostavki gruzov pri vzaimodeystvii zheleznodorozhnogo i morskogo transporta // Izvestiya Peterburgskogo universiteta putey soobshcheniya. SPb.: PGUPS. 2020. T.17. Vyp. 4. S.545-551.
10. Protsenko O.D. Logistika vazhneyshiy faktor povysheniya konkurentosposobnosti organizatsii // Rossiyskoe predprinimatel'stvo. 2002. №10. S. 38-43.
11. Saltykov S.A. Eksperimental'noe sopostavleniye metodov vzveshennoy summy, teorii poleznosti i teorii vazhnosti kriteriev dlya resheniya mnogokriterial'nykh zadach s ball'nymi kriteriyami // Upravleniye bol'shimi sistemami. 2010. Vyp. 29. S. 16-41.
12. Abydkarimova A.T., BIG DATA: PROBLEMY I TEHNOLOGII // International Journal of Humanities and Natural Sciences. Vol. 5-1. Tekhnicheskije nauki. doi: 10.24411/2500-1000-2019-10859.

Perederiy Marina Viktorovna

South Russian State Polytechnic University (NPI)
Address: 346428, Russia, Novochoerkassk, st. Prosveshcheniya, 132
Professor Department of International Logistics Systems and Complexes
E-mail: pmv__62@mail.ru

Savkina Larisa Vladimirovna

South Russian State Polytechnic University (NPI)
Address: 346428, Russia, Novochoerkassk, st. Prosveshcheniya, 132
Associate Professor, Department of Production and Innovative Management
E-mail: perl_@mail.ru

Yarkina Valeria Evgenievna

South Russian State Polytechnic University (NPI)
Address: 346411, Russia, Novochoerkassk, st. Shchorsa, 101, building 34
PhD Student, Department of International Logistics Systems and Complexes
E-mail: valer.rom@mail.ru

Научная статья

УДК 164

doi: 10.33979/2073-7432-2024-3-3(86)-135-144

Ю.Н. ЛИННИК, М.Ю. КАРЕЛИНА, В.Ю. ЛИННИК, А.А. АКУЛОВ

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОПТИМИЗАЦИИ МАРШРУТОВ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЛОГИСТИКИ НА ОСНОВЕ ГРАВИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ ГОРОДСКИМИ УЗЛАМИ

***Аннотация.** В данной статье рассматриваются вопросы оптимизации логистических маршрутов, начиная с определения ключевых моментов регионального экономического развития. Предлагаемая структура включает в себя принципы теории пространственного взаимодействия, в частности, методологию оптимизации региональных логистических сетей, основанную на гравитационной модели. Этот подход использует экономические зоны в качестве контекстуального фона для демонстрации практической применимости и осуществимости модели. Интеграция данных об экономических зонах обеспечивает реальный контекст, позволяющий проверить результаты модели и обеспечить практическую значимость разработанных стратегий оптимизации. Логистика, функционирующая как самостоятельный сектор экономики, также является ключевым элементом региональной экономики. Таким образом, исследования, касающиеся оптимизации логистических маршрутов, направленные на стимулирование будущего роста логистической отрасли, имеют теоретическую значимость и практическую применимость.*

***Ключевые слова:** транспортно-логистические системы, грузоперевозки, транспортные средства, теория пространственного взаимодействия, оптимизация логистических маршрутов*

Введение

Развитие региональной экономики зависит от оптимизации логистических сетей. Являясь фундаментальным видом экономической деятельности и ключевым компонентом региональной экономики, логистика выполняет двойную роль: обеспечивает бесперебойный поток товаров и материалов (физический фактор) и одновременно выступает в качестве катализатора экономического роста (стимулирующий фактор) [1]. Поэтому крайне важно анализировать логистику с двух точек зрения: как основополагающее условие региональной экономической стабильности и как потенциальную отрасль в регионах, обладающих логистическими преимуществами.

Теория систем утверждает, что внутренняя структура любой системы регулирует ее поведенческие паттерны. В формате логистических сетей данная структура проявляется как пространственная конфигурация узлов и взаимосвязанных звеньев. Здесь узлы представляют собой логистические узлы-хабы, а звенья соответствуют транспортным маршрутам. Логистические центры функционируют как пункты перевалки и временного хранения внутри сети, в то время как маршруты облегчают физическое перемещение товаров [2]. Транспортные расходы составляют значительную часть общих затрат на логистику, поэтому оптимизация эффективности маршрутов имеет решающее значение для стратегий снижения затрат. В данной статье предлагается применение теории пространственного взаимодействия для улучшения планирования логистических маршрутов. Модели пространственного взаимодействия, основанные на концепции гравитационной модели, количественно оценивают товарный поток между местоположениями на основе таких факторов, как экономическая масса (например, уровни производства и потребления) и пространственное сопротивление (например, расстояние или транспортные расходы). Применение данных моделей позволяет специалистам по логистическому планированию определять оптимальные маршруты, которые мини-

мизируют транспортные расходы и одновременно удовлетворяют потребности региональной экономики.

Чтобы продемонстрировать практическую применимость и эффективность этого подхода, будет представлено тематическое исследование, посвященное оптимизации маршрутов в экономических зонах. Благодаря анализу реальных данных и использованию моделей пространственного взаимодействия, исследование продемонстрирует потенциал разработанной методологии для повышения эффективности логистики и содействия экономическому развитию региона.

Материал и методы

Эффективность логистики зависит от ее способности адаптироваться и удовлетворять специфические потребности региональной экономики. Чтобы понять данную динамическую структуру, необходимо использовать принципы теории пространственного взаимодействия, которая исследует экономические связи и потоки между географически определенными предприятиями. Эта теоретическая основа охватывает такие понятия, как распределение потенциальной энергии, региональная поляризация, механизмы диффузии и влияние потоков факторов производства на пространственные системы. Применение моделей пространственного взаимодействия позволяет оценить силу и характер взаимосвязей между отдельными пространственными единицами, включая городские центры, регионы и их комбинации. Данные модели позволяют получить представление о факторах, влияющих на эти взаимосвязи, и их последующем влиянии на общую пространственную конфигурацию.

Одним из основных инструментов теории пространственного взаимодействия является гравитационная модель – математическая структура, которая отражает взаимодействие между локациями на основе их экономической массы и пространственного разделения между ними [5]. В контексте региональной логистики гравитационная модель может быть использована для анализа междугородних потоков, которые отражают экономическую активность, обусловленную внешними связями [6]. Интенсивность данных потоков служит показателем внешних связей города и отражает энергию, генерируемую его агломерацией и радиационными функциями.

В настоящем исследовании интенсивность городских потоков используется как показатель взаимодействия между городом и окружающими его городскими центрами. Конкретная формула для расчета интенсивности городских потоков, которая будет рассмотрена далее, позволяет количественно оценить эти междугородние связи и дает ценную информацию для оптимизации региональных логистических сетей:

$$F = N \cdot E ,$$

где F – интенсивность городского потока;

N – функциональная выгода города (фактический эффект, создаваемый единичной экстравертной функцией между городами);

E – городская экстравертная функция (складывается из экономической активности, порождаемой контактами города с внешним миром).

Для эффективного анализа региональной логистики и междугородних взаимодействий крайне важно количественно оценить функции городских центров в рамках сети. Учитывая доступность данных и репрезентативность показателей, в данном исследовании используется коэффициент географического расположения (Lq) для экономической деятельности, ориентированной на экспорт, в качестве показателя, отражающего количество городских функций. Lq измеряет относительную концентрацию конкретной экономической деятельности в регионе по сравнению с более крупной контрольной территорией [7].

В контексте данного исследования Lq будет использоваться для определения степени специализации города на экспортноориентированной деятельности по отношению к региональной экономике в целом. Формула для расчета Lq следующая:

$$Lq_{ij} = \frac{G_{ij} / G_i}{G_j / G} (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m).$$

Для дальнейшего совершенствования анализа междугородних взаимодействий и региональной логистики необходимо оценить степень, в которой конкретные секторы экономики в каждом городе демонстрируют внешнюю функциональность [8]. Это относится к способности сектора обслуживать не только местное городское население, но и распространять свои услуги за пределы города.

В дальнейшем следует оценить внешнюю функциональность сектора (j) в городе (i), проанализировав его долю занятости относительно среднего показателя по стране. Если доля занятости в секторе (j) в городе (i) соответствует среднему показателю по стране, это говорит о том, что сектор в основном обслуживает местное население и демонстрирует ограниченную внешнюю функциональность [9]. И наоборот, если доля занятых в городе i превышает средний показатель по стране, это указывает на то, что сектор обладает избыточными мощностями, превышающими местный спрос, что позволяет ему предоставлять услуги на внешних рынках и вносить вклад в международные экономические потоки.

Следовательно, внешняя функциональность сектора может быть выражена в виде условия:

$$E_{ij} = G_{ij} - G_i(G_j / G).$$

Таким образом, общее количество экстравертных функций m отделов в городе составляет:

$$E_i = \sum_{j=1}^m E_{ij}.$$

Эффективность функционирования города может быть выражена в ВВП на душу населения:

$$N_i = GDP / G_i.$$

В то время как традиционные гравитационные модели часто основаны на физическом расстоянии как ключевой переменной, достижения в области экономической географии и логистики требуют включения более всеобъемлющего показателя, учитывающего как денежные, так и временные затраты, связанные с перемещением в пространстве [10]. Этот показатель, известный как обобщенная стоимость, отражает характер пространственного сопротивления в рыночной экономике и выражается через формулу:

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \lambda_{ij} c_{ij} T_{ij}},$$

где включение i означает способ транспортировки между i и j ;

λ_{ij} означает вес i -го способа транспортировки между i и j ;

c_{ij} означает денежную стоимость выбранного способа транспортировки между i и j ;

T_{ij} означает временные затраты на этот способ транспортировки между i и j .

Общую концепцию оптимизации региональных логистических маршрутов можно кратко сформулировать следующим образом: процесс оптимизации основан на количественной оценке спроса на логистические услуги, при этом объем спроса на логистические услуги служит основой для определения региональных потребностей в логистике [11]. Затем проводится оценка способности региональных логистических маршрутов удовлетворять данный спрос с учетом динамики перевозок. В конечном счете, рекомендации по оптимизации формулируются на основе сравнительного анализа логистического предложения и спроса на маршрутах.

Спрос на региональную логистику состоит из двух основных компонентов: оценки существующих потребностей в логистике и прогнозирования будущего спроса. Оценка спроса на региональную логистику имеет первостепенное значение для приведения логистической инфраструктуры в соответствие с требованиями развития региональной экономики. В

контексте внутрирегиональных или междугородних перевозок логистические потоки служат показателем интенсивности междугородних или внутрирегиональных связей. Гравитационная модель, являющаяся одним из аспектов теории пространственного взаимодействия, объясняет динамику этих отношений, упрощая количественную оценку взаимосвязей между городами в регионе. Кроме того, анализ промышленных структур (с использованием коэффициентов расположения) помогает определить основные отрасли промышленности в региональных городах, тем самым определяя основные функциональные предпосылки для городской логистики. Впоследствии изучение взаимозависимостей между городом и промышленностью помогает прогнозировать как текущий, так и будущий спрос на городскую логистику, основанный на установлении надежных корреляций на уровне города.

Настоящее исследование состояния городской логистики в регионе включает оценку существующей логистической инфраструктуры и планы по обеспечению на будущее. Текущее обеспечение логистики предполагает анализ основных логистических коридоров и основных логистических узлов в регионе [12]. Логистическая деятельность в данных центрах в основном сосредоточена в логистических парках, что подчеркивает ключевую роль логистических центров в более широкой системе. Будущие вопросы обеспечения базируются на стратегическом определении региональных и внутрирегиональных планов городской логистики.

Внутрирегиональная связанность в сочетании с тесными взаимосвязями с городскими промышленными предприятиями является исследованием оптимизации региональных логистических маршрутов. Использование опыта успешных международных и отечественных региональных логистических вопросов способствует совершенствованию методологий оценки, адаптированных к особенностям исследуемого региона, что позволяет получить практические рекомендации по совершенствованию и оптимизации региональных логистических маршрутов.

Таким образом, анализ показывает, что междугородние автомагистрали являются основополагающим элементом для определения основных расстояний. Следующая формула дает количественное представление об этом расстоянии:

$$d_{ij} = \sqrt{c_{ij} T_{ij}}.$$

В том числе c_{ij} означает денежные затраты на автомобильную перевозку между i и j ; T_{ij} означает временные затраты на автомобильную перевозку между i и j .

Для количественной оценки экономических последствий наземных перевозок были проанализированы тарифы на перевозку грузов с использованием данных, собранных от 218 транспортных предприятий за трехмесячный период. Статистический анализ показал, что средняя стоимость фрахта составляет 20 рублей/тоннокилометр. Примечательно, что 71% наблюдаемых ставок находятся в узком диапазоне 20 ± 2 рубля за тонно-километр, что указывает на высокую степень концентрации вблизи среднего значения [13].

Остальные 29% точек данных были отнесены к категории «выше» или «ниже среднего тарифа». Дальнейшее исследование выявило статистически значимую разницу между группой с более высокими тарифами на перевозку и остальной частью выборки, особенно в отношении расстояния перевозки.

Впоследствии был проведен регрессионный анализ для выяснения взаимосвязи между транспортными расходами и объясняющими переменными, включая расстояние и тип транспортного средства. Первоначальная модель, учитывающая исключительно расстояние транспортировки, дала коэффициент детерминации, равный 95%, что свидетельствует о сильной корреляции. Включение типа транспортного средства в качестве дополнительной переменной привело к незначительному увеличению показателя детерминации, что свидетельствует о том, что расстояние остается основным фактором, определяющим транспортные расходы.

Исходя из результатов регрессии, денежные затраты на транспортировку имеют прямую зависимость от расстояния и могут быть формально выражены следующим образом:

$$c_{ij} = 0,98 \cdot D_{ij},$$

где, включение D_{ij} означает фактическое физическое расстояние между i и j .

В этой статье использовалась карта сервиса Яндекс (<https://yandex.ru/maps/>) для запроса расстояния между i и j . Учитывая, что расстояние является основным фактором, определяющим транспортные расходы, в данном исследовании в качестве параметра запроса при доступе к платформе ЯндексКарты используется кратчайшее расстояние между пунктом отправления (i) и пунктом назначения (j). Такой подход позволяет получать данные о расстояниях низкого уровня между городами в пределах выбранной экономической зоны.

Скорость транспортного средства является критическим фактором, влияющим на эксплуатационные расходы транспортного средства, а уровень дорожной техники является основным фактором, определяющим скорость [14]. Различия в уровне дорожной техники предъявляют различные требования к гладкости поверхности, уклону и радиусам поворота, что, следовательно, влияет на скорость транспортного средства и эксплуатационные расходы. В соответствии со стандартами, изложенными в Правилах дорожного движения Российской Федерации, в которых определены ограничения скорости для различных категорий дорог, и с учетом реальных условий, преобладающих на дорогах общего пользования, скорости установлены следующие: 120 км/ч для автомагистралей федерального значения, 90 км/ч для национальных дорог и 60 км/ч городских дорог. Впоследствии продолжительность транспортировки (измеряемая в часах) между городами может быть рассчитана на основе соответствующих пройденных расстояний и предписанных скоростей для соответствующих классификаций дорог [15].

Результаты и обсуждение

Основная цель российской транспортной сети - удовлетворить общественный спрос на пассажирские и грузовые перевозки с оптимальной эффективностью, уделяя особое внимание своевременности, безопасности и экономической целесообразности. Эта сеть играет решающую роль в содействии интеграции национальных рынков, региональной взаимосвязанности и мобильности граждан. Признавая его важнейшую роль в обеспечении национальной сплоченности и функционирования общества, государство уделяет приоритетное внимание развитию и обслуживанию транспортного сектора.

Меняющийся глобальный экономический ландшафт, характеризующийся изменением структуры торговли, расширением региональных экономических блоков и быстрым технологическим прогрессом, требует модернизации инфраструктуры, повышения квалификации рабочей силы и повышения адаптивности транспортной системы России.

На долю транспортного сектора приходится около 8% валового внутреннего продукта (ВВП) страны и 15-20 % от общей стоимости, создаваемой промышленностью и сельским хозяйством. В различных подотраслях занято около 2 миллионов человек, а распределение рабочей силы выглядит следующим образом:

Железнодорожный транспорт: Магистральный (564 000 сотрудников) и промышленный (54 000 сотрудников)

Автомобильный транспорт: Рейсовые автобусы (178 000), Услуги такси (72 600), Грузовые перевозки (255 900)

Городской транспорт: трамвай (52 600), троллейбус (58 600), метро (67 500)

Водный транспорт: Морской (14 150) и внутренний (28 170).

Воздушный транспорт: 80 000 сотрудников

Вспомогательные и дополнительные виды транспортной деятельности: 590 000 сотрудников

Министерство транспорта Российской Федерации осуществляет надзор за разработкой и внедрением государственной политики и нормативных актов, регулирующих транспортный сектор. Исполнительная власть делегирована различным федеральным органам, включая Ространснадзор, Росавиацию, Росжелдор, Росавтодор и Росречморфлот, а также другим соответствующим ведомствам.

В системах управления на макроуровне, особенно в контексте государственного управления, транспортная система играет важнейшую роль. Она объединяет различные логистические функции для обеспечения бесперебойной работы всей логистической сети, способствуя своевременной доставке товаров и эффективному перемещению пассажиров. Взаимодействие при интермодальных перевозках регулируется логистическими принципами, которые учитывают присущую транспортным процессам неопределенность, включая технические сбои и колебания в динамике грузопотоков. Планирование логистической инфраструктуры основывается на общем анализе и прогнозировании материальных потоков, охватывающих перемещение как товаров, так и пассажиров в различные периоды времени. По сути, транспортно-логистическая система представляет собой сложную сеть, включающую транспортно-логистическую инфраструктуру, заинтересованных лиц, методологии и инструменты принятия решений. Это позволяет выполнять множество логистических функций, связанных с транспортными процессами, воздействуя на материальные и сопутствующие потоки для удовлетворения потребительского спроса на эффективное перемещение товаров и пассажиров между географически распределенными пунктами как на региональном, так и на федеральном уровнях.

Транспортно-логистическая система представлена на рисунке 1.

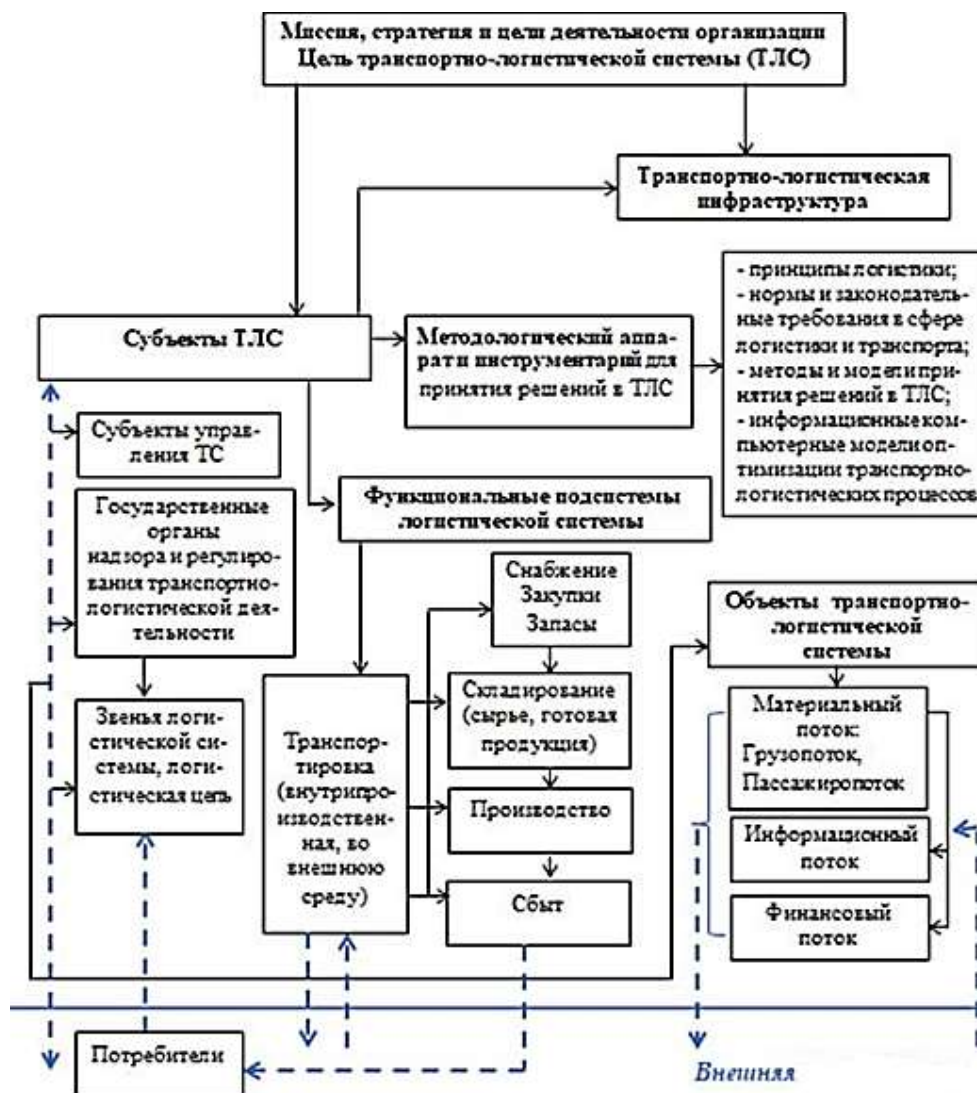


Рисунок 1 - Структура транспортно-логистической системы

В области транспортной логистики (ТЛ) отдельные организации (рассматриваемые на уровне предприятия) действуют как взаимодействующие факторы во внешней среде, за ис-

ключением руководителей внутриорганизационных подразделений, сфера деятельности которых остается внутренней. Материальные потоки, наряду с сегментами транспортного процесса, пересекают как внешнюю, так и внутреннюю сферы предприятия. Обширные исследования подчеркивают первостепенное значение ТЛ в рамках более широкой системы логистики, определяя ее как наиболее важную функциональную область. Транспортировка служит основополагающим элементом жизнеспособности материальных потоков, а транспортные услуги (часто дополняемые погрузочно-разгрузочными работами) являются основным видом деятельности в рамках логистической системы. Управление транспортными потоками включает в себя операции, которые облегчают физическую передачу материальных активов между участниками логистической цепочки с целью минимизации сроков доставки и связанных с этим затрат. Следовательно, транспортная система становится незаменимым и центральным компонентом общей логистической системы.

Изучение инфраструктурных аспектов транспортно-логистического комплекса (ТЛК) показывает, что он включает в себя инженерную и экономическую основу. Эта основа включает в себя физические структуры, технологическое оборудование, сложные системы и перевалочные узлы, которые обеспечивают эффективное функционирование транспорта и логистики. Данная инфраструктура включает в себя следующие элементы:

- транспортные маршруты: сеть автомобильных дорог, железные дороги, водные пути и воздушные маршруты;
- инженерные сооружения и оборудование: терминалы, склады, системы мониторинга и безопасности, навигационные системы, инфраструктуру реагирования на чрезвычайные ситуации и антитеррористические мероприятия.
- логистические узлы: склады, железнодорожные станции, автостоянки, ремонтные мастерские, порты и диспетчерские центры.

Таким образом, инфраструктура ТЛС представляет собой сложную и взаимосвязанную систему, которая служит основой эффективного перемещения товаров и материалов, способствуя торговле и экономической деятельности.

Выводы

Из-за присущей ТЛС сложности и масштабности для систематического анализа необходим многоуровневый иерархический подход. Данная структура охватывает различные взаимосвязанные уровни, начиная от макроуровня национальной экономики и заканчивая микроуровнем отдельных рабочих мест.

В результате иерархическую структуру можно представить следующим образом:

- уровень национальной экономики: Эта макроскопическая перспектива рассматривает ТЛС в более широком контексте национального экономического развития и стратегического планирования;
- региональный уровень: на этом уровне, ориентированном на конкретные географические регионы, анализируется роль ТЛС в региональной экономической интеграции и связности;
- уровень предприятия: на этом уровне рассматриваются ТЛС в отдельных компаниях, включая управление цепочками поставок, распределительные сети и транспортные стратегии;
- уровень цеха/площадки: дальнейшая детализация достигается путем изучения операций ТЛС в конкретных цехах или на объектах, включая производственную логистику, погрузочно-разгрузочные работы и внутренние перевозки;
- уровень рабочего места: наиболее подробный уровень посвящен отдельным рабочим станциям и их роли в общем потоке товаров и материалов в рамках ТЛС.

Такая иерархическая декомпозиция позволяет получить целостное представление о ТЛС, облегчая идентификацию и характеристику составляющих ее компонентов. Данный подход не только пополняет словарь экономической науки и науки управления, но и закладывает основу для дальнейших исследований в области оптимизации и эффективности подобных систем в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Макаревич О.Д., Панкова Т.Н. Разработка стратегии развития автотранспортного предприятия с использованием принципов логистики // Устойчивое развитие экономики: состояние, проблемы, перспективы: Материалы пятой международной научно-практической конференции. Ч. 1. Пинск: Полесский государственный университет. 2011. С. 226-228. EDN GXIBXQ.
2. Шилов А.В., Герасимова А.И. Разработка алгоритмов решения задач закупочной логистики // Альманах мировой науки. 2017. №1-1(16). С. 107-109. EDN XXDCDZ.
3. Панков А.А., Карабанова Е.Д., Жафярова Ф.С. Разработка и внедрение системы визуализации процессов транспортной логистики и мониторинга деятельности торговых агентов // Молодежь и новые информационные технологии: Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых в рамках Программы развития деятельности студенческих объединений Череповецкого государственного университета «РАЙОН IT». Череповец: Череповецкий государственный университет. 2016. С. 243-246. EDN XDPOYF.
4. Быкова О.Н., Веденева О.В, Григорьев К.А. [и др.] Разработка и оценка экономической эффективности мероприятий по развитию транспортной логистики на региональном уровне // Научные исследования и разработки. Экономика фирмы. 2022. Т. 11. №1. С. 72-82. DOI 10.12737/2306-627X-2022-11-1-72-82. EDN WSSLEU.
5. Серегин А.А., Глечикова Н.А., Айнушов А.И. Разработка стратегии организационно-управленческого механизма функционирования транспортной логистики // Международный научный журнал. 2009. № 2. С. 38-40. EDN MUIMPH.
6. Орехова А.Е., Гришкова Д.Ю. Разработка стратегий в сфере логистики // Развитие науки и практики в глобально меняющемся мире в условиях рисков: сборник материалов XIV Международной научно-практической конференции. Москва: Алеф. 2022. С. 502-509. DOI 10.34755/IROK.2022.27.45.012. EDN CHALBB.
7. Гетманский Д.В. Разработка и использование логистики при организации поставок запасных частей машинотехнической продукции. Москва: Спутник+, 2011. 31 с. EDN QUWFFB.
8. Келлер А.В., Окольников И.Ю., Ухова А.И. Маркетинговый анализ рынка научных разработок для развития высокотехнологичных решений в области транспортной логистики // Креативная экономика. 2023. Т. 17. №9. С. 3439-3452. DOI 10.18334/ce.17.9.118764. EDN WFGONM.
9. Бахтадзе Н.Н., Максимов Е.М., Сабитов Р.А., Смирнова Г.С. Методы разработки интеллектуальных сетей транспортной логистики // Информационные технологии и математическое моделирование систем 2015: Труды международной научно-технической конференции. Одцово: ФГБУ науки Центр информационных технологий в проектировании Российской академии наук. 2015. С. 143-144. EDN UTQUIV.
10. Лай М.З. Разработка методов динамической логистики для управления грузовыми перевозками во Вьетнаме: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.22.01 Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте. Москва, 2012. 24 с. EDN ZOPQOP.
11. Сатыбалдиева Р.Ж., Молдагулова А.Н., Мустафина А.К. [и др.] Разработка методов и рекомендаций для проектирования программной платформы логистики // Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева. 2020. №3(114). С. 305-313. DOI 10.52167/1609-1817-2020-114-3-305-313. EDN RHSABA.
12. Исааков Г.С., Гаврилова И.М. Подход к разработке ключевых показателей эффективности в логистике // Инновационная наука. 2015. №10-2. С. 54-57. EDN UNABNR.
13. Джабраилов И.А. Современные разработки в сфере логистики // Наука и современность: Материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов и молодых ученых. Таганрог: ЭльДирект - ИП Шкуркин Д.В. (ДиректСайнс). 2022. С. 131-133. EDN VQUZOV.
14. Gaidar S.M., Karelina M.Y., Akulov A.A. [et al.] Mathematical Method for Optimising the Transport and Logistics Industry // 2022 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications, SOSG 2022 - Conference Proceedings. Moscow. 2022. DOI 10.1109/IEEECONF53456.2022.9744403. EDN LECOMK.
15. Terentyev A., Karelina M., Karelina E. Analytical models of decision-making theory in digital transport logistics // Journal of Physics: Conference Series. Novorossiysk: Virtual. 2021. P. 012129. DOI 10.1088/1742-6596/2061/1/012129. EDN QECOTS.

Линник Юрий Николаевич

Государственный университет управления

Адрес: 109542, Россия, г. Москва, Рязанский пр-кт, д. 99

Д.т.н., проф. каф. экономики и управления в топливно-энергетическом комплексе

E-mail: yn_linnik@guu.ru

Карелина Мария Юрьевна

Государственный университет управления, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

Адрес: 109542, Россия, г. Москва, Рязанский пр-кт, д. 99

Д.т.н., д.п.н., проф., проректор, заведующий кафедрой «Детали машин и теория механизмов»

E-mail: karelinamu@mail.ru

Линник Владимир Юрьевич

Государственный университет управления

Адрес: 109542, Россия, г. Москва, Рязанский пр-кт, д. 99

Д.э.н., проф. каф, доц. каф. экономики и управления в топливно-энергетическом комплексе

E-mail: vy_linnik@guu.ru

Акулов Алексей Андреевич

Государственный университет управления, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

Адрес: 109542, город Москва, Рязанский пр-кт, д.99,

К.т.н., научный сотрудник Научно-исследовательского института, преподаватель кафедры «Детали машин и теория механизмов»

E-mail: a.akulov.98@mail.ru

Y.N. LINNIK, M.Y. KARELINA, V.Y. LINNIK, A.A. AKULOV

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR OPTIMIZING REGIONAL LOGISTICS ROUTES BASED ON A GRAVITY MODEL FOR MANAGING URBAN TRANSPORT HUBS

***Abstract.** This article discusses the optimization of logistics routes, starting with the identification of key points of regional economic development. The proposed structure includes the principles of the theory of spatial interaction, in particular, the methodology for optimizing regional logistics networks based on the gravitational model. This approach uses economic zones as a contextual background to demonstrate the practical applicability and feasibility of the model. The integration of data on economic zones provides a real context that allows you to verify the results of the model and ensure the practical significance of the developed optimization strategies. Logistics, functioning as an independent sector of the economy, is also a key element of the regional economy. Thus, research on the optimization of logistics routes aimed at stimulating the future growth of the logistics industry has theoretical significance and practical applicability.*

***Key words:** transport and logistics systems, cargo transportation, vehicles, theory of spatial interaction, optimization of logistics routes*

BIBLIOGRAPHY

1. Makarevich O.D., Pankova T.N. Razrabotka strategii razvitiya avtotransportnogo predpriyatiya s ispol'zovaniem printsipov logistiki // Ustoychivoe razvitie ekonomiki: sostoyanie, problemy, perspektivy: Materialy pyatoy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. CH. 1. Pinsk: Poleskiy gosudarstvennyy universitet. 2011. S. 226-228. EDN GXIBXQ.
2. Shilov A.V., Gerasimova A.I. Razrabotka algoritmov resheniya zadach zakupchnoy logistiki // Al'manakh mirovoy nauki. 2017. №1-1(16). S. 107-109. EDN XXDCDZ.
3. Pankov A.A., Karabanova E.D., Zhafyarova F.S. Razrabotka i vnedrenie sistemy vizualizatsii protsessov transportnoy logistiki i monitoringa deyatel'nosti torgovykh agentov // Molodezh` i novye informatsionnye tekhnologii: Vserossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya molodykh uchenykh v ramkakh Programmy razvitiya deyatel'nosti studencheskikh ob"edineniy Cherepovetskogo gosudarstvennogo universiteta «RAYON IT». Cherepovets: Cherepovetskiy gosudarstvennyy universitet. 2016. S. 243-246. EDN XDPOYF.
4. Bykova O.N., Vedeneeva O.V., Grigor`ev K.A. [i dr.] Razrabotka i otsenka ekonomicheskoy effektivnosti meropriyatiy po razvitiyu transportnoy logistiki na regional'nom urovne // Nauchnye issledovaniya i razrabotki. Ekonomika firmy. 2022. T. 11. №1. S. 72-82. DOI 10.12737/2306-627X-2022-11-1-72-82. EDN WSSLEU.
5. Seregin A.A., Glechikova N.A., Aynushov A.I. Razrabotka strategii organizatsionno-upravlencheskogo mekhanizma funktsionirovaniya transportnoy logistiki // Mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal. 2009. № 2. S. 38-40. EDN MUIMPH.

6. Orekhova A.E., Grishkova D.YU. Razrabotka strategiy v sfere logistiki // Razvitie nauki i praktiki v global'no menyayushchemsya mire v usloviyakh riskov: sbornik materialov XIV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Moskva: Alef. 2022. S. 502-509. DOI 10.34755/IROK.2022.27.45.012. EDN CHALBB.
7. Getmanskiy D.V. Razrabotka i ispol'zovanie logistiki pri organizatsii postavok zapasnykh chastey mashinotekhnicheskoy produktsii. Moskva: Sputnik+, 2011. 31 s. EDN QUWFFB.
8. Keller A.V., Okol'nishnikova I.YU., Ukhova A.I. Marketingovyy analiz rynka nauchnykh razrabotok dlya razvitiya vysokotekhnologichnykh resheniy v oblasti transportnoy logistiki // Kreativnaya ekonomika. 2023. T. 17. №9. S. 3439-3452. DOI 10.18334/ce.17.9.118764. EDN WFGONM.
9. Bakhtadze N.N., Maksimov E.M., Sabitov R.A., Smirnova G.S. Metody razrabotki intellektual'nykh setey transportnoy logistiki // Informatsionnye tekhnologii i matematicheskoe modelirovanie sistem 2015: Trudy mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. Odintsovo: FGBU nauki Tsentr informatsionnykh tekhnologiy v proektirovani Rossiyoskoy akademii nauk. 2015. S. 143-144. EDN UTQUIV.
10. Lay M.Z. Razrabotka metodov dinamicheskoy logistiki dlya upravleniya gruzovymi perevozkami vo V'etname: avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk: 05.22.01 Transportnye i transportno-tekhnologicheskie sistemy strany, ee regionov i gorodov, organizatsiya proizvodstva na transporte. Moskva, 2012. 24 s. EDN ZOPQOP.
11. Satybaldieva R.ZH., Moldagulova A.N., Mustafina A.K. [i dr.]Razrabotka metodov i rekomendatsiy dlya proektirovaniya programmnoy platformy logistiki // Vestnik Kazakhskoy akademii transporta i kommunikatsiy im. M. Tynyshepaeva. 2020. №3(114). S. 305-313. DOI 10.52167/1609-1817-2020-114-3-305-313. EDN RHSABA.
12. Isaakov G.S., Gavrilova I.M. Podkhod k razrabotke klyuchevykh pokazateley effektivnosti v logistike // Innovatsionnaya nauka. 2015. №10-2. S. 54-57. EDN UNABNR.
13. Dzhabrailov I.A. Sovremennye razrabotki v sfere logistiki // Nauka i sovremennost': Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov i molodykh uchenykh. Taganrog: El'Direkt - IP SHkurkin D.V. (DirektSayns). 2022. S. 131-133. EDN VQUZOV.
14. Gaidar S.M., Karelina M.Y., Akulov A.A. [et al.]Mathematical Method for Optimising the Transport and Logistics Industry // 2022 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications, SOSG 2022 - Conference Proceedings. Moscow. 2022. DOI 10.1109/IEEECONF53456.2022.9744403. EDN LECOMK.
15. Terentyev A., Karelina M., Karelina E. Analytical models of decision-making theory in digital transport logistics // Journal of Physics: Conference Series. Novorossiysk: Virtual. 2021. P. 012129. DOI 10.1088/1742-6596/2061/1/012129. EDN QECOTS.

Linnik Yuri Nikolaevich

State University of Management
Address: 109542, Russia, Moscow, Ryazanskiy prospect, 99
Doctor of Technical Sciences
E-mail: yn_linnik@guu.ru

Karelina Maria Yuryevna

State University of Management, Moscow Automobile and Road State Technical University (MADI)
Address: 109542, Russia, Moscow, Ryazansky pr., 99
Doctor of Technical Sciences, Doctor of Pedagogical Sciences
E-mail: karelinamu@mail.ru

Linnik Vladimir Yurievich

State University of Management,
Address: 109542, Russia, Moscow, Ryazanskiy prospect, 99
Doctor of Economics Sciences
E-mail: yn_linnik@guu.ru

Akulov Alexey Andreyevich

State University of Management, Moscow Automobile and Road State Technical University (MADI)
Address: 109542, Russia, Moscow, Ryazansky pr., 99
Candidate of Technical Sciences
E-mail: a.akulov.98@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 17.09.2024 г.
Дата выхода в свет 03.10.2024 г.
Формат 70x108/16. Усл. печ. л. 9.2
Цена свободная. Тираж 500 экз.
Заказ № 187

Отпечатано с готового оригинал-макета
на полиграфической базе ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»
302026, г. Орёл, ул. Комсомольская, 95