

ISSN 2073-7432

МИР ТРАНСПОРТА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Н А У Ч Н О - Т Е Х Н И Ч Е С К И Й Ж У Р Н А Л

№ 3-2 (78) 2022

Научно-технический

журнал

Издается с 2003 года

Выходит четыре раза в год

№ 3-2(78) 2022

Мир транспорта и технологических машин

Учредитель - федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»
(ОГУ имени И.С. Тургенева)

Главный редактор:

Новиков А.Н. д-р техн. наук, проф.

Заместитель главного редактора:

Васильева В.В. к.т.н., доц.

Редколлегия:

Агеев Е.В. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Агуреев И.Е. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Бажинов А.В. д-р техн. наук, проф. (Украина)
Басков В.Н. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Бондаренко Е.В. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Власов В.М. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Глаголев С.Н. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Демич М. д-р техн. наук, проф. (Сербия)
Денисов А.С. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Жаковская Л. д-р наук, проф. (Польша)
Жанказиев С.В. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Зырянов В.В. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Мартюченко И.Г. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Митусов А.А. д-р техн. наук, проф. (Казахстан)
Нордн В.В. к.т.н., доц. (Россия)
Прентковский О. д-р техн. наук, проф. (Литва)
Пржибыл П. д-р техн. наук, проф. (Чехия)
Пушкарёв А.Е. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Ременцов А.Н. д-р пед. наук, проф. (Россия)
Сарбаев В.И. д-р техн. наук, профессор (Россия)
Сиваченко Л.А. д-р техн. наук, проф. (Беларусь)
Юнгмейстер Д.А. д-р техн. наук, проф. (Россия)
Шарата А. д-р наук, проф. (Польша)

Ответственный за выпуск: Акимочкина И.В.

Адрес редколлегии:

302030, Россия, Орловская обл., г. Орел,
ул. Московская, 77
Тел. +7 905 856 6556
<http://oreluniver.ru/>
E-mail: srmistu@mail.ru

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

Подписной индекс: 16376

по объединенному каталогу «Пресса России»
на сайтах www.ppressa-ru.ru и www.akc.ru

© Составление. ОГУ имени И.С. Тургенева,
2022

Содержание

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

Эксплуатация, ремонт, восстановление

- Д.С. Беляев, Е.М. Генсон, Н.В. Лобов Анализ влияния внешних факторов на расход электроэнергии автомобиля с электрической силовой установкой..... 3
- И.В. Макарова, Э.А. Авхадеева, П.А. Буйвол Оценка ремонтпригодности транспортных средств на стадии проектирования..... 10
- Б.С. Борисов, А.В. Лаушкин, А.А. Хазиев Оценка содержания присадок в моторных маслах методом ИК-Фурье..... 19
- Е.А. Оленев, Ш.А. Амирсейидов, И.Ф. Двужильная Электрический привод велосипеда..... 26

Технологические машины

- А.А. Алпатов, В.В. Зырянов Разработка модели временных затрат смешанных грузоперевозок СПГ по северному морскому пути..... 32
- Безопасность движения и автомобильные перевозки
- Г.А. Якупова, И.В. Макарова, П.А. Буйвол, А.М. Абашев, Э.М. Мухаметдинов Изучение типовых аварийных ситуаций на перекрестке с использованием имитационного моделирования..... 39
- В.Н. Басков, Е.И. Исаева Информационно-цифровой подход к оценке уровня безопасности дорожного движения..... 46
- А.А. Власов Концепция цифрового двойника как основа создания интеллектуальных транспортных систем..... 56
- О.Ю. Булатова Определение основных функций ИТС при организации дорожного движения во время проведения городских массовых мероприятий..... 63
- А.З. Уджуху, И.Б. Ахунова, С.Р. Уджуху, Г.А. Гук Определение степени опасности поворота автомобильной дороги при движении в горных условиях..... 69
- С.С. Евтюков, И.С. Брылев, М.М. Блиндер Оценка влияния велосипедной инфраструктуры города на безопасность дорожного движения велосипедистов..... 76
- В.С. Волков, Е.Г. Лебедев, Е.А. Набатникова Повышение безопасности транспортной работы автомобиля на основе контроля психоэмоционального состояния водителя..... 85
- С.А. Евтюков, И.В. Ворожейкин Применение методов расчета скорости движения ТС по фото- и видеоматериалам при реконструкции ДТП..... 95

Вопросы экологии

- П.А. Буйвол Управление системой фирменного сервиса автомобилей при внедрении рециклинга дефектных деталей..... 104

Образование и кадры

- Е.В. Агеев, Е.С. Виноградов Методика исследования параметров подсистемы «курсант-автомобиль»..... 113
- Г.П. Быкова Профессиональные стандарты логистов за рубежом как один из инструментов внедрения цифровых технологий на транспорте..... 119

Экономика и управление

- Ж. Бигиримана, А.П. Павлов Анализ факторов, влияющих на формирование спроса и предложения на рынке автотехнического сервиса в условиях Бурунди..... 125
- И.В. Макарова, Г.Р. Мавлютдинова, Э.М. Мухаметдинов, Л.М. Габсалихова Перспективы создания единого транспортного пространства России за счет совершенствования системы автомобильных перевозок..... 133

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: 05.22.01 - Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте, 2.9.4. Управление процессами перевозок, 2.9.5. Эксплуатация автомобильного транспорта

Scientific and technical journal

Published since 2003

A quarterly review

№ 3-2(78) 2022

World of transport and technological machines

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

Editor-in-Chief A.N. Novikov Doc. Eng., Prof	Contents
Associate Editor V.V. Vasileva Can. Eng.	Operation, Repair, Restoration
Editorial Board: E.V. Ageev Doc. Eng., Prof. (Russia) I.E. Agureev Doc. Eng., Prof. (Russia) A.V. Bazhinov Doc. Eng., Prof. (Ukraine) V.N. Baskov Doc. Eng., Prof. (Russia) E.V. Bondarenko Doc. Eng., Prof. (Russia) V.M. Vlasov Doc. Eng., Prof. (Russia) S.N. Glagolev Doc. Eng., Prof. (Russia) M. Demic Doc. Eng., Prof. (Serbia) A.S. Denisov Doc. Eng., Prof. (Russia) L. Żakowska Ph.D., Doc. Sc., Prof. (Poland) S.V. Zhankaziev Doc. Eng., Prof. (Russia) V.V. Zyryanov Doc. Eng., Prof. (Russia) I.G. Martychenko Doc. Eng., Prof. (Russia) A.A. Mitusov Doc. Eng., Prof. (Kazakhstan) V.V. Nordin Can. Eng. (Russia) O. Prentkovskis Doc. Eng., Prof. (Lithuania) P. Pribyl Doc. Eng., Prof. (Czech Republic) A.E. Pushkarev Doc. Eng., Prof. (Russia) A.N. Rementsov Doc. Edc., Prof. (Russia) V.I. Sarbaev Doc. Eng., Prof. (Russia) L.A. Sivachenko Doc. Eng., Prof. (Belarus) D.A. Yungmeyer Doc. Eng., Prof. (Russia) A. Szarata Ph.D., Doc. Sc., Prof. (Poland)	<i>D.S. Belyaev, E.M. Genson, N.V. Lobov</i> Analysis of the influence of external factors on the power consumption of a car with an electric power 3 <i>I.V. Makarova, E.A. Avkhadeeva, P.A. Buyvol</i> Assessment of vehicles' repairability at the design stage 10 <i>B.S. Borisov, A.A. Laushkin, A.A. Khaziev</i> Evaluation of the additive content in motor oils by the IR-Fourier method 19 <i>E.A. Olenov, Sh.A. Amirseidov, I.F. Dvuzhlnaya</i> The electric bicycle driver 26
Person in charge for publication: I.V. Akimochkina	Technological machines
Editorial Board Address: 302030, Russia, Orel Region, Moskovskaya str., 77 Tel. +7 (905)8566556 http://oreluniver.ru/ E-mail: srmostu@mail.ru	<i>A.A. Alpatov, V.V. Zyryanov</i> Model of time costs development the mixed lng transportation along northern sea route 32
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	Road safety and road transport
Subscription index: 16376 in a union catalog «The Press of Russia» on sites www.pressa-ru.ru и www.akc.ru	<i>G.A. Yakupova, I.V. Makarova, P.A. Buyvol, A.M. Abashev, E.M. Mukhametdinov</i> Study of typical emergency situations at the crossroads using simulation 39 <i>V.N. Baskov, E.I. Isaeva</i> Information-digital approach to the assessment of the level of road safety 46 <i>A.A. Vlasov</i> The concept of a digital twin as the basis of intelligent transport systems 56 <i>O.U. Bulatova</i> The main ITS functions definition for traffic management during city large events 63 <i>A.Z. Udzhukhu, I.B. Akhunova, S.R. Udzhukhu, G.A. Guk</i> Determination of the danger degree of turning a road when driving in mountain conditions 69 <i>S.S. Evtukov, I.S. Brylev, M.M. Blinder</i> Assessment of the impact of the cycling infrastructure of the city on the road safety of cyclists 76 <i>V.S. Volkov, E.G. Lebedev, E.A. Nabatnikova</i> Improving the safety of the transport operation of the car based on the control of the psychoemotional state of the driver 85 <i>S.A. Evtukov, I.V. Vorozheikin</i> Application of methods for calculating the speed of a vehicle based on photo and video materials during the reconstruction of an accident 95
© Registration. Orel State University, 2022	Ecological Problems
	<i>P.A. Buyvol</i> Management of the vehicle branded service system in the implementation of defective parts' recycling 104
	Education and Personnel
	<i>E.V. Ageev, E.S. Vinogradov</i> Methodology for the study of parameters of the cadet-car subsystem 113 <i>G.P. Bykova</i> Professional standards in logistics abroad as an instrument to enforce digital technologies in transport 119
	Economics and Management
	<i>J. Bigirimana, A.P. Pavlov</i> Analysis of the factors influencing the formation of supply and demand on the market of automobile technical service under conditions of Burundi 125 <i>I.V. Makarova, G.R. Mavlyautdinova, E.M. Mukhametdinov, I.M. Gabsalikhova</i> Prospects for creating a common transport space in Russia by improving the system of road transportation 133

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: 05.22.01 - Transport and transport-technological systems of the country, its regions and cities, organization of production in transport, 2.9.4. Management of transportation processes, 2.9.5. Operation of motor transport.

Научная статья

УДК 656.13

doi:10.33979/2073-7432-2022-2(78)-3-3-9

Д.С. БЕЛЯЕВ, Е.М. ГЕНСОН, Н.В. ЛОБОВ

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ НА РАСХОД ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ АВТОМОБИЛЯ С ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКОЙ

Аннотация. Статья посвящена проблемам эксплуатации автомобилей с электрической силовой установкой в загородном режиме. В ходе работы были проанализированы российские и зарубежные литературные источники и установлен перечень факторов, оказывающих существенное влияние на расход электроэнергии при эксплуатации электромобиля: средняя скорость движения; уровень рекуперации энергии; техническое состояние систем и оборудования автомобиля; температура окружающей среды. Установлено, что наибольшее влияние на расход энергии в загородном режиме эксплуатации оказывают средняя скорость движения и работа системы «климат-контроль», которая напрямую зависит от температуры окружающей среды. Был спланирован эксперимент и определена методика его проведения.

Ключевые слова: электромобиль, расход электроэнергии, средняя скорость движения, климат-контроль

Введение

В связи с глобальными изменениями в сфере окружающей среды и эксплуатации автомобильного транспорта на первую роль выходит электротранспорт. В течение нескольких лет в России будут появляться автотранспортные предприятия эксплуатирующие электромобили. Автомобили с электрической силовой установкой могут быть востребованы в каршеринге, в такси и доставке грузов по принципу «последней мили». При этом списание электроэнергии, расходуемой на заряд электромобиля, на предприятиях видится затруднительным ввиду отсутствия законодательной базы, а расход энергии при эксплуатации электромобиля нормируется согласно действующему законодательству [1]. Однако, нормы расхода энергии электромобилем не учитывают влияния ряда внешних факторов, которые оказывают значительное влияние на расход электроэнергии.

Вопросы влияния внешних факторов на расход энергоресурсов при эксплуатации автомобильного транспорта анализировали ведущие российские и зарубежные ученые [2-9], в том числе и автомобилей с электрическими силовыми установками [10-13]. Исследования показывают, что реальная экономия энергоресурсов невозможна без научно обоснованных нормативов расхода.

Материал и методы

Опыт зарубежных исследований показывает, что цикл вождения оказывает значительное влияние на потребление энергии транспортным средством. Энергия расходуется на преодоление сопротивления движению, которое зависит от физических свойств транспортного средства, ускорения, скорости и дорожных условий [14]. Исследователи оценили факторы, влияющие на потребление энергии электромобилями. На рисунке 1 показан результат влияния скорости движения на потребление энергии.

При этом стоит учесть, что авторы смоделировали [14] электромобиль массой 1250 кг, оснащенный электродвигателем с пиковой мощностью 43 кВт. Как показано на рисунке 1, автомобиль имеет наименьшее потребление энергии на скорости около 20 км/ч. Ниже этого значения потребление энергии увеличивается из-за вспомогательных устройств, а выше этой точки на потребление влияют увеличивающиеся потери транспортного средства из-за увеличения скорости.

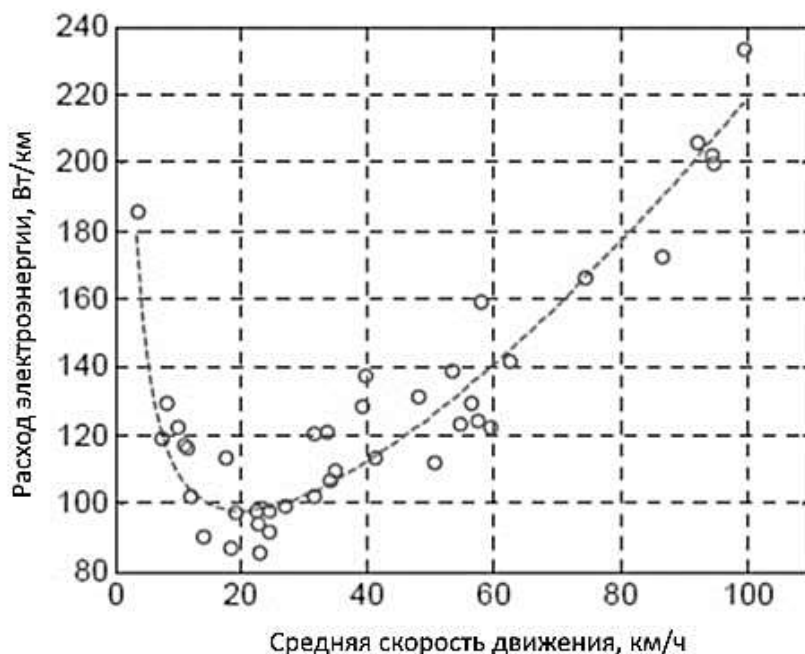


Рисунок 1 – Зависимость энергопотребления электромобилем в зависимости от скорости

Потребляемая мощность вспомогательных устройств сильно зависит от рабочей температуры транспортного средства. В жаркой среде кондиционер используется для снижения температуры внутри кабины, а в холодной среде кабина должна быть прогрета. Холодная рабочая среда также увеличивает внутреннее сопротивление батареи, что снижает эффективность работы батареи. Влияние холодного климата на производительность батареи можно уменьшить, внедрив активную систему терморегулирования для прогрева аккумуляторной батареи в холодных условиях [15]. Авторы оценили влияние рабочей температуры на пробег электромобиля. На рисунке 2 показаны их результаты для Nissan Leaf, который имел зимний пакет для повышения комфорта водителей и производительности аккумулятора в холодных условиях. Как показано на рисунке 2, разница между оптимальными теплыми условиями и холодными условиями существенна. Результаты также показывают эффект использования кондиционера во время вождения.

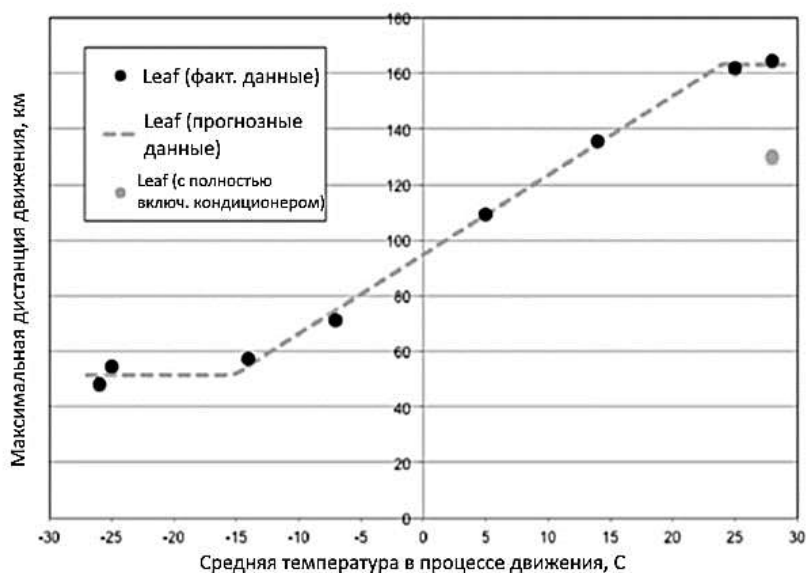


Рисунок 2 - Пробег электромобиля Nissan Leaf при различных температурах вождения [15]

Кроме того, авторы [16, 17] смоделировали зависимость ускорения транспортного средства от скорости движения (рис. 3). Агрессивное поведение также оказывает значительное влияние на потребление энергии.

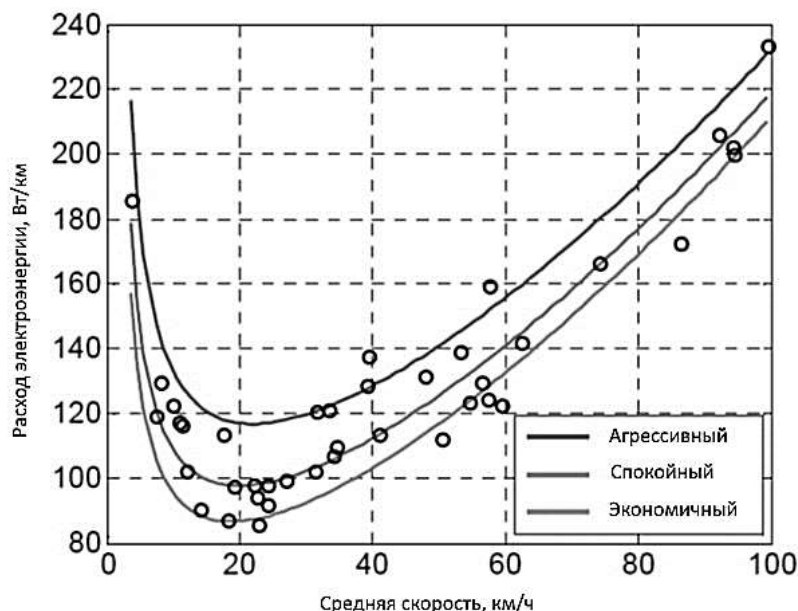


Рисунок 3 - Влияние ускорения на потребление энергии [1]

Теория

Таким образом, анализ литературных источников и ранее выполненных исследований позволил сформировать перечень наиболее значимых факторов, оказывающих влияние на расход электроэнергии при движении электромобиля в загородном режиме [18, 19]: средняя скорость движения – X1 [20]; уровень рекуперации энергии – X2; техническое состояние систем и оборудования автомобиля – X3; температура окружающей среды – X4.

Фактор X1 – управляемый, таким образом, воздействуя на него можно добиться изменения фактического расхода энергии при движении электромобиля в загородном режиме.

На большей части электромобилей уровень рекуперации энергии (X2) установлен постоянным без возможности изменения. Таким образом, данный фактор необходимо учитывать при математическом моделировании процесса энергопотребления.

На сегодняшний день на большинстве автотранспортных предприятий действует система планово-предупредительного ремонта, это подразумевает, что автомобиль, выезжая на линию, полностью исправен. Следовательно, фактор X3 – не будет оказывать влияния на расход электроэнергии при движении электромобиля.

Температура окружающей среды (X4) – это неуправляемый фактор, который оказывает значительное влияние на энергопотребление автомобилем при функционировании двух подсистем: подсистема «климат-контроль» и подсистема термостатирования высоковольтной аккумуляторной батареи (ВВБ) [21].

В процессе эксплуатации и при зарядке электромобиля на зарядной станции высоковольтная батарея прогревается до рабочей температуры достаточно быстро, поэтому энергией, затрачиваемой на прогрев батареи в процессе движения, можно пренебречь. Значительного влияния на общее потребление энергии транспортным средством данный фактор оказывать не будет. При этом подсистема «климат-контроль» является управляемой и в значительной степени будет влиять на расход энергии при эксплуатации электромобиля в загородном режиме, т.к. необходимо поддерживать оптимальный температурный режим в салоне автомобиля. Таким образом, при проведении экспериментальных исследований фактор X4 целесообразно представить в виде управляемой подсистемы «климат-контроль», а ВВБ необходимо прогреть до рабочей температуры перед началом эксперимента.

При планировании эксперимента для определения расхода электроэнергии при движении электромобиля в загородном режиме первым этапом определяется область определе-

ния факторов, т.е. предельный уровень изменения или верхняя и нижняя граница. Вторым этапом выделяется локальная подобласть определения факторов для реального объекта. При этом определяются основной уровень и интервалы варьирования [22].

Средняя скорость движения (X1) имеет область определения от 0 до 110 км/ч. Нижняя граница обусловлена полной остановкой электромобиля, а верхняя – ограничением скоростного режима правилами дорожного движения. Для проведения экспериментальных исследований границы локальной подобласти определялась из условия средних скоростей при движении в загородном режиме. Данному условию соответствует средняя скорость движения от 70 до 110 км/час. Нулевое значение было принято – 90 км/час.

Область определения подсистемы «климат-контроль» (X4) лежит в диапазоне от 0 до max режима работы вентилятора салона. Верхняя граница обусловлена максимальной работой вентилятора салона, нижняя граница – выключенным состоянием. При выборе локальной подобласти для натурных исследований нижний (1 режим) и верхний (3 режим) пределы выбирались с учетом оптимальных режимов работы отопителя салона при движении электромобиля в загородном режиме. В качестве нулевого уровня был выбран центр подобласти – 2 позиция вентилятора. При этом кондиционер имеет только два режима работы – включен и выключен.

Информация по управляемым факторам X1 и X4 для реальных условий эксплуатации (область определения) и для экспериментальных исследований (подобласть определения) представлена в таблице 1.

Таблица 1 - Области и подобласти определения факторов.

Фактор	Область определения		Подобласть определения	
	Нижний предел	Верхний предел	Нулевой уровень	Интервал варьирования
Средняя скорость движения (X1)	70 км/ч	110 км/ч	90 км/ч	±20 км/ч
Работа системы «климат-контроль» (X4)	1 режим	3 режим	2 режим	±1 режим

Оба фактора независимы, т.к. существует возможность установки каждого фактора на любой уровень вне зависимости от уровней других факторов и совместимы, т.е. их комбинации осуществимы и безопасны. Таким образом, выполняются основные требования к совокупности факторов при планировании эксперимента.

Результаты и обсуждение

В качестве целевой функции рассматривается минимизация расхода электроэнергии электромобилем при движении по маршруту [кВт*ч]:

$$q_{ээ} \rightarrow \min$$

Экспериментальные исследования состоят из определения среднего значения энергопотребления при движении электромобиля в загородном режиме. При этом основные параметры работы транспортного средства необходимо фиксировать в процессе движения. Для чего в ходе работы разрабатывается автоматическая бортовая система учета, позволяющая считывать информацию о состоянии систем через штатный диагностический разъем OBD-II. Прибор дополнительно включает в себя GSM модуль, GPRS модуль, GPS модуль для определения маршрута движения и передачи данных на удаленный сервер, на котором осуществляется обработка полученных данных с помощью разработанного математического аппарата. Адекватность работы бортовой системы мониторинга будет проверяться на зарядной станции переменного тока со встроенным счетчиком потребления электроэнергии. Методика проведения экспериментальных исследований представлена на рисунке 1.

В ходе проведения эксперимента в журнале наблюдений фиксируются: пробег автомобиля, средняя скорость, температура высоковольтной батареи, режим работы отопителя/кондиционера салона, время заряда, количество полученной электромобилем электроэнергии в процессе заряда.

Выводы

В результате проведенных исследований получены следующие результаты:

1) определены факторы, оказывающие наиболее значимое влияние на расход электроэнергии электромобилем. К ним относится средняя скорость движения и работа системы «климат-контроль»;



Рисунок 4 - Блок-схема методики проведения экспериментальных исследований

2) проведено планирование эксперимента. Установлена область и подобласти определения факторов, оказывающих влияние на расход электроэнергии при движении ТС в загородном режиме. Средняя скорость движения имеет локальную подобласть определения от 70 до 110 км/час. Нулевое значение было принято – 90 км/час. Работа системы «климат-контроль» определена нижним (1 режим) и верхним (3 режим) пределами локальной области определения. В качестве нулевого уровня был выбран центр подобласти – 2 позиция вентилятора;

3) разработан алгоритм проведения экспериментальных исследований на реальном объекте, включающий в себя последовательность действия для определения зависимости расхода электроэнергии от наиболее значимых факторов.

Направления дальнейших исследований необходимо связать с разработкой математической модели функционирования системы и проведением натурного эксперимента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О введении в действие методических рекомендаций «Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте»: Распоряжение Минтранса России от 14.03.2008 № АМ-23-р (ред. от 20.09.2018).
2. Автомобильные транспортные средства / Д.П. Великанов, В.И. Бернацкий, Б.Н. Нифонтов, И.П. Плеханов. – М.: Транспорт, 1977. – 326 с.
3. Захаров Д.А. Влияние зимних условий эксплуатации автомобилей на топливную экономичность двигателей: Дис. ... канд. техн. наук / Тюмень, 2000. – 165 с.
4. Евтин П.В. Сбережение топлива при эксплуатации автомобилей в температурных условиях севера и Сибири: Дис. ... канд. техн. наук / Тюмень, 2000. – 125 с.
5. Кузьмин, Н.А. Проблема нормирования расходов автомобильных топлив и смазочных материалов в РФ // Автотранспортное предприятие. – 2010. - №8. – С. 20-22.
6. Карнаухова, И.В. Система корректирования зимних норм расхода топлива // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – №5. – С. 165-171.

7. Захаров Д.А., Козлов П.А., Резник Л.Г. Дифференцируемое нормирование расхода топлива автомобилем-рефрижератором при работе на развозочных маршрутах // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. – №3. – С. 119-122.
9. Борисов Г.В., Лелиовский К.Я., Пачурин Г.В. К вопросу о нормировании расхода жидких топлив на автомобильном транспорте // Автотранспортное предприятие. – 2015. – №2. – С. 51-55
10. Беляев Д.С., Генсон Е.М. Определение расхода электроэнергии при эксплуатации электромобилей в загородном режиме // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2022. – №1. – С. 5-11.
11. Тарасик, В.П. Теория движения автомобиля: учебник для вузов – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2006. – 478 с.
12. Вахрушев М.А., Генсон Е.М. Анализ особенностей эксплуатации электробусов и грузовых автомобилей с электрической силовой установкой // Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2021. – №4(58). – С. 38-42.
13. Колпаков А.Ю., Галингер А.А. Экономическая эффективность распространения электромобилей и возобновляемых источников энергии в России // Вестник Российской академии наук. – 2020. – Т. 90. – №2. – С. 128-139.
14. Badin, F., Le Berr, F., Briki, H., Dabadie, J.C., Petit, M., Magand, S. and Condemine, E., (2013). Evaluation of EVs energy consumption influencing factors, driving conditions, auxiliaries use, driver's aggressiveness. 2013 World Electric Vehicle Symposium and Exhibition (EVS27). Barcelona, Spain. 17-20.11.2013, IEEE. p. 1-12. [Retrieved: 6.3.2017]. ISBN (electronic): 978-1-4799-3832-2. DOI: 10.1109/EVS.2013.6914723.
15. Delos Reyes, J. R. M., Parsons, R.V. and Hoemsen, R., (2016). Winter Happens: The Effect of Ambient Temperature on the Travel Range of Electric Vehicles. IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol: 65, Iss: 6, p. 4016-4022. [Retrieved: 4.5.2017]. ISSN: 1939-9359. DOI: 10.1109/TVT.2016.2544178.
16. Laitinen, H. Improving electric vehicle energy efficiency with two-speed gearbox: abstract of thesis ... for the degree of master of science in technology / H. Laitinen. – Espoo, 2017. – 59 p.
17. Larminie, J. and Lowry, J. (2012) Electric Vehicle Technology Explained, Electric Vehicle Technology Explained. <https://doi.org/10.1002/9781118361146>
18. Генсон, Е.М. Повышение эффективности перевозки твердых коммунальных отходов путем улучшения топливной экономичности специальных автомобилей в технологическом режиме эксплуатации: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / генсон Е.М. - Орел, 2017. - 20 с.
19. Конорев Д.В., Щербаков Е.Д., Васильев А.С. Расход энергии на вспомогательные системы в электро-мобиле / Под общей редакцией О.М. Костинова, А.В. Божко // Тенденции развития технических средств и технологий в АПК: Материалы международной научно-практической конференции. – Воронеж. - 2021. – С. 38-42.
20. Васильев В.Ю., Сопов А.Г. Влияние скоростного режима движения на расход энергии батарей электромобиля // Наземные транспортно-технологические комплексы и средства: Материалы Международной научно-технической конференции. – Тюмень. - 2020. – С. 41-44.
21. Горбунова, А.Д. Анализ факторов, влияющих на выбор городского регулярного маршрута для ввода электробуса // Вестник гражданских инженеров. – 2021. – №4 (87). – С. 127-134.
22. Лялькина, Г.Б. Математическая обработка результатов эксперимента: учеб. пособие – Пермь: Перм. нац. исслед. политехн. ун-т, 2013. – 78 с.

Беляев Дмитрий Сергеевич

Пермский национальный исследовательский политехнический университет
Адрес: Россия, 614990, г. Пермь, Комсомольский проспект, 29
Старший преподаватель кафедры «Автомобили и технологические машины»
E-mail: dmitry.belyaev@audi-perm.ru

Генсон Евгений Михайлович

Пермский национальный исследовательский политехнический университет
Адрес: Россия, 614990, г. Пермь, Комсомольский проспект, 29
К.т.н., доцент, и.о. заведующего кафедрой «Автомобили и технологические машины»
E-mail: genson@pstu.ru

Лобов Николай Владимирович

Пермский национальный исследовательский политехнический университет
Адрес: Россия, 614990, г. Пермь, Комсомольский проспект, 29
Д.т.н., доцент, проректор по учебной работе
E-mail: lobov@pstu.ru

D.S. BELYAEV, E.M. GENSON, N.V. LOBOV

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF EXTERNAL FACTORS ON THE POWER CONSUMPTION OF A CAR WITH AN ELECTRIC POWER

Abstract. The article is devoted to the problems of operation of cars with an electric power plant in country mode. In the course of the work, Russian and foreign literary sources were analyzed and a list of factors that have a significant impact on the consumption of electricity during the operation of an electric vehicle was established: average speed; level of energy recovery; technical condition of systems and equipment of the car; ambient temperature. It has been established that the average speed of movement and the operation of the «climate control» system, which directly de-

depends on the ambient temperature, have the greatest impact on energy consumption in the country mode of operation. The experiment was planned and the methodology of its implementation was determined.

Keywords: *electric vehicle, power consumption, average speed, climate control*

BIBLIOGRAPHY

1. O vvedenii v deystvie metodicheskikh rekomendatsiy «Normy raskhoda topliv i smazochnykh materialov na avtomobil'nom transporte»: Rasporyazhenie Mintransa Rossii ot 14.03.2008 № AM-23-r (red. ot 20.09.2018).
2. Avtomobil'nye transportnye sredstva / D.P. Velikanov, V.I. Bernatskiy, B.N. Nifontov, I.P. Plekhanov. - M.: Transport, 1977. - 326 s.
3. Zakharov D.A. Vliyanie zimnikh usloviy ekspluatatsii avtomobiley na toplivnyuyu ekonomichnost' dvigateley: Dis. ... kand. tekhn. nauk / Tyumen', 2000. - 165 s.
4. Evtin P.V. Sbezhenie topliva pri ekspluatatsii avtomobiley v temperaturnykh usloviyakh severa i Sibiri: Dis. ... kand. tekhn. nauk / Tyumen', 2000. - 125 s.
5. Kuz'min, N.A. Problema normirovaniya raskhodov avtomobil'nykh topliv i smazochnykh materialov v RF // Avtotransportnoe predpriyatie. - 2010. - №8. - S. 20-22.
6. Karnaukhova, I.V. Sistema korrektsirovaniya zimnikh norm raskhoda topliva // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. - 2014. - №5. - S. 165-171.
7. Zakharov D.A., Kozlov P.A., Reznik L.G. Differentsiruemoe normirovanie raskhoda topliva avtomobilem-refrizheratorom pri rabote na razvozhnykh marshrutakh // Nauchno-tekhnicheskii vestnik Povolzh'ya. - 2014. - №3. - S. 119-122.
9. Borisov G.V., Leliovskiy K.Ya., Pachurin G.V. K voprosu o normirovanii raskhoda zhidkikh topliv na avtomobil'nom transporte // Avtotransportnoe predpriyatie. - 2015. - №2. - S. 51-55
10. Belyaev D.S., Genson E.M. Opredelenie raskhoda elektroenergii pri ekspluatatsii elektromobiley v zago-rodnom rezhime // Transport. Transportnye sooruzheniya. Ekologiya. - 2022. - №1. - S. 5-11.
11. Tarasik, V.P. Teoriya dvizheniya avtomobilya: uchebnik dlya vuzov - Sankt-Peterburg: BHV-Peterburg, 2006. - 478 s.
12. Vakhrushev M.A., Genson E.M. Analiz osobennostey ekspluatatsii elektrobusov i gruzovykh avtomobiley s elektricheskoy silovoy ustanovkoy // Tekhniko-tekhnologicheskie problemy servisa. - 2021. - №4(58). - S. 38-42.
13. Kolpakov A.Yu., Galinger A.A. Ekonomicheskaya effektivnost' rasprostraneniya elektromobiley i vozobnovlyаемых источников энергии в России // Vestnik Rossiyskoy akademii nauk. - 2020. - T. 90. - №2. - S. 128-139.
14. Badin, F., Le Berr, F., Briki, H., Dabadie, J.C., Petit, M., Magand, S. and Condemine, E., (2013). Evaluation of EVs energy consumption influencing factors, driving conditions, auxiliaries use, driver's aggressiveness. 2013 World Electric Vehicle Symposium and Exhibition (EVS27). Barcelona, Spain. 17-20.11.2013, IEEE. p. 1-12. [Retrieved: 6.3.2017]. ISBN (electronic): 978-1-4799-3832-2. DOI: 10.1109/EVS.2013.6914723.
15. Delos Reyes, J. R. M., Parsons, R.V. and Hoemsen, R., (2016). Winter Happens: The Effect of Ambient Temperature on the Travel Range of Electric Vehicles. IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol: 65, Iss: 6, p. 4016-4022. [Retrieved: 4.5.2017]. ISSN: 1939-9359. DOI: 10.1109/TVT.2016.2544178.
16. Laitinen, H. Improving electric vehicle energy efficiency with two-speed gearbox: abstract of thesis ... for the degree of master of science in technology / H. Laitinen. - Espoo, 2017. - 59 p.
17. Larminie, J. and Lowry, J. (2012) Electric Vehicle Technology Explained, Electric Vehicle Technology Ex-plained. <https://doi.org/10.1002/9781118361146>
18. Genson, E.M. Povyshenie effektivnosti perevozki tverdykh kommunal'nykh otkhodov putem uluchshe-niya toplivnoy ekonomichnosti spetsial'nykh avtomobiley v tekhnologicheskoy rezhime ekspluatatsii: Avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.22.10 / genson E.M. - Orel, 2017. - 20 s.
19. Konorev D.V., Shcherbakov E.D., Vasil'ev A.S. Raskhod energii na vspomogatel'nye sistemy v elek-tromobile / Pod obshchey redaktsiei O.M. Kostikova, A.V. Bozhko // Tendentsii razvitiya tekhnicheskikh sredstv i tekhnologii v APK: Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Voronezh. - 2021. - S. 38-42.
20. Vasil'e V.Yu., Sopov A.G. Vliyanie skorostnogo rezhima dvizheniya na raskhod energii batarey elektromobilya // Nazemnye transportno-tekhnologicheskie komplekсы i sredstva: Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. - Tyumen'. - 2020. - S. 41-44.
21. Gorbunova, A.D. Analiz faktorov, vliyayushchikh na vybor gorodskogo regul'yarnogo marshruta dlya vvo-da elektrobusa // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. - 2021. - №4 (87). - S. 127-134.
22. Lyal'kina, G.B. Matematicheskaya obrabotka rezul'tatov eksperimenta: ucheb. posobie - Perm': Perm. nats. issled. politekhn. un-t, 2013. - 78 s.

Belyaev Dmitry Sergeevich

Perm National Research Polytechnic University
Address: Russia, 614990, Perm, Komsomolsky Prospekt, 29
Senior lecturer
E-mail: dmitry.belyaev@audi-perm.ru

Lobov Nikolay Vladimirovich

Perm National Research Polytechnic University
Address: Russia, 614990, Perm, Komsomolsky Prospekt, 29
Doctor of technical sciences
E-mail: lobov@pstu.ru

Genson Evgeny Mikhailovich

Perm National Research Polytechnic University
Address: Russia, 614990, Perm, Komsomolsky Prospekt, 29
Candidate of technical sciences
E-mail: genson@pstu.ru

Научная статья

УДК 629.35

doi:10.33979/2073-7432-2022-2(78)-3-10-18

И.В. МАКАРОВА, Э.А. АВХАДЕЕВА, П.А. БУЙВОЛ

ОЦЕНКА РЕМОНТОПРИГОДНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

***Аннотация.** Разработан алгоритм оценки ремонтпригодности с последующей проверкой скорректированного процесса в сервисных центрах. В качестве примера был смоделирован технический процесс разборки электронного модуля замка зажигания, оценена ремонтпригодность компонентов и предложены корректирующие действия.*

***Ключевые слова:** ремонтпригодность, моделирование, автомобиль*

Введение

С каждым днем конструкция современных автомобилей меняется в силу разных причин: на рынке большее предпочтение отдается более комфортным, безопасным и экологически чистым автомобилям. Ожидается, что в ближайшем будущем к уже ставшим привычным транспортным средствам на альтернативных источниках энергии (газовом топливе, электричестве) на дорогах общего пользования присоединятся подключенные автомобили. Конкуренция на рынке стимулирует автопроизводителей не только к быстрому обновлению модельного ряда, но и к повышению надежности автомобилей. Одним из показателей надежности является ремонтпригодность, определяющая технологию ремонта. Опросы клиентов показывают, что ремонтпригодность наряду с затратами на покупку на покупку являются решающими факторами при выборе того или иного автомобиля.

Под ремонтпригодностью понимают «меру способности элемента быть сохраненным или восстановленным в определенных условиях, когда техническое обслуживание выполняется персоналом, имеющим определенный уровень квалификации, с использованием предписанных процедур и ресурсов на каждом предписанном уровне обслуживания и ремонта» [1]. Ремонтпригодность изделия должна обеспечиваться свойствами его конструкции на этапе проектирования [2]. Она позволяет осуществлять технологические операции по техническому обслуживанию и ремонту (ТОиР) быстро и безопасно, тем самым снизив затраты времени, труда и средств, и повысив на этой основе эффективность их использования в процессе эксплуатации [3]. Низкая ремонтпригодность конструкции приводит к частой замене компонентов и длительному простоею продукции.

Для того, чтобы можно было при выводе на рынки принципиально новых транспортных средств обеспечить их бесперебойную эксплуатацию, необходимо еще на этапе проектирования проверить операции по замене и ремонту различных узлов автомобиля на ремонтпригодность.

Материал и методы

Методы оценки ремонтпригодности автомобилей

Обеспечение ремонтпригодности на этапе проектирования

Для того, чтобы обеспечить требуемый уровень ремонтпригодности, конструкцию автомобиля подвергают испытаниям на этапе проектирования. Проверка ремонтпригодности продукта включает:

- сокращение частоты выполнения операций ТОиР (достигается повышением долговечности, безотказности и сохраняемости деталей комплектующих);
- рост технологичности изделий с точки зрения процесса ТОиР (обеспечивается повышением доступности, легкосъемности, монтажепригодности, унификации и стандартизации сборочных единиц и деталей);

- снижение квалификационных требований, предъявляемых персоналу (достигается автоматизацией и механизацией работ, повышением ясности, удобства выполнения операций, ростом качества и снижением объема ремонтной документации).

Таким образом, ремонтпригодность, которая является конструктивным атрибутом автомобиля, играет решающую роль в ТОиР [4]. Авторы исследования [5] представили методологию для определения детерминированного индекса ремонтпригодности на основе критериев сборки для модуля стеклоподъемника автомобиля, которая включала измерение эффективности технического обслуживания с учетом разного типа крепежных элементов с использованием орграфа разборки.

Аспекты разборки автомобильных систем для технического обслуживания обсуждались в работе [6], в которой авторы разработали для него структуру, учитывающую аспекты дизайна, а также контекстные факторы производственно-технического помещения. Моделируемые ошибки технического обслуживания и их взаимосвязи для оценки отказов, отраженные в нечеткой когнитивной карте, могут быть полезны при ранжировании ошибок на основе серьезности последствий отказов. Используя эту методологию, можно создать базу знаний для оценки различных конструкций автомобильной системы и условий ее обслуживания, что незаменимо для безаварийного проектирования автомобильных систем.

В настоящее время проектировщики проверяют ремонтпригодность на ранних стадиях проектирования, проводя виртуальное моделирование ТОиР на цифровых макетах для проверки результатов проектирования и производства [7]. Однако применяемые при этом функции программного обеспечения управления жизненным циклом продукта слишком просты, чтобы удовлетворить требования проектирования.

В настоящее время для так называемого иммерсивного моделирования процесса ТОиР продуктов на ранней стадии проектирования без физического прототипа активно используется виртуальная реальность. Она позволяет дизайнерам погрузиться в виртуальную среду, чтобы лучше понять продукт и оценить его ремонтпригодность. Кроме того некоторые среды виртуальной реальности также собирают интерактивные данные, связанные с процессами ТОиР, которые в дальнейшем используются встроенными алгоритмами для обеспечения количественной и качественной оценки процессов [8]. В работе [9] описывается систематическая процедура разработки виртуального прототипа из моделей CAD. Было проведено пользовательское исследование, участникам которого были поставлены определенные задачи, которые необходимо выполнить на виртуальном прототипе и физическом прототипе автомобиля. Для записи отзывов пользователей была использована модифицированная анкета присутствия. Однако, несмотря на достижения, достигнутые в области виртуальной реальности, это все еще развивающаяся технология, которой не хватает глубокого изучения и развития в сценариях промышленного применения, особенно в предстоящей четвертой промышленной революции (Индустрия 4.0) [10]. Также в работе [11] отмечено, что этот подход требует значительного времени и специальных знаний. Авторы предлагают гибридный метод оценки ремонтпригодности, основанный на виртуальной реальности и нечеткой комплексной оценке. Сначала создается система оценочных индексов для запуска проектных требований. Далее на основе разработанного метода, основанного на виртуальной реальности, имитируется процесс ремонта в виртуальной среде. Ими также была разработана платформа мониторинга моделирования, чтобы помочь дизайнерам оценить ремонтпригодность и принимать решения.

В работе [12] описывается методология оценки ремонтпригодности, основанная на демонстрации задачи обслуживания, которая проводится на цифровом макете продуктов. Однако, модель процесса обслуживания разработана на основе стохастических цветных сетей Петри, поскольку, как поясняют авторы, существующие подходы к оценке ремонтпригодности пренебрегают логистическим влиянием на ремонтпригодность системы используются для выражения составляющих процесса обслуживания. В качестве примера для иллюстрации применения и эффективности предложенных подходов используется техническое обслуживание системы рулевого управления колесами.

Помимо строгих методов оценки ремонтпригодности технологических систем авторы работы [13] показали, что опыт водителей и автомехаников различных марок автомобилей также может обеспечивать приемлемый качественный подход к принятию критических решений. На основе разработанных структурированных вопросников была произведена оценка ремонтпригодности системы рулевого управления автомобиля. Оценена зависимость продолжительности ремонта с использованием дисперсионного анализа, выявлено, что ремонтпригодность одной и той же системы рулевого управления зависит от типа используемой подвески.

Роль эргономического анализа при организации технологических процессов

Как было указано ранее одним из показателей ремонтпригодности является повышение доступности и легкосъемности узлов конструкции автомобиля, что непосредственным образом связано с эргономическим анализом процесса. Более того реализация и повышение принципов эргономики, положительным образом сказываясь на состоянии исполнителей, способствует росту эффективности технологических процессов [14]. В исследовании [15] оценивается эффективность эргономических вмешательств, включая инженерные / технические и организационные вмешательства, а также вовлечение заинтересованных сторон в снижение факторов / симптомов скелетно-мышечного риска. Это исследование показало, что сочетание эргономических мер - инженерных и организационных вмешательств - может снизить физическую нагрузку. Целью исследования [16] является выявление преимуществ эргономических улучшений на рабочих станциях и в плановых поставках деталей на автомобильной сборочной линии. Другая цель состоит в том, чтобы проверить, в какой степени возможно создать конкурентные преимущества в области производства при сокращении времени сборки автомобилей, используя технологические инвестиции в эргономику с выгодой для работника и компании.

В документе [17] предложен метод моделирования процесса виртуального обслуживания для качественной и количественной оценки эргономики в виртуальной среде. принимая во внимание потребности валидации процесса и имитационного анализа, которые являются двумя аспектами работ по техническому обслуживанию, устанавливает модель трехуровневой декомпозиции рабочего элемента «задачи технического обслуживания - типичная операция - типовое действие» и дает определение информации и методов организации различных элементов. Во-вторых, установлен процесс оценки эффективности виртуального обслуживания на основе типичных рабочих элементов. Эффективность предложенного способа проверена на примере технического обслуживания шин шасси летательного аппарата.

На сегодняшний день анализ и моделирование эргономических процессов является наиболее распространенным методом исследований, позволяющим определить оптимальные параметры технологических процессов, которые способны обеспечить комфортную и безопасную рабочую среду.

Методика оценки ремонтпригодности на этапе эксплуатации

Организация обратной связи с производителем

Поскольку автопроизводитель отвечает за весь жизненный цикл своих изделий, то создается система фирменного сервиса, в рамках которой существует дилерско-сервисная сеть, где непосредственно организуются процессы поддержания работоспособности [18-21]. Современные программные средства позволяют оценить свойство ремонтпригодности на этапе проектирования. Однако, на этапе эксплуатации могут возникнуть нюансы, которые не были учтены при проектировании, особенно для новых и модернизированных моделей. Так, могут выявиться проблемы, связанные с неоптимальностью организации технологических процессов ремонта либо с их травмоопасностью. Все вышеизложенное свидетельствует о необходимости обратной связи с производителем, который имеет эффективные инструменты проверки и корректировки процессов. На рисунке 1 представлен сервисный план для нового модельного ряда автомобильной техники.

Оценка технологического процесса

Инструменты моделирования и виртуальной реальности приобретают все большее значение не только на этапе проектирования [22], но также при производстве и эксплуатации [23]. Они существенно упрощают и ускоряют процесс принятия решений, успешно применяются для оценки влияния внешних и внутренних изменений и позволяют своевременно реагировать на критические ситуации при выполнении технического обслуживания и ремонта, а также анализировать состояния функциональных систем человека и воздействия на них.

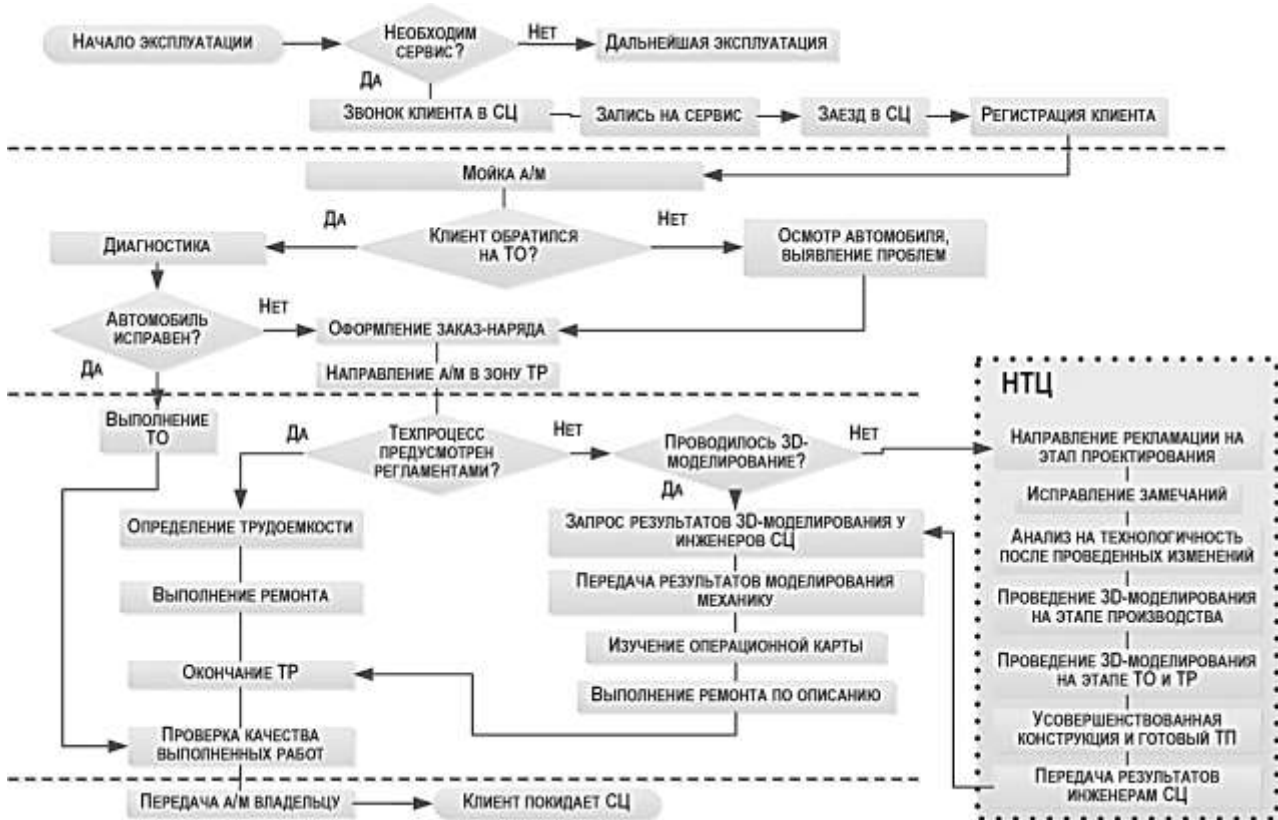


Рисунок 1 – Сервисный план для нового модельного ряда

На рисунке 2 представлен алгоритм технологического процесса оценки ремонтпригодности, который включает последовательность действий конструкторов и технологов и затем проверку откорректированного процесса в сервисном центре. Проверке на технологичность предшествует сбор данных: чертежи, 3D-модели установок, оборудования, рабочего места. Затем технологический процесс формируется в PLM системе, осуществляется его визуальное представление. После чего следуют проверки на собираемость и технологичность. В случае выявления коллизий они устраняются. И наконец, проверяется доступ инструмента к узлам. На последнем шаге технологический процесс проверяется на эргономичность с учетом антропологических параметров реальных работников.

Применение современных методов и методик позволяют выполнить не только оценку технологичности конструкции, но и усовершенствовать технологические процессы с учетом ремонтпригодности изделия и выявленных проблем. Тем самым не только повысится эффективность сервиса, но и снизится травмоопасность работ.

Обеспечение эргономичности ремонтных процессов

Анализ статистики производственных травм и профессиональных заболеваний указывает на то, что при организации ремонтных работ особое внимание следует уделять вопросам охраны труда и создания безопасной рабочей среды. Особенностью технологических процессов, выполняемых при техническом обслуживании и текущем ремонте автомобиля является то, что многие из них выполняются в неудобных позах, ввиду чего сопровождаются перегрузками и быстрой утомляемостью работников, что может привести к производственным травмам. Поэтому подбор соответствующего оборудования и учет эргономических парамет-

ров при проектировании технологических процессов являются гарантией безопасного труда в сервисном центре.

В рамках развития социальной устойчивости эффективными инструментами для проверки технологического процесса являются моделирование и виртуальная реальность, которые помимо всего прочего позволяют учесть эргономические аспекты [24]. Таким образом, можно обеспечить безопасность труда рабочих, снизить или полностью исключить травматизм на рабочем месте, подобрав оптимальные параметры работы оборудования.

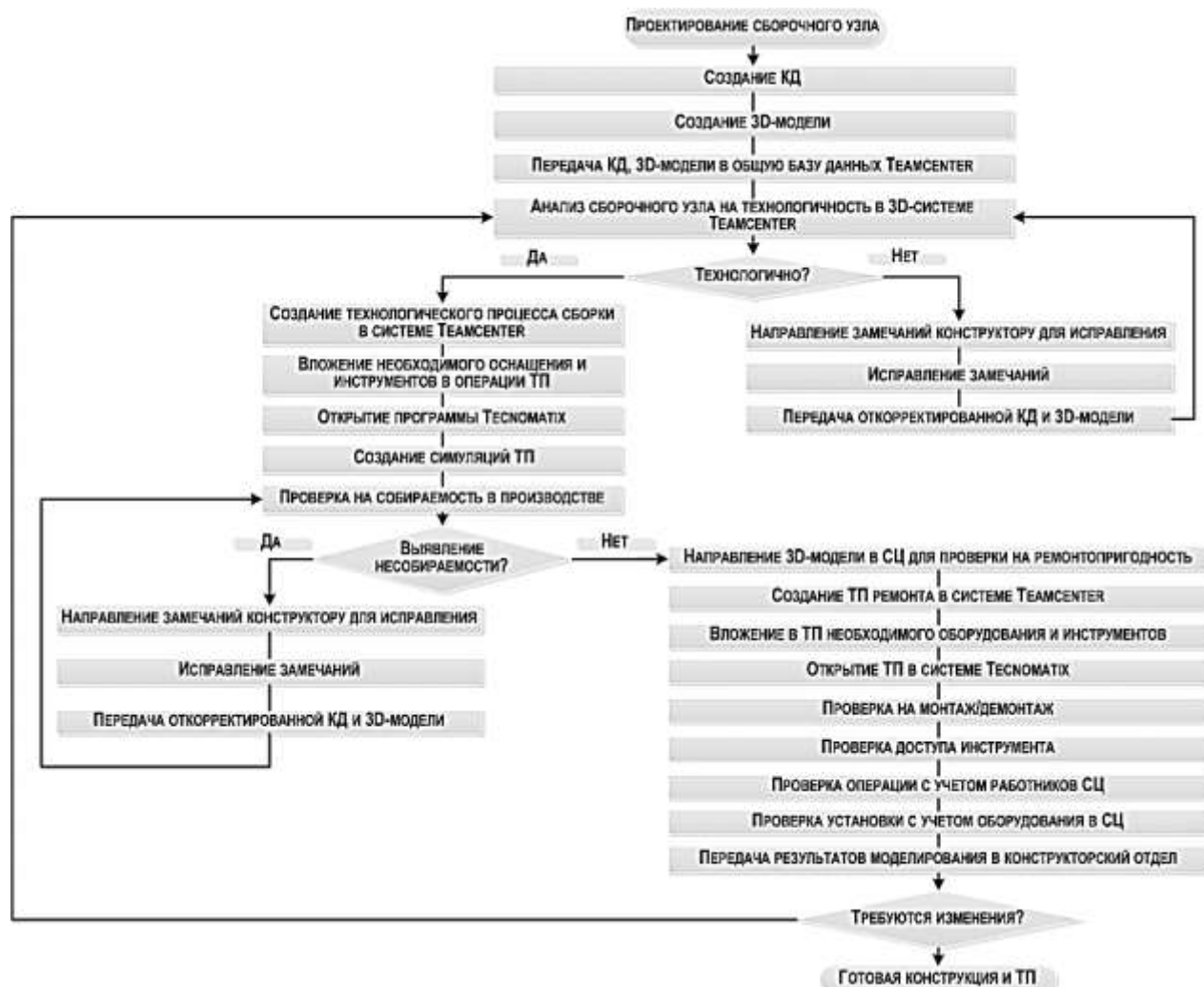


Рисунок 2 – Алгоритм технологического процесса оценки ремонтпригодности

Расчет

Моделирование технологического процесса демонтажа модуля электронного замка зажигания

В качестве объекта исследования был выбран процесс демонтажа модуля электронного замка зажигания (рис. 3).

При выполнении моделирования процесса демонтажа было выявлено, что для обеспечения доступа к одной из трех точек крепления облицовочной панели управления необходимо выполнить 10 лишних операций, такие как:

- 1) демонтаж центральной панели управления;
- 2) открепить направляющие фиксаторы верхнего ящика консоли;
- 3) снять с направляющих верхний ящик консоли;
- 4) открепить направляющие фиксаторы нижнего ящика консоли;
- 5) снять с направляющих нижний ящик консоли;
- 6) раскрутить винты каркаса консоли;
- 7) снять каркас консоли с усилителем;

- 8) раскрутить винты левой панели облицовочной консоли;
- 9) снять панель левой облицовочной консоли;
- 10) раскрутить винты нижней облицовочной панели управления.



Рисунок 3 – Визуализация модуля электронного замка зажигания

Данные операции увеличивают время работы слесаря и являются трудоемкими.

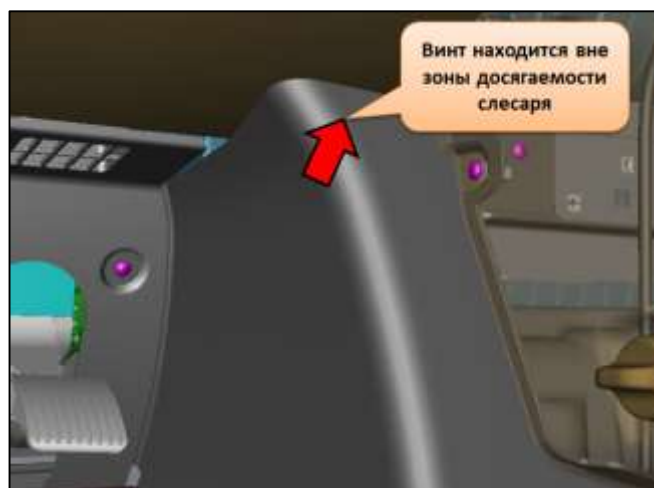


Рисунок 4 – Оценка ремонтпригодности до модернизации: доступ для снятия модуля электронного замка зажигания отсутствует

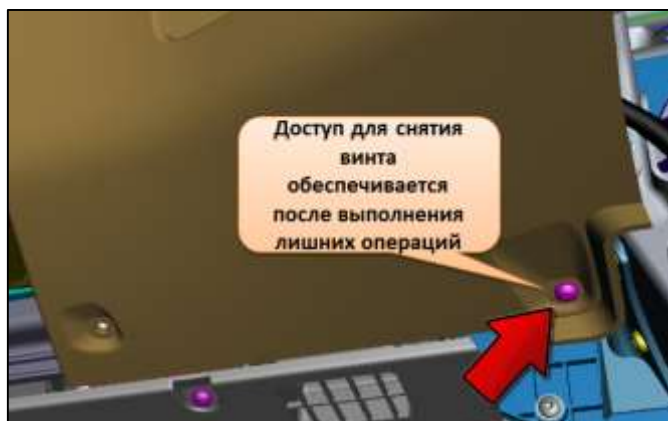


Рисунок 5 – Оценка ремонтпригодности после модернизации: доступ имеется после снятия других смежных деталей

Для обеспечения доступа демонтажа было предложено сместить отверстие для крепления винта, чтоб исключить количество операций по демонтажу других смежных деталей. Таким образом, исключив данное замечание еще на этапе проектирования изделий, мы исключим затраты на выполнение лишних операций уже на этапе эксплуатации.

Результаты и обсуждение

Усложняющаяся конструкция современных автомобилей влияет также на технологические процессы сборки, ремонта и технического обслуживания. При оценке ремонтпригодности автомобильной техники могут возникнуть нюансы на этапе эксплуатации, которые не были учтены при проектировании, особенно для новых и модернизированных моделей. Так, могут выявиться проблемы, связанные с неоптимальностью организации технологических процессов ремонта либо с их травмоопасностью. Поэтому необходимо наладить обратную связь с производителем, который имеет эффективные инструменты проверки и корректировки процессов.

Выводы

Разработан алгоритм технологического процесса оценки ремонтпригодности, который включает последовательность действий конструкторов и технологов и затем проверку откорректированного процесса в сервисном центре. Проведено моделирование технологического процесса демонтажа модуля электронного замка зажигания, проведена оценка ремонтпригодности элемента, предложены корректирующие мероприятия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. MIL-STD-721C Definitions of Terms for Reliability and maintainability. Department of Defense, Washington. – 1981.
2. Garg H.A., Sharma S.P. Two-phase approach for reliability and maintainability analysis of an industrial system // International journal of reliability, quality and safety engineering. – 2012. – Т. 19(03). – 1250013.
3. ГОСТ 23660-79 Система технического обслуживания и ремонта техники. Обеспечение ремонтпригодности при разработке изделий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200010712>
4. James, A.T. Reliability, availability and maintainability aspects of automobiles [Электронный ресурс] // Life Cycle Reliab Saf Eng. – 2020. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1007/s41872-020-00130-3>.
5. Abdullah A.B., Yusoff M.S., Wahab K.A., Ripin Z.M. Determination of maintainability index based on assembly criteria // Journal of applied sciences. – 2006. – Т. 6(12). – С. 2586-2592.
6. James A.T., Gandhi O.P., Deshmukh S.G. Assessment of failures in automobiles due to maintenance errors // Int J Syst Assur Eng Manag. – 2017. – Т. 8. – С. 719–739.
7. Song I.-H., Chung S.-C. Synthesis of the digital mock-up system for heterogeneous CAD assembly // Computers in industry. – 2009. – Т. 60(5). – С. 285-295.
8. Guo Z., Zhou D., Chen J., Geng J., Lv C., Zeng S. Using virtual reality to support the product's maintainability design: Immersive maintainability verification and evaluation system // Computers in Industry. – 2018. – Т. 101. – С. 41-50.
9. Abidi M.H., Al-Ahmari A.M., El-Tamimi A.M., Darwish S., Ahmad A. Development and evaluation of the virtual prototype of the first saudi arabian-designed car // Computers. – 2016. – Т. 5. – 26.
10. Guo Z., Zhou D., Zhou Q., Zhang X., Geng J., Zeng S., Lv C., Hao A. Applications of virtual reality in maintenance during the industrial product lifecycle: a systematic review // Journal of manufacturing systems. – 2020. – Т. 56. – С. 525-538.
11. Guo Z.A., Zhou D., Zhou Q., Mei S., Zeng S., Yu D., Chen J. Hybrid method for evaluation of maintainability towards a design process using virtual reality // Computers & Industrial engineering. – 2020. – Т. 140. – 106227.
12. Lu Z., Liu J., Dong L., Liang X. Maintenance process simulation based maintainability evaluation by using stochastic colored petri net // Applied Sciences. – 2019. – Т. 9 (16). – 3262.
13. Onawumi A., Udo M., Awoyemi E., Okokpue I.P. Alternate maintainability evaluation technique for steering system of used automobiles // IOP Conf Series Mater Sci Eng. – 2018. – Т. 413. – 012062.
14. Marin A.G., Shourijeh M. S., Galibarov P. E., Damsgaard M., Fritzsche L., Stulp F. Optimizing Contextual Ergonomics Models in Human-Robot Interaction / A. G. Marin, // 2018 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), Madrid. – 2018. – С. 1-9.
15. Zare M., Black N., Sagot J.-C., Hunault G., Roquelaure Y. Ergonomics interventions to reduce musculoskeletal risk factors in a truck manufacturing plant // International Journal of Industrial Ergonomics. – 2020. – Т. 75. – 102896.
16. Baraldi E.C., Kaminski P.C. Ergonomic planned supply in an automotive assembly line // Human factors and ergonomics in manufacturing & service industries. – 2011. – Т.21 (1). – С. 104-119.

17. Jiazhen P., Na L., Xiaohui H. The virtual maintenance process modeling method for performance assessment // 2017 8th IEEE International Conference on software engineering and service science (ICSESS), Beijing. – 2017. – С. 541-545.
18. Makarova I., Khabibullin R., Buyvol P., Moukhametdinova L. System approach at risk management of the autoservice enterprise // Transport Problems. – 2013. – Т. 8(4). – С. 5-16.
19. Макарова И.В., Хабибуллин Р.Г., Беляев А.И., Беляев Э.И., Буйвол П.А. Применение современных методов моделирования и управления для повышения эффективности системы фирменного сервиса автомобилей // Вестник Ижевского государственного технического университета. – 2011. – Т. 1(49). – С. 118-121.
20. Shubenkova K., Buyvol P., Makarova I., Gabsalikhova L. Ways to improve the efficiency of the truck's branded service system // VEHITS 2020 - Proceedings of the 6th International conference on vehicle technology and intelligent transport systems. – 2020. – Т. 6. – С. 673-680.
21. Buyvol P., Makarova I., Boyko A. Improving the sustainability of modern truck service networks // Lecture Notes in Networks and Systems. – 2022. – Т. 410. – С. 279-288.
22. Makarova I., Khabibullin R., Belyaev E., Mavrin V., Verkin E. Creating a safe working environment via analyzing the ergonomic parameters of workplaces on an assembly conveyor // Proceedings of 215 International Conference on Industrial Engineering and Systems Management, Seville. – 2016. – С. 947-954.
23. Shubenkova K., Valiev A., Mukhametdinov E., Shepelev V., Tsiulin S., Reinau K.H. Possibility of digital twins technology for improving efficiency of the branded service system // Proceedings - 2018 Global Smart Industry Conference, Chelyabinsk, Russia. – 2018. – С. 1-7.
24. Peruzzinia M., Grandia F., Pellicciaria M., Campanella C. Virtual maintenance simulation for socially sustainable serviceability // Procedia Manufacturing. – 2017. – Т. 11. – С. 1413-1420.

Макарова Ирина Викторовна

Набережночелнинский институт Казанского федерального университета
Адрес: Россия, 423812, г. Набережные Челны, пр. Сююмбике, 10а
Д.т.н., профессор, зав. кафедрой сервиса транспортных систем
E-mail: kamlVM@mail.ru, IrVMakarova@kpfu.ru

Авхадеева Эндже Айдаровна

Набережночелнинский институт Казанского федерального университета
Адрес: Россия, 423812, г. Набережные Челны, пр. Сююмбике, 10а
Магистрант кафедры сервиса транспортных систем
E-mail: endzhe025@mail.ru, eaavkhadeeva@stud.kpfu.ru

Буйвол Полина Александровна

Набережночелнинский институт Казанского федерального университета
Адрес: Россия, 423812, г. Набережные Челны, пр. Сююмбике, 10а
К.т.н., доцент, доцент кафедры сервиса транспортных систем
E-mail: skyeyes@mail.ru, PABujvol@kpfu.ru

I.V. MAKAROVA, E.A. AVKHADEEVA, P.A. BUYVOL

ASSESSMENT OF VEHICLES' REPAIRABILITY AT THE DESIGN STAGE

Abstract. *An algorithm for assessing maintainability was developed, followed by verification of the adjusted process in service centers. As an example, the technical process of disassembling the electronic module of the ignition switch was simulated, the maintainability of the components was assessed, and corrective actions were proposed.*

Keywords: *repairability, simulation, vehicle.*

BIBLIOGRAPHY

1. MIL-STD-721C Definitions of terms for reliability and maintainability. Department of Defense, Washington. - 1981.
2. Garg H.A., Sharma S.P. Two-phase approach for reliability and maintainability analysis of an industrial system // International journal of reliability, quality and safety engineering. - 2012. - Т. 19(03). - 1250013.
3. GOST 23660-79 Sistema tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta tekhniki. Obespechenie remonto-prigodnosti pri razrabotke izdeliy [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <http://docs.cntd.ru/document/1200010712>
4. James, A.T. Reliability, availability and maintainability aspects of automobiles [Elektronnyy resurs] // Life Cycle Reliab Saf Eng. - 2020. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1007/s41872-020-00130-3>.
5. Abdullah A.B., Yusoff M.S., Wahab K.A., Ripin Z.M. Determination of maintainability index based on assembly criteria // Journal of applied sciences. - 2006. - Т. 6(12). - С. 2586-2592.
6. James A.T., Gandhi O.P., Deshmukh S.G. Assessment of failures in automobiles due to maintenance errors // Int J Syst Assur Eng Manag. - 2017. - Т. 8. - С. 719-739.

7. Song I.-H., Chung S.-C. Synthesis of the digital mock-up system for heterogeneous CAD assembly // Computers in industry. - 2009. - T. 60(5). - S. 285-295.
8. Guo Z., Zhou D., Chen J., Geng J., Lv C., Zeng S. Using virtual reality to support the product's maintainability design: Immersive maintainability verification and evaluation system // Computers in Industry. - 2018. - T. 101. - S. 41-50.
9. Abidi M.H., Al-Ahmari A.M., El-Tamimi A.M., Darwish S., Ahmad A. Development and evaluation of the virtual prototype of the first saudi arabian-designed car // Computers. - 2016. - T. 5. - 26.
10. Guo Z., Zhou D., Zhou Q., Zhang X., Geng J., Zeng S., Lv C., Hao A. Applications of virtual reality in maintenance during the industrial product lifecycle: a systematic review // Journal of manufacturing systems. - 2020. - T. 56. - S. 525-538.
11. Guo Z.A., Zhou D., Zhou Q., Mei S., Zeng S., Yu D., Chen J. Hybrid method for evaluation of maintainability towards a design process using virtual reality // Computers & Industrial engineering. - 2020. - T. 140. - 106227.
12. Lu Z., Liu J., Dong L., Liang X. Maintenance process simulation based maintainability evaluation by using stochastic colored petri net // Applied Sciences. - 2019. - T. 9 (16). - 3262.
13. Onawumi A., Udo M., Awoyemi E., Okokpue I.P. Alternate maintainability evaluation technique for steering system of used automobiles // IOP Conf Series Mater Sci Eng. - 2018. - T. 413. - 012062.
14. Marin A.G., Shourijeh M. S., Galibarov P. E., Damsgaard M., Fritzsche L., Stulp F. Optimizing Contextual Ergonomics Models in Human-Robot Interaction / A. G. Marin, // 2018 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), Madrid. - 2018. - S. 1-9.
15. Zare M., Black N., Sagot J.-C., Hunault G., Roquelaure Y. Ergonomics interventions to reduce musculoskeletal risk factors in a truck manufacturing plant // International Journal of Industrial Ergonomics. - 2020. - T. 75. - 102896.
16. Baraldi E.C., Kaminski P.C. Ergonomic planned supply in an automotive assembly line // Human factors and ergonomics in manufacturing & service industries. - 2011. - T. 21 (1). - S. 104-119.
17. Jiazhen P., Na L., Xiaohui H. The virtual maintenance process modeling method for performance assessment // 2017 8th IEEE International Conference on software engineering and service science (ICSESS), Beijing. - 2017. - S. 541-545.
18. Makarova I., Khabibullin R., Buyvol P., Moukhametdinova L. System approach at risk management of the autoservice enterprise // Transport problems. - 2013. - T. 8(4). - S. 5-16.
19. Makarova I.V., Habibullin R.G., Belyaev A.I., Belyaev E.I., Buyvol P.A. Primenenie sovremennykh metodov modelirovaniya i upravleniya dlya povysheniya effektivnosti sistemy firmennogo servisa avtomobiley // Vestnik Izhevskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. - 2011. - T. 1(49). - S. 118-121.
20. Shubenkova K., Buyvol P., Makarova I., Gabsalikhova L. Ways to improve the efficiency of the truck's branded service system // VEHTS 2020 - Proceedings of the 6th International conference on vehicle technology and intelligent transport systems. - 2020. - T. 6. - S. 673-680.
21. Buyvol P., Makarova I., Boyko A. Improving the sustainability of modern truck service networks // Lecture Notes in Networks and Systems. - 2022. - T. 410. - S. 279-288.
22. Makarova I., Khabibullin R., Belyaev E., Mavrin V., Verkin E. Creating a safe working environment via analyzing the ergonomic parameters of workplaces on an assembly conveyor // Proceedings of 215 International Conference on Industrial Engineering and Systems Management, Seville. - 2016. - S. 947-954.
23. Shubenkova K., Valiev A., Mukhametdinov E., Shepelev V., Tsiulin S., Reinau K.H. Possibility of digital twins technology for improving efficiency of the branded service system // Proceedings - 2018 Global Smart Industry Conference, Chelyabinsk, Russia. - 2018. - S. 1-7.
24. Peruzzinia M., Grandia F., Pellicciaria M., Campanella C. Virtual maintenance simulation for socially sustainable serviceability // Procedia Manufacturing. - 2017. - T. 11. - S. 1413-1420.

Makarova Irina Viktorovna

Naberezhnye Chelny Institute of Kazan Federal University
Address: Russia, 423812, Naberezhnye Chelny, Syuyumbike Ave., 10a
Doctor of technical sciences
E-mail: kamlVM@mail.ru, IrVMakarova@kpfu.ru

Avkhadeeva Enje Aidarovna

Naberezhnye Chelny Institute of Kazan Federal University
Address: Russia, 423812, Naberezhnye Chelny, Syuyumbike Ave., 10a
Master student
E-mail: endzhe025@mail.ru, eaavkhadeeva@stud.kpfu.ru

Buyvol Polina Alexandrovna

Naberezhnye Chelny Institute of Kazan Federal University
Address: Russia, 423812, Naberezhnye Chelny, Syuyumbike Ave., 10a
Candidate of technical science
E-mail: skyeyes@mail.ru, PABujvol@kpfu.ru

Научная статья

УДК 629.3

doi:10.33979/2073-7432-2022-2(78)-3-19-25

Б.С. БОРИСОВ, А.В. ЛАУШКИН, А.А. ХАЗИЕВ

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ПРИСАДОК В МОТОРНЫХ МАСЛАХ МЕТОДОМ ИК-ФУРЬЕ

Аннотация. *Описан алгоритм анализа моторных масел ИК-спектрометрией с целью определения химических изменений смазочного материала в процессе эксплуатации. Оцениваются свежее и работавшее моторные масла. В работе изучены изменения основных физико-химических свойств в дополнение к исследованию ИК-спектра. Для изучения ИК-спектра были проанализированы типовые присадки, применяемые в моторных маслах, их структурные формулы и определены типовые волновые числа, на которых происходит поглощение соединениями рассмотренных присадок. Зафиксированы различия на длинах волн, характерных для диалкилдитиофосфата цинка и сделан вывод о причинах уменьшения содержания этой присадки. Выявлена зависимость между интенсивностью поглощения инфракрасного излучения на волновых числах, характерных для диалкилдитиофосфата цинка и снижением общего щелочного числа.*

Ключевые слова: *моторное масло присадки, методы исследования, ИК-спектроскопия.*

Введение

В последнее время участились отказы двигателей автомобилей на гарантийном пробеге из-за резкого ухудшения качества моторного масла. В ряде случаев наблюдается полная потеря ресурса смазочного материала, сопровождающаяся потерей текучести масла.

Материалы и методы

В процессе работы в испытательной лаборатории МАДИ-ХИМ неоднократно возникали вопросы установления причин изменения свойств работавших моторных масел. Классические методы анализа: измерение плотности, кинематической вязкости, щелочного числа, температуры вспышки в открытом тигле свежего и работавшего масел не позволили достоверно определить, какие химические превращения происходят в смазочных материалах. Поэтому дополнительно к измерению физико-химических показателей моторного масла было решено использовать методы аналитической химии, а именно, метод поглощения излучения в инфракрасном спектре с последующим разложением в ряд Фурье.

Фурье-спектроскопия является одним из методов оптической спектроскопии и отличается от классического метода отсутствием диспергирующего элемента. Получение спектра происходит в два этапа: сначала регистрируется интерферограмма поглощения исследуемого излучения, затем путем ее Фурье-преобразования вычисляется спектр [1]. Пример наложения спектров свежего и работавшего моторных масел представлен на рисунке 1.

Теория / расчет

В процессе выполнения работы был собран каталог ИК-спектров различных моторных масел. С помощью входящего в комплект ИК-спектрометра программного обеспечения спектры накладывались друг на друга и определялись пики поглощения масел на одинаковых и различных волновых числах.

Анализ ИК-спектров проводился для:

- свежих масел различных марок;
- свежих и работавших масел одной марки.

Различие пиков поглощения для различных марок моторных масел позволяет судить о различных компонентах, входящих в их состав. Увеличение интенсивности поглощения для конкретных волновых чисел в работавшем масле, показывает накопление определенных соединений. При анализе спектров масел выяснилось, что поиск веществ и соединений по пикам является весьма трудоемким и малоэффективным процессом. В открытых источниках программ, позволяющих в автоматическом режиме выявлять в масле конкретные вещества и соединения, найдено не было.

Для анализа изменения содержания присадочного комплекса были рассмотрены структурные формулы диалкилдитиофосфата цинка (рис. 2) и сульфоната кальция (рис. 3) [4]. Указанные соединения вносят наибольший вклад в основной параметр масла – «общее щелочное число».

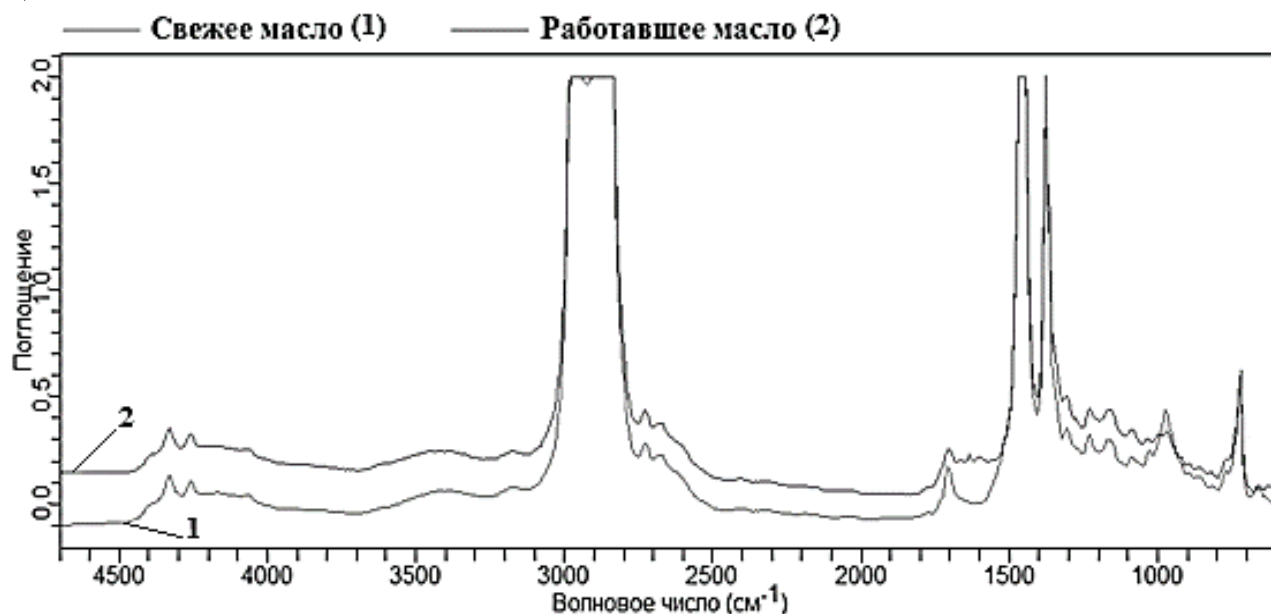


Рисунок 1 – ИК-спектр свежего и работавшего моторных масел Motul Tekma Mega X 10W-40

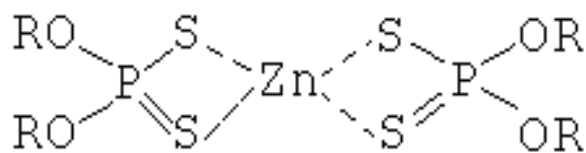


Рисунок 2 – Структурная формула диалкилдитиофосфата цинка

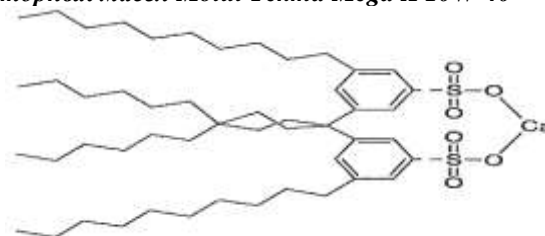


Рисунок 3 – Структурная формула сульфоната кальция

Диалкилдитиофосфат цинка используется в моторных маслах в качестве противоизносной присадки. При высоких нагрузках между двумя металлическими поверхностями образуется фосфатная пленка, предотвращающая износ деталей двигателя. При этом получается другое химическое соединение цинка и анализ его содержания, как активного элемента не показывает значительного изменения. ИК-спектр позволяет выявить изменение молярной концентрации соединений, характерных для этой присадки (табл. 1).

Таблица 1 – Оценка содержания соединений, характерных для диалкилдитиофосфата цинка методом ИК-Фурье

Соединение	Волновые числа, см ⁻¹	Поглощение (свежее масло), Абс/0,1мм	Поглощение (работавшее масло), Абс/0,1мм
1	2	3	4
-CH ₃	2963	2	2
	2873	2	2
	1453	2	2
	1378	2	2
-CH ₂	2928	2	2
	2858	2	2
	1460	2	2

Окончание таблицы 1

1	2	3	4
P-O-R	1020	0,2268	0,1652
-O-C-	1387 1134	0,8680 0,2026	0,8487 0,2334
PO ₃ ²⁻	1000	0,2872	0,2071
PO ₄ ³⁻	1050	0,1750	0,1603
-C-O-C-	1105	0,1786	0,1978

Сравнение ИК-спектров свежих и работавших масел свидетельствует, что интенсивность поглощения ИК-спектра работавшим маслом больше, чем у свежего моторного масла. Это связано с поглощением сажей волн во всём диапазоне ИК-спектра. Таким образом, для корректного сравнения смазочных материалов необходимо привести базовые линии работавшего масла к свежему. Для этого анализируется интенсивность поглощения на волновом числе 2000 см⁻¹ и это значение 0,12 Абс/0,1мм вычитается из всех точек ИК-спектра работавшего масла. Для дальнейшего анализа сравнивается интенсивность поглощения ИК-излучения свежего масла и работавшего масла, приведённого к свежему на величину поглощения сажей.



Соединение С-Н характерно для всех углеводородов. Поскольку основа минеральных и синтетических масел является углеводородной, анализ участка спектра в диапазоне характерных для углеводородов волновых чисел: 1378 см⁻¹, 1453 см⁻¹, 1460 см⁻¹, 2858 см⁻¹, 2873 см⁻¹, 2928 см⁻¹, 2963 см⁻¹ не предоставляет интереса. Анализируя полученные данные видно уменьшение поглощения на волновых числах 1000 см⁻¹, 1020 см⁻¹, 1050 см⁻¹ и 1387 см⁻¹. Это может быть связано с образованием фосфорных плёнок при работе противозадирной присадки и разрушение связей при окислении диалкилдитиофосфата цинка. Рост поглощения на волновых числах 1105 см⁻¹ и 1134 см⁻¹ связан с окислением базового масла кислородом, поскольку соединения -О-С- относятся не только к рассматриваемой присадке.

Сульфонат кальция применяется в маслах в качестве моюще-диспергирующей присадки. Обладая полярными свойствами, он обладает высокой адгезией к полярным частицам, продуктам износа и сажи, и позволяет оторвать их от поверхности и диспергировать в масле за счет своей неполярной углеводородной части. При этом структура вещества не изменяется, что можно судить по изменению молярных концентраций соединений, определенных ИК-спектроскопией с разложением в ряд Фурье (табл. 2).

Таблица 2 – Оценка содержания соединений, характерных для сульфоната кальция методом ИК-Фурье

Соединение	Волновые числа, см ⁻¹	Поглощение (свежее масло), Абс/0,1мм	Поглощение (работавшее масло), Абс/0,1мм
1	2	3	4
-CH ₃	2963	2	2
	2873	2	2
	1453	2	2
	1378	2	2
-CH ₂	2928	2	2
	2858	2	2
	1460	2	2
O-S	757	0,1546	0,0931
S=O	1103	0,1816	0,2012

Окончание таблицы 2

1	2	3	4
 - S	3066 906 734	0,1343 0,1383 0,3388	0,1890 0,0588 0,2614
SO ₂ ²⁻	1210	0,2486	0,2761
	1588 1500 1583 1543	0,0072 0,4149 0,0143 0,1363	0,0874 0,2769 0,0829 0,0853
1,3,5 – замещённые ароматики	1035 880 838 703	0,2275 0,1175 0,0845 0,0682	0,1873 0,1601 0,0206 0,0048
SO ₂ O-	2722 2202 1249 1181 1127 1083 1019 908	0,2793 -0,0493 0,2390 0,2593 0,1957 0,2107 0,2244 0,1407	0,3114 -0,0383 0,2389 0,2850 0,2165 0,2257 0,1648 0,0607

Изменения интенсивности поглощения соединениями, характерными для сульфоната кальция увеличиваются, уменьшаются или остаются практически неизменными, что не позволяет объективно интерпретировать работу моюще-диспергирующей присадки. Это может быть связано с наличием в масле присадок с аналогичными соединениями.

В качестве объекта исследования было выбрано моторное масло Motul Tekma Mega X 10W-40 [5]. Свежее моторное масло было залито в двигатель седельного тягача Volvo FH с пробегом 1270 тыс. км. После наработки 45 тыс. км образцы работавшего и свежего масел были направлены на анализ в испытательную лабораторию МАДИ-ХИМ.

Анализ проводился по следующим показателям:

- кинематическая вязкость при 40 и при 100 °С по ГОСТ 33 [6];
- индекс вязкости по ГОСТ 25371 [7];
- общее щелочное число по ГОСТ 30050 [8];
- температур вспышки в открытом тигле по ГОСТ 4333 [9].

Было проведено исследование:

- рентгеновского спектра для оценки содержания в моторном масле элементов присадочного комплекса;
- инфракрасного спектра для оценки содержания в моторном масле соединений присадочного комплекса.

Результаты лабораторного анализа моторных масел представлены в таблице 3.

Снижение кинематической вязкости в совокупности со снижением температуры вспышки свидетельствует о попадании значительного количества топлива в моторное масло. Щелочное число снизилось на 29%, что характерно для срабатывания присадочного комплекса на таком пробеге. Содержание элементов присадочного комплекса снизилось незначительно.

Таблица 3 – Результаты анализа свежего и работавшего моторных масел

№ п/п	Показатель	Свежее масло	Работавшее масло
1.	Кинематическая вязкость при 40 °С, мм ² /с	100,6	68,23
2.	Кинематическая вязкость при 100 °С, мм ² /с	15,0	11,22
3.	Индекс вязкости	156	158
4.	Щелочное число, мг КОН/г	10,4	7,35
5.	Температура вспышки в открытом тигле, °С	226	208
6.	Содержание цинка, мг/кг	1208	1190
7.	Содержание кальция, мг/кг	3547	3493

Выводы

Результаты анализа свежего и работавшего масел инфракрасной спектроскопией с разложением в ряд Фурье позволяют сделать следующие выводы:

- в спектрах преобладает поглощение на волновых числах 1378см⁻¹, 1453см⁻¹, 1460см⁻¹, 2858 см⁻¹, 2873 см⁻¹, 2928 см⁻¹, 2963 см⁻¹, что характерно для углеводородов топлив и масел;
- в рамках проведенного исследования попадание топлива ИК-спектрометром не зафиксировано;
- снижение поглощения на волновых числах 1000 см⁻¹, 1020 см⁻¹, 1050 см⁻¹ и 1387 см⁻¹ не коррелируют с содержанием цинка из-за перехода его из одного соединения в другое;
- изменение интенсивности поглощения на волновых числах, выявленных для сульфоната кальция не поддаются анализу;
- снижение интенсивности поглощения на волновых числах 1000 см⁻¹, 1020 см⁻¹, 1050 см⁻¹ и 1387 см⁻¹ коррелирует со снижением общего щелочного числа моторного масла, что характерно при срабатывании присадочного комплекса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гаврушко, В.В. Лабораторная работа «Фурье спектроскопия»: учеб. -метод. пособие - Великий Новгород, 2012. – 21 с.
2. Литманович, А.А. Аналитическая химия в 2 ч.: ч.2: Количественный химический анализ. Инструментальные методы анализа: учеб. -метод. пособие - М.: МАДИ, 2010. – 56 с.
3. Тарасевич, Б.Н. ИК спектры основных классов органических соединений: Справочные материалы - М.: МГУ имени М.В. Ломоносова, 2012. – 55 с.
4. Рудник Л.Р. Присадки к смазочным материалам. Свойства и применение / под ред. А. М. Данилова. - Пер. с англ. яз. 2-го изд. – СПб.: ЦОП «Профессия», 2013. – 928 с.
5. Электронный ресурс / Режим доступа: <https://www.motul.com/ru/ru/products/tekma-mega-x-10w40>
6. ГОСТ 33-2016 Нефть и нефтепродукты. Прозрачные и непрозрачные жидкости. Определение кинематической и динамической вязкости. - Введ. 01.07.18. - М., 2019. – 40 с.
7. ГОСТ 30050-93 Нефтепродукты. Общее щелочное число. Метод потенциометрического титрования хлорной кислотой. - Введ. 01.07.16. - М., 20с.
8. ASTM E2412 – 10 Стандартная методика мониторинга состояния находящихся в условиях эксплуатации смазок методом анализа трендов с помощью инфракрасной спектроскопии на основе преобразования Фурье (FT-IR).
9. Васильев, А.В. Инфракрасная спектроскопия органических и природных соединений: Учебное пособие - СПб, 2007.
10. Хазиев А.А., Лаушкин А.В., Борисов Б.С. Теоретические аспекты анализа изменения свойств моторного масла методом инфракрасной спектроскопии с разложением в ряд Фурье // Пермь: Вестник ПНИПУ. - 2014.
11. Иванова, Л.В. ИК-спектроскопия в анализе нефти и нефтепродуктов // Вестник Башкирского университета. – 2008. – Т. 13. - №4. – С. 869-875.
12. Галышев, Ю.В. Химмотология. Эксплуатационные материалы для двигателей внутреннего сгорания: Учеб. пособие. – СПб.: Политехн. ун-т, 2009. – 296 с.
13. Гурьянов Ю.А. О критериях предельного загрязнения моторного масла топливом // Химия и технология топлив и масел. – 2007. - №1. - С. 22-26.
14. Скиннер Н.И., Гурьянов Ю.А. О необходимости систематического контроля качества работающих моторных масел // Химия и технология топлив и масел. - 2003. - №5. - С. 30.

15. Резников В.Д. Анализ моторного масла лучший способ диагностики двигателя // Автоперевозчик. - 2001. - №6. - С. 22-24; №7. - С. 44-48.
16. Методика ВНИИ НП. Определение глубины окисления моторного масла при стендовых и эксплуатационных испытаниях по ИК-спектрам поглощения.
17. Васильев, А.В. Инфракрасная спектроскопия органических и природных соединений: Учебное пособие - СПб.: СПбГЛТА, 2007. - 54 с.
18. Гундырев, А.А. ИК-спектроскопия парафинов и смазок - М.: МИНХ и ГП, 1982. - 48 с.
19. Васильева Л.С. Эксплуатационные материалы для подвижного состава автомобильного транспорта: учеб. для вузов - М.: Наука, 2014. - 423 с.
20. Татко Д. А., Сухинин И. А. // Современные проблемы теоретической и экспериментальной химии: Сборник научных трудов конф. - Саратов. - 2004. - С. 157-160.
21. Корнеев С.В. О работоспособности моторных масел // Двигателестроение. - 2004. - №4. - С. 36-38.

Борисов Борис Сергеевич

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

Адрес: 125319, РФ, г. Москва, Ленинградский проспект, 64

Ведущий инженер

E-mail: madi-chim@mail.ru

Лаушкин Андрей Вячеславович

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

Адрес: 125319, РФ, г. Москва, Ленинградский проспект, 64

Старший преподаватель

E-mail: madi-chim@mail.ru

Хазиев Анвар Асхатович

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

Адрес: 125319, РФ, г. Москва, Ленинградский проспект, 64

Доцент

E-mail: madi-chim@mail.ru

B.S. BORISOV, A.A. LAUSHKIN, A.A. KHAZIEV

EVALUATION OF THE ADDITIVE CONTENT IN MOTOR OILS BY THE IR-FOURIER METHOD

Abstract. Described principle of motor oils analysis by IR-spectroscopy for determination of its chemical changes at exploitation process. Fresh and used engine oils are evaluated. The changes in the basic physicochemical properties are studied in addition to the study of the IR spectrum. To study the IR spectra, typical additives used in motor oils, their structural formulas were analyzed and the typical wave numbers at which the compounds of the additives considered are absorbed were determined. Differences in the wavelengths characteristic of zinc dialkyldithiophosphate were recorded and a conclusion was made about the reasons for the decrease in the content of this additive. The dependence between the intensity of absorption of infrared radiation at wave numbers characteristic of zinc dialkyldithiophosphate and a decrease in the total alkaline number was revealed.

Keywords: engine oil, additives, research methods, IR-spectroscopy.

BIBLIOGRAPHY

1. Gavrushko, V.V. Laboratornaya rabota «Fur`e spektroskopiya»: ucheb.-metod. posobie - Velikiy Novgorod, 2012. - 21 s.
2. Litmanovich, A.A. Analiticheskaya khimiya v 2 ch.: ch.2: Kolichestvennyy khimicheskiy analiz. Instrumental'nye metody analiza: ucheb.-metod. posobie - M.: MADI, 2010. - 56 s.
3. Tarasevich, B.N. IK spektry osnovnykh klassov organicheskikh soedineniy: Spravochnye materialy - M.: MGU imeni M.V. Lomonosova, 2012. - 55 s.
4. Rudnik L.R. Prisdki k smazochnym materialam. Svoystva i primeneniye / pod red. A. M. Danilova. - Per. s angl. yaz. 2-go izd. - SPb.: TSOP «Professiya», 2013. - 928 s.
5. Elektronnyy resurs / Rezhim dostupa: <https://www.motul.com/ru/ru/products/tekma-mega-x-10w40>
6. GOST 33-2016 Neft` i nefteprodukty. Prozrachnye i neprozrachnye zhidkosti. Opredelenie kinemacheskoy i dinamicheskoy vyazkosti. - Vved. 01.07.18. - M., 2019. - 40 s.
7. GOST 30050-93 Nefteprodukty. Obshchee shchelochnoe chislo. Metod potentsiometricheskogo titrovaniya khlornoy kisloty. - Vved. 01.07.16. - M., 20s.

8. ASTM E2412 - 10 Standartnaya metodika monitoringa sostoyaniya nakhodyashchikhsya v usloviyakh ekspluatatsii smazok metodom analiza trendov s pomoshch'yu infrakrasnoy spektrometrii na osnove preobrazovaniya Fur'e (FT-IR).
9. Vasil'ev, A.V. Infrakrasnaya spektroskopiya organicheskikh i prirodnikh soedineniy: Uchebnoe posobie - SPB, 2007.
10. Haziev A.A., Laushkin A.V., Borisov B.S. Teoreticheskie aspekty analiza izmeneniya svoystv motornogo masla metodom infrakrasnoy spektrometrii s razlozheniem v ryad Fur'e // Perm': Vestnik PNIPU. - 2014.
11. Ivanova, L.V. IK-spektrometriya v analize nefi i nefteproduktov // Vestnik Bashkirskogo universiteta. - 2008. - T. 13. - №4. - S. 869-875.
12. Galyshev, YU.V. Himnologiya. Eksploatatsionnye materialy dlya dvigateley vnutrennego sgoraniya: Ucheb. posobie. - SPB.: Politekh. un-t, 2009. - 296 s.
13. Gur'yanov YU.A. O kriteriyakh predel'nogo zagryazneniya motornogo masla toplivom // Himiya i tekhnologiya topliv i masel. - 2007. - №1. - S. 22-26.
14. Skinder N.I., Gur'yanov YU.A. O neobkhodimosti sistemacheskogo kontrolya kachestva rabotayushchikh motornykh masel // Himiya i tekhnologiya topliv i masel. - 2003. - №5. - S. 30.
15. Reznikov V.D. Analiz motornogo masla luchshiy sposob diagnostiki dvigatelya // Avtoperevozchik. - 2001. - №6. - S. 22-24; №7. - S. 44-48.
16. Metodika VNII NP. Opredelenie glubiny okisleniya motornogo masla pri stendovykh i eksploatatsionnykh ispytaniyakh po IK-spektram pogloshcheniya.
17. Vasil'ev, A.V. Infrakrasnaya spektroskopiya organicheskikh i prirodnikh soedineniy: Uchebnoe posobie - SPb.: SPbGLTA, 2007. - 54 s.
18. Gundyrev, A.A. IK-spektroskopiya parafinov i smazok - M.: MINH i GP, 1982. - 48 s.
19. Vasil'eva L.S. Eksploatatsionnye materialy dlya podvizhnogo sostava avtomobil'nogo transporta: ucheb. dlya vuzov - M.: Nauka, 2014. - 423 s.
20. Tatko D. A., Sukhinin I. A. // Sovremennye problemy teoreticheskoy i eksperimental'noy khimii: Sbornik nauchnykh trudov konf. - Saratov. - 2004. - S. 157-160.
21. Korneev C.B. O rabotosposobnosti motornykh masel // Dvigatelsestroenie. - 2004. - №4. - S. 36-38.

Borisov Boris Sergeevich

Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI)

Address: Russia, 125319, Moscow, Leningradskiy prosp., 64

Lead engineer

E-mail: madi-chim@mail.ru

Laushkin Andrey Vyacheslavovich

Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI)

Address: Russia, 125319, Moscow, Leningradskiy prosp., 64

Senior lecturer

E-mail: madi-chim@mail.ru

Khaziev Anvar Askhatovich

Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI)

Address: Russia, 125319, Moscow, Leningradskiy prosp., 64

Docent

E-mail: madi-chim@mail.ru

Е.А. ОЛЕНЕВ, Ш.А. АМИРСЕЙИДОВ, И.Ф. ДВУЖИЛЬНАЯ

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРИВОД ВЕЛОСИПЕДА

Аннотация. Рассматривается электрический привод велосипеда, приводятся основные зависимости для расчета момента вращения, создаваемого приводом.

Ключевые слова: электрический привод, колесо, велосипед

Введение

В настоящее время наблюдается тенденция применения электрических приводов для транспортных средств. Авторами для велосипеда был разработан электрический привод с распределенными параметрами, который размещается непосредственно в колесе, а не на раме, как это имеет место в обычных электрических велосипедах [1-3]. Такое расположение привода не только экономит место на раме, но и значительно упрощает управление им путем изменения числа работающих катушек привода. Кроме того, такой привод не требует дополнительных звездочек и цепи.

Материал и методы

Постановка задачи: определить силы и моменты в электрическом приводе с распределенным параметрами, размещенном в велосипедном колесе.

Конструкция распределенного привода

На рисунке 1 изображен электрический привод, размещенный в колесе велосипеда. Привод содержит неподвижно закрепленный на оси 1 диск 2 статора с катушками 3, каждая из которых размещена в зазоре между магнитами 4, установленными друг над другом и соединенными С-образным магнитопроводом 5, ротора, выполненного в виде соединенных с ободом 6 колеса дисков 7, по крайней мере один из которых соосно закреплен на выполненной заодно со звездочкой 8 втулке 9, которая посредством подшипника 10 (обгонной муфты) связана с неподвижно закрепленной в вилке 11 велосипеда осью 1, в зазор между которой и втулкой может быть помещена магнитная жидкость 12. По крайней мере одна катушка статора выполнена в виде намотанных бифилярно двух обмоток, одна из которых в качестве датчика (W_d) подключена через выключатель (не показан) к входу усилителя 13, а другая является катушкой импульса (W_i) и соединена с выходом этого усилителя. Усилитель может быть установлен на диске 2 (одновременном теплоотводе) и выполнен на транзисторах или микросхеме [10-12].

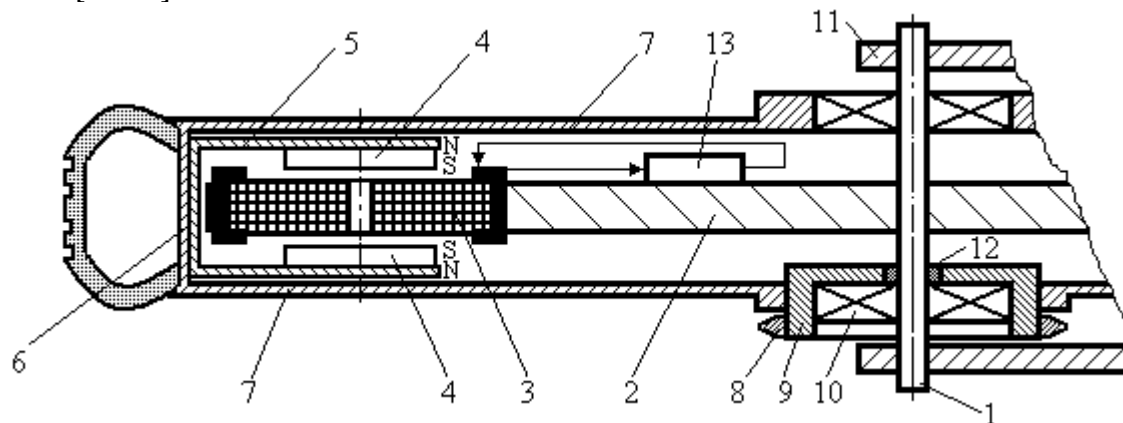


Рисунок 1 – Электрический привод

Поскольку указанный привод не имеет начального пускового момента, то трогание осуществляется с помощью внешней силы, например, мускульной, путем вращения педалей и передачи крутящего момента на звездочку 8 цепной передачи (рис. 1). После разгона до некоторой скорости для продолжения движения велосипеда за счет привода (или с его по-

мощью) включают выключатель, в результате чего обмотка W_d , по крайней мере одного датчика, подключается к входу усилителя 13. При вращении дисков 7 (т.е. колеса велосипеда) на угол φ магнитная система, образованная магнитами 4 и магнитопроводом 5 и движущаяся по радиусу R , перекрывает силовыми линиями витки катушки 3 (заштрихованная часть на рисунке 2), благодаря чему в ней индуцируется напряжение U_m [13, 4].

Теория / расчет

Предположим на угле α , равным половине угловой ширины катушки, формируется положительная полуволна напряжения, а на угле λ – отрицательная.

Положительная полуволна открывает выходные транзисторы усилителя, переводя их в режим глубокого насыщения. В результате этого в катушке импульса $W_{и1}$ (или в катушках $W_{и1} - W_{иN}$, если их число на статоре равно N) формируется импульс тока, который создает в них магнитное поле, взаимодействующее с полем постоянных магнитов магнитной системы, при этом магниты подтягиваются к центру катушки, создавая момент вращения на колесе велосипеда [5]. После прохождения магнитами угла α на датчике формируется отрицательная полуволна напряжения, при этом выходные транзисторы усилителя также открываются, но направление тока в катушке меняется на противоположное [14, 15]. В результате этого магниты отталкиваются от катушки, создавая вращающий момент на колесе.

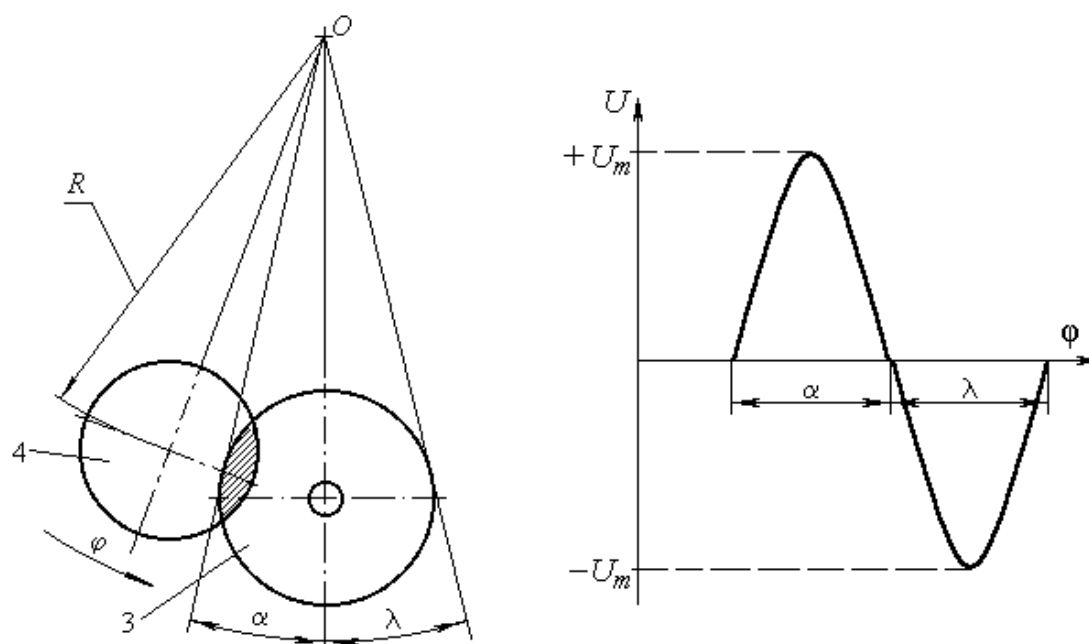


Рисунок 2 – Схема формирования напряжения в катушке привода

После того, как магнитная система пройдет катушку с датчиком транзисторы усилителя закроются, и ток в катушке $W_{и1}$ ($W_{и1} - W_{иN}$) привода станет равным нулю. Такое состояние будет продолжаться до тех пор, пока последующая магнитная система вновь не начнет перекрывать катушку W_d , и цикл работы привода повторится [16]. Чем больше магнитов и катушек $W_{и1}$ на дисках (больше число N), тем больше электрической энергии от источника (не показан), например аккумулятора, превратится в механическую (момент вращения).

В процессе движения, например с горки, по крайней мере часть катушек $W_{и1}$ можно отключить от выхода усилителя и подключить их непосредственно к аккумулятору для его импульсной подзарядки [17]. Таким образом, появляется возможность путем изменения соотношения числа катушек, создающих импульс и заряжающих аккумулятор, поддерживать скорость велосипеда (или момент вращения на колесе) в определенных заданных пределах.

При наличии в зазоре втулки 9 магнитной жидкости 12, которая одновременно может являться смазкой, поскольку изготавливается, например на основе керосина, появляется возможность повысить КПД герметизированного привода за счет откачки из пространства воздуха, который создает дополнительное сопротивление вращению магнитов 4.

Силы и моменты, действующие на колесо с приводом

В приводе при движении магнитов магнитной системы относительно катушек W_d и W_n , в них возникает индукционное напряжение, максимальная величина которого равна

$$U_m = B\pi \frac{R_k + r_k}{2} nR \dot{\varphi} \quad (1)$$

где B – магнитная индукция в зазоре магнитной системы, Тл = В·с/м²;

R – радиус магнитной системы, м;

R_k и r_k – наружный и внутренний радиусы катушки соответственно, м;

n – число витков катушки;

$\dot{\varphi}$ – угловая скорость вращения колеса велосипеда, с⁻¹.

Текущее же напряжение U , индуцированное в катушках, будет определяться функцией $A_i = f(\varphi)$, где A_i – эффективная площадь перекрытия катушек постоянными магнитами; φ – угол поворота магнитной системы в интервалах: угла α (полуволна напряжения одной полярности) и угла импульса λ , причем $0 \leq \varphi \leq (\alpha + \lambda)$. Указанная зависимость с достаточной степенью точности может быть описана функцией [18, 6]

$$A_i = \frac{a(\sin\varphi)^2}{\sigma^4 + (\sin\varphi)^4} A_0, \quad (2)$$

где a , b – коэффициенты, зависящие от размеров магнитной системы и катушки; A_0 – площадь катушки, м².

На рисунке 3 показана функция изменения A_i от угла поворота магнитной системы на катушками.

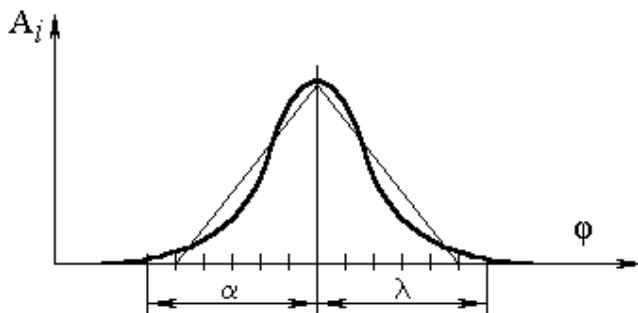


Рисунок 3 – Функция эффективной площади перекрытия катушек постоянными магнитами

Следует заметить, что несмотря на то, что значение A_i увеличивается при изменении φ от 0 до α , величина U после прохождения магнитами приблизительно угла $\alpha/2$ начинает уменьшаться [7, 8]. Объясняется это тем, что индуцированный ток, направление которого определяется правилом правой руки, начинает уменьшаться вследствие возникновения противотока во второй половине катушки, направление витков которой изменяется на противоположное относительно вектора движения магнитов.

Для упрощения выражения (2) его можно заменить функцией, имеющий вид треугольника (показан на рисунке тонкой линией [19]). Стороны треугольника отсекают от A_i и прибавляют к ней одинаковые по площади элементы, в результате чего площадь, определяемую выражением (2) можно заменить соответствующей площадью треугольника.

С учетом изменения эффективной площади перекрытия магнитов и катушки индукционное напряжение будет равно

$$U = B\pi \frac{R_k + r_k}{2} nR \dot{\varphi} \frac{A_i}{A_0}. \quad (3)$$

Число витков катушки может быть найдено из выражения

$$n = k \frac{4h(R_k - r_k)}{\pi d^2}, \quad (4)$$

где k – коэффициент укладки провода катушки;

h – высота катушки, м;

R_k и r_k – наружный и внутренний радиусы катушки соответственно, м;

d – диаметр провода катушки, м.

При прохождении по катушке датчика управляющего тока возникает противодействующая движению магнитной системы сила, максимальное значение которой с учетом выражения (1) равно

$$F_d = \frac{1}{R_d + R_{вх}} \left(B \pi \frac{R_k + r_k}{2} n \right)^2 R \dot{\varphi}. \quad (5)$$

где F_d – сила, противодействующая движению магнитной системы, Н;

R_d , $R_{вх}$ – соответственно, активное сопротивление катушки датчика и входное сопротивление усилителя, Ом.

Поскольку, как правило, активное сопротивление катушки датчика и входное сопротивление усилителя велики, то первый множитель в уравнении (5) мал, а поэтому силой F_d можно пренебречь [9].

При движении магнитной системы, на участке угла λ , в катушке привода $W_{и}$ протекает ток J , сформированный выходным транзистором усилителя. Для магнитоэлектрического привода можно пренебречь индуктивностью этой катушки и принять (полагая, что выходным каскадом усилителя является ключ)

$$J = \frac{U_A - U}{R_{и} + R_{вых}}, \quad (6)$$

где U_A – напряжение источника питания (аккумулятора), В;

U – соответствует формуле (3);

$R_{и}$, $R_{вых}$ – соответственно, активное сопротивление катушки привода ($W_{и}$) и сопротивление выходного транзистора, Ом.

С учетом выражения (6) сила импульса для катушки привода может быть выражена

$$F_{и} = \frac{B \pi \frac{R_k + r_k}{2} n}{R_{и} + R_{вых}} \left(U_A - B \pi \frac{R_k + r_k}{2} n R \dot{\varphi} \frac{A_i}{A_0} \right). \quad (7)$$

Среднее значение этой силы может быть найдено упрощено, путем вычисления половины площади треугольника, изображенного на рис. 3 тонкой сплошной линией.

Результаты и обсуждение

Сила, обозначенная выражением (7), действуют периодически. Период действия зависит от числа пар магнитов магнитной системы и катушек. Из этой формулы видно, что сила импульса пропорциональна току и магнитной индукции. Импульс тока имеет форму, близкую к прямоугольной с небольшим симметричным «провалом» на вершине, обусловленным явлением самоиндукции [20].

Для нахождения суммарной силы привода нужно значение $F_{и}$ умножить на число катушек, задействованных в данный момент в работу. Умножив величину суммарной силы на радиус R магнитной системы, получим значение момента вращения, действующего на колесо посредством электрического привода.

Зная значение угла α и измерив длительность положительного импульса на катушке W_d , можно вычислить частоту вращения колеса

$$\omega = \frac{2\pi}{\alpha \tau}, \quad (8)$$

где ω – частота вращения колеса велосипеда, c^{-1} ;

α – угол, равный половине угловой ширины катушки, рад;

τ – длительность положительного импульса, с.,

отсюда скорость движения велосипеда будет равна

$$v = \frac{4\pi^2 R_{ш}}{\alpha \tau}, \quad (9)$$

где v – скорость движения велосипеда, м/с;

$R_{ш}$ – радиус шины велосипеда, м.

Выводы

1. Момент вращения колеса приводом изменяется числом катушек привода, подключаемых к работе.
2. Получены основные расчетные зависимости, определяющие величину момента вращения привода.
3. Данная конструкция привода без каких-либо дополнительных датчиков позволяет вычислять мгновенную скорость движения велосипеда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 2747422 Российская Федерация: МПК В62М 6/00. Электрический привод велосипеда.
2. Величкин И.Н. Ускоренное тестирование в общей системе тестирования надежности машин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1999. - №12. - С. 40-41.
3. Величкин И.Н. Методология и пути сокращения продолжительности испытаний тракторов и сельскохозяйственных машин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1999. - №6. - С. 30-33.
4. Величкин И.Н. Разработка комплекса ускоренных испытаний тракторов и сельскохозяйственных машин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1999. - №11. - С. 34-36.
5. Величкин И.Н. О необходимости совершенствования методов ускоренных испытаний тракторов и сельскохозяйственных машин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1999. - №4. - С. 25-27.
6. Григорьев М.А. Способ ускоренных стендовых испытаний на надежность бензиновых двигателей легковых автомобилей // Двигателестроение. – 1996. - С. 54-56.
7. Андропов Б.С., Мардалиев Е.Ю. Исследование параметров предельного состояния автомобильных двигателей ЯМЗ // Двигателестроение. – 1999. - №2. - С. 32-33.
8. Абрамчук Ф.И., Рязанцев М.К., Шеховцов А.Ф. Двигатель внутреннего сгорания // Двигателестроение. – 2004. - №6. - С. 324
9. ОСТ 23 3 21 87 1987 Дизельные двигатели трактора и комбайна. Методы ускоренных безотказных испытаний. - С. 19.
10. Любовецкий В.П. Кинематика и динамика системы гонщик - велосипед [Электронный ресурс] // Гонимые велосипеды – 1989. - С. 254-294. – Режим доступа: <https://sheba.spb.ru/za/gon-velo-1989.htm>
11. Готовцев, А.А. Проектирование цепных передач: Справочник - М.: Машиностроение, 1982. - 158 с.
12. Воробьев, Н.В. Цепные передачи - М.: Машиностроение, 1968. - 252 с.
13. Bafang G510: центральный мотор для мощного электровелосипеда, первое знакомство // Блог iXBT.com: автомобили и другие средства передвижения и аксессуары. - 2021.
14. Зрелов В.И., Зрелов В.В., Белов В.И. Велогибриды взгляд в будущее // Автомобильный транспорт. - 2011. - №29.
15. Сленцов, М.А. Основы электрического транспорта: учебник – М.: Академия, 2006. – 464 с.
16. Корчак С.А., Фомин А.П. Чтобы велосипед стал велотроном // Автомобильная промышленность. – 1998. - №1. – С. 16-18.
17. Курчак, И. Электровелосипеды - будущее велопоходов [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://turclub-pik.ru/blog/ehlektrovelosipedy-budushhee-velopokhodov/?ysclid=l7sqcr5v42665753135>
18. Электровелосипед - доступность и эффективность на личном примере [Электронный ресурс] / 2016. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/395653/?ysclid=l7sq4cfr6p397394008>
19. Электровелосипеды - мошенничество или прогресс? [Электронный ресурс] / 2018. - Режим доступа: 2018 - <https://www.ski.ru/az/blogs/post/elektrovelosipedy-moshennichestvo-ili-progress/?ysclid=l7sqg8okhv168409974>
20. Электровелосипед как основной транспорт для города [Электронный ресурс] / Режим доступа: Voltbikes.ru - <https://www.voltbikes.ru/blog/electro/elektrovelosiped-kak-osnovnoj-transport-dlya-goroda/>

Оленев Евгений Александрович

Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых

Адрес: 600000, Россия, г. Владимир, ул. Горького, д. 87

Д.т.н., профессор кафедры электроника, приборостроение и биотехнические системы

E-mail: olenevea@mail.ru

Амирсейидов Шихсеид Амирсейидович

Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых

Адрес: 600000, Россия, г. Владимир, ул. Горького, д. 87

К.т.н., зав. кафедрой автомобильная и техносферная безопасность

E-mail: shihamir@mail.ru

Двузильная Инесса Федоровна

Гродненский государственный университет им. Янки Купалы

Адрес: 230023, Беларусь, г. Гродно, ул. Ожешко, д. 22

E-mail: shihamir@mail.ru

E.A. OLENEV, SH.A. AMIRSEIDOV, I.F. DVUZHILNAYA

THE ELECTRIC BYCICLE DRIVER

Abstract. Authors in the article examine the electric bicycle driver, and there are the main dependencies for calculating of the torque generated by the drive.

Keywords: electric driver, wheel, bicycle

BIBLIOGRAPHY

1. Pat. 2747422 Rossiyskaya Federatsiya: MPK V62M 6/00. Elektricheskiy privod velosipeda.
2. Velichkin I.N. Uskorennoe testirovanie v obshchey sisteme testirovaniya nadezhnosti mashin // Trak-tory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny. - 1999. - №12. - S. 40-41.
3. Velichkin I.N. Metodologiya i puti sokrashcheniya prodolzhitel'nosti ispytaniy traktorov i sel'skokhozyaystvennykh mashin // Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny. - 1999. - №6. - S. 30-33.
4. Velichkin I.N. Razrabotka kompleksa uskorennykh ispytaniy traktorov i sel'skokhozyaystvennykh mashin // Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny. - 1999. - №11. - S. 34-36.
5. Velichkin I.N.. O neobkhodimosti sovershenstvovaniya metodov uskorennykh ispytaniy traktorov i sel'skokhozyaystvennykh mashin // Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny. - 1999. - №4. - S. 25-27.
6. Grigor'ev M.A. Sposob uskorennykh stendovykh ispytaniy na nadezhnost' benzinovykh dvigateley legkovykh avtomobiley // Dvigatelsestroenie. - 1996. - S. 54-56.
7. Andropov B.S., Mardaliev E.YU. Issledovanie parametrov predel'nogo sostoyaniya avtomobil'nykh dvigateley YAMZ // Dvigatelsestroenie. - 1999. - №2. - S. 32-33.
8. Abramchuk F.I., Ryazantsev M.K., Shekhovtsov A.F. Dvigatel' vnutrennego sgoraniya // Dvigatelsestroe-nie. - 2004. - №6. - S. 324
9. OST 23 3 21 87 1987 Dizel'nye dvigateli traktora i kombayna. Metody uskorennykh bezotkaznykh ispytaniy. - S. 19.
10. Lyubovitskiy V.P. Kinematika i dinamika sistemy gonshchik - velosiped [Elektronnyy resurs] // Go-nochnye velosipedy - 1989. - S. 254-294. - Rezhim dostupa: <https://sheba.spb.ru/za/gon-velo-1989.htm>
11. Gotovtsev, A.A. Proektirovanie tsepnykh peredach: Spravochnik - M.: Mashinostroenie, 1982. - 158 s.
12. Vorob'ev, N.V. Tsepnye peredachi - M.: Mashinostroenie, 1968. - 252 s.
13. Bafang G510: tsentral'nyy motor dlya moshchnogo elektrovelosipeda, pervoe znakomstvo // Blog iXBT.com: avtomobili i drugie sredstva peredvizheniya i aksesuary. - 2021.
14. Zrel'ov V.I., Zrel'ov V.V., Belov V.I. Velogibridy vzglyad v budushchee // Avtomobil'nyy transport. - 2011. - №29.
15. Slentsov, M.A. Osnovy elektricheskogo transporta: uchebnik - M.: Akademiya, 2006. - 464 s.
16. Korchak S.A., Fomin A.P. CHtoby velosiped stal velotronom // Avtomobil'naya promyshlennost'. - 1998. - №1. - S. 16-18.
17. Kurchenko, I. Elektrovelosipedy - budushchee velopokhodov [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://turclub-pik.ru/blog/ehlektrovelosipedy-budushchee-velopokhodov/?ysclid=17sqcr5v42665753135>
18. Elektrovelosiped - dostupnost' i effektivnost' na lichnom primere [Elektronnyy resurs] / 2016. - Rezhim dostupa: <https://habr.com/ru/post/395653/?ysclid=17sq4cfr6p397394008>
19. Elektrovelosipedy - moshennichestvo ili progress? [Elektronnyy resurs] / 2018. - Rezhim dostupa: 2018 - <https://www.ski.ru/az/blogs/post/elektrovelosipedy-moshennichestvo-ili-progress/?ysclid=17sqg8okhv168409974>
20. Elektrovelosiped kak osnovnoy transport dlya goroda [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://www.voltbikes.ru/blog/electro/elektrovelosiped-kak-osnovnoj-transport-dlya-goroda/>

Olenev Evgeny Alexandrovich

Vladimir State University

Address: Russia, 600000, Vladimir, Gorky str., 87

Doctor of technical sciences

E-mail: olenevea@mail.ru

Dvuzhilmaya Inessa Fedorovna

Grodno State University Yankee Kupala

Address: Belarus, 230023, Grodno, st. Ozheshko, 22

Email: shihamir@mail.ru

Amirseidov Shikhseid Amirseidov

Vladimir State University

Address: Russia, 600000, Vladimir, Gorky str., 87

Candidate of technical sciences

Email: shihamir@mail.ru

Научная статья

УДК 656.6 + 656.1/.5

doi:10.33979/2073-7432-2022-2(78)-3-32-38

А.А. АЛПАТОВ, В.В. ЗЫРЯНОВ

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ВРЕМЕННЫХ ЗАТРАТ СМЕШАННЫХ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК СПГ ПО СЕВЕРНОМУ МОРСКОМУ ПУТИ

Аннотация. Рассмотрена актуальность транспортировки сжиженного природного газа по Северному Морскому Пути в страны Азиатско-Тихоокеанского региона мультимодальными перевозками с использованием морских (газовозами (в сопровождении атомных ледоколов, в период опасной ледовой обстановки) и наземных путей (сухопутным транспортом, оборудованными специальными цистернами для транспортировки СПГ), в частности, по маршруту арктический морской порт Саббета (Российская Федерация) – терминал LNG Йокогама (Япония). На основе совмещения логистических моделей морской и наземной транспортировки СПГ предложен алгоритм разработки модели смешанных грузоперевозок СПГ (морским и наземным видами транспорта). Предложена методика моделирования, предусматривающая объединение логистических моделей морского и сухопутного транспорта в рамках смешанных грузоперевозок природного газа.

Ключевые слова: смешанные грузоперевозки, транспортировка природного газа, алгоритм построения модели для смешанных грузоперевозок, Северный Морской Путь

Введение

Целью данного исследования является разработка алгоритма, позволяющего совместить логистические модели для обеспечения смешанных перевозок морским и сухопутным транспортом сжиженного природного газа (СПГ) по траектории Северного Морского Пути (СМП). Бассейны северных морей и Северно-ледовитого океана имеют стратегическое многофункциональное значение для эффективного развития экономики РФ [1]. Активизация добычи, поиск новых месторождений, транспортировка и продажа природного газа является одним из важнейших приоритетных направлений в макромасштабе. Для грузоперевозок природного газа применяется способ превращения его в сжиженное состояние в результате природный газ переходит в жидкую фазу и называется сжиженный природный газ [9]. На настоящий момент времени, существует два основных морских пути – Южный Морской Путь (ЮМП) и Северный Морской Путь через которые осуществляется различные виды грузоперевозок (контейнерных, автомобильных, генеральных грузов и природных ресурсов), причем самым популярным в мире направлением до недавнего времени был ЮМП [17], но трудности, связанные с прохождением Суэцкого канала и бесперебойного движения грузовых судов, а также большими финансовыми затратами на транзит и, самое важное, увеличенными временными затратами на прохождение судов по ЮМП ставит СМП в приоритетное положение, создавая условия для эффективного освоения нового более перспективного транспортного маршрута, а также, как стратегический приоритет России в организации транспортных грузопотоков [2]. В частности, возможный маршрут по ЮМП Сабетта - Йокогама занимает примерно в два раза больше времени по сравнению с альтернативным прохождением через СМП даже с помощью ледокольной проводки.

В настоящее время, в России сформирована надежная база и имеются все необходимые технологические предпосылки для широкого использования СПГ в экономике страны [3, 9]. Все наиболее крупные месторождения природного газа в РФ находятся в удаленных северных районах (Ямбургское, Харасавэйское Бованенковское, Уренгойское, Южно-Тамбейское, Русское и прочие, с суммарным объемом разведанных запасов природного газа превышающим 30 трлн м³) [17]; неблагоприятных и дорогостоящих для проектирования трубопроводов, в виду этого повышается актуальность транспортировки газа в жидком состоянии, в виде СПГ. Россия на протяжении последнего десятилетия сформировала современную

инфраструктуру Арктической транспортной системы через Северный морской путь (СМП) [4], что представляет собой комплексный транспортный проект [5-7], обеспечивающий динамичное развитие и освоение северных территорий страны [11-16], решение приоритетных экономико-социальных задач, а также создание новых производств [14]; интеграции СМП и его ведущих гаваней с другими видами транспорта, актуализируя формирование смешанного вида перевозок [6], путем совмещения грузопотоков морского и сухопутного (автомобильного) видов транспорта, что способствует дальнейшему развитию российского атомного ледокольного флота для реализации круглогодичной навигации по СМП [11-16] и активизации международной торговли, даже во время накаленной геополитической ситуации на мировых рынках.

Материал и методы

Разработка алгоритма модели смешанных грузоперевозок СПГ в работе будет проводиться на основе маршрута арктический морской порт Саббета (Российская Федерация) – терминал LNG Йокогама (Япония), протяженность маршрута составляет 5080 морских миль по СМП, и 13787 морских миль по Южному Морскому пути (ЮМП) через Суэцкий канал.

Сжиженный природный газ подается по теплоизолированным газопроводам в специальные резервуары для хранения, ими могут быть – морские танкеры, газовые накопители или автоцистерны сухопутного транспорта. Из грузовых накопителей через газопровод (отгрузочный терминал) СПГ направляется на специально оборудованные танкеры-газовозы СПГ. Морские суда доставляют СПГ на специальные приемные или регазификационные терминалы на берегу, где осуществляется перегрузка в танки СПГ-терминалов, далее производится хранение природного газа в сжиженном состоянии и перед подачей конечным потребителям конвертируется в газообразное состояние. Морской транспорт в отличие от трубопроводного не требует больших затрат и длительного времени для проектирования трубопровода, а также обладает возможностями варьирования грузовых потоков. Перевозка по СМП осуществляется как самостоятельно, так и с помощью ледокольного сопровождения.

Характеристики танкера-газовоза типа Yamalmax с ледовым классом Arc7 не имеют аналогов в современном мире. Судно вместимостью 172 600 м³ без ледокольной проводки может преодолевать ледовое покрытие толщиной до 2 м. Газовоз, таким образом, может осуществлять транспортировку СПГ круглогодично по СМП: в западном направлении; в восточном - 9-10 месяцев (начало навигации конец мая-начало января), ранее летняя навигация по восточной части СМП ограничивалась 4 месяцами и только в сопровождении ледокола, но после введения в эксплуатацию атомных ледоколов («Арктика», «Сибирь», «Урал», «Якутия», «Чукотка», «Россия») навигация станет круглогодичной [4].

При транспортировке СПГ сухопутным путем (автомобильным транспортом) для хранения газа применяются транспортные хранилища: криогенные цистерны, танк-контейнеры для сжиженного природного газа. Строение криогенной цистерны состоит из вакуумно-многослойной изоляции, что позволяет эксплуатировать ее при большом разбросе температуры окружающей среды (от -50 °С до 50 °С). Объем автоцистерны составляет 50 м³, что позволяет вмещать до 20 тонн СПГ. Природный газ (СПГ) перевозится под небольшим избыточным давлением при температуре -161 °С.

Рассмотрим построение логистического маршрута по транспортировке СПГ по маршруту Саббета-Йокогама мультимодальным [10] видом перевозок.

Для того, чтобы формализовать конкретный транспортный процесс, необходимо изучить элементы, составляющие его структуру. Детальное изучения каждого из элементов дает возможность получить комплексное наполнение описания функционирования всей транспортной системы.

Расчет

Реализация транспортно-логистических схем (ТЛС) [5-10] транспортировки СПГ с участием морского и сухопутного(автомобильного) транспорта может быть формализована на основе алгоритма (рис. 1) смешанных грузоперевозок с помощью разработки экономи-

ко-математической модели для определения совмещения грузовых потоков (в рамках моделирования оптимальной ТЛС транспортировки СПГ).

Рассмотрим исходные данные для моделирования:

1. Транспортировка объема СПГ осуществляется между морскими портами России и Японии.
2. Объем СПГ определяется заказом на спотовую перевозку для дальнейшей автомобильной перевозки в автоцистернах и грузовыми возможностями судна и автоцистерны.
3. Масса сжиженного газа рассчитывается в кубометрах и тоннах по плотности.
4. Судно-часовые нормы погрузки и выгрузки СПГ во всех портах, участвующих в процессе транспортирования партий груза, приняты одинаковыми (т/ч) и составляют время до 24 часов.
5. Рассматривается только один вариант использования газозовозов для транспортировки СПГ: танкеры в одном направлении идут загруженными СПГ полностью (на 98%), а в обратном направлении возвращаются в балласте.
6. Расстояние перевозки партий СПГ принимается в (километрах).
7. Время полного рейса определяется двумя рейсами с грузом из порта погрузки в порт выгрузки и обратно в балласте, но необходимо учитывать время года, т.к. СМП привязан к арктическому климату и вынужденному ледовому сопровождению в зимне-весенний период (с ноября по июнь), следовательно, в этот период произойдет удорожание транспортировки СПГ:
 - 7.1 В зимне-весенний период (с ледокольной проводкой).
 - 7.2 В летне-осенний период (самостоятельно).

$T_{кр\,ijb}$ суммарно состоит из нескольких блоков, формирующих алгоритм (рис. 1) оптимальной ТЛС транспортировки СПГ

$$T_{кр\,ijb} = t_{ijb}^{ПГ1} + t_{ijb}^{ДМ} + t_{ijb}^{ВГ1} + t_{ijb}^{ПГ2} + t_{ijb}^{ДС} + t_{ijb}^{ВГ2} + t_{ijb}^{БП}, \quad (1)$$

где $t_{ijb}^{ПГ1}$ - время погрузки СПГ в i -е судно, j -м вариантом, на b -е расстояние, ч, определяется по следующей формуле:

$$t_{ijb}^{ПГ1} =: \frac{G_r}{H_{ПГ1}}, \quad (2)$$

где G_r – количество сжиженного природного газа для одного танкера-газовоза, т;

$H_{ПГ1}$ – судочасовая норма погрузки СПГ, т/ч.;

$t_{ijb}^{ДМ}$ – время доставки СПГ по морю в i -е судно, j -м вариантом, на b -е расстояние, ч; определяется по формуле (3):

$$t_{ijb}^{ДМ} =: \frac{L_b}{24t_{ДМ}}, \quad (3)$$

где L_b – расстояние перевозки СПГ морским путем, км;

$t_{ДМ}$ – средняя суточная норма прохода танкера-газовоза по морю в грузу, км/сут,

$t_{ijb}^{ВГ1}$ – время выгрузки СПГ судно в порту назначения i -е судно, j -м вариантом, на b -е расстояние, ч; определяется по формуле (4):

$$t_{ijb}^{ВГ1} =: \frac{G_r}{H_{ВГ1}}, \quad (4)$$

где G_r – количество сжиженного природного газа для одной автоцистерны, т;

$H_{ВГ1}$ – судочасовая норма выгрузки СПГ в газовый терминал порта прихода, т/ч;

$t_{ijb}^{ПГ2}$ - время погрузки СПГ в i -е автоцистерну, j -м вариантом, на b -е расстояние, ч; определяется по формуле (5):

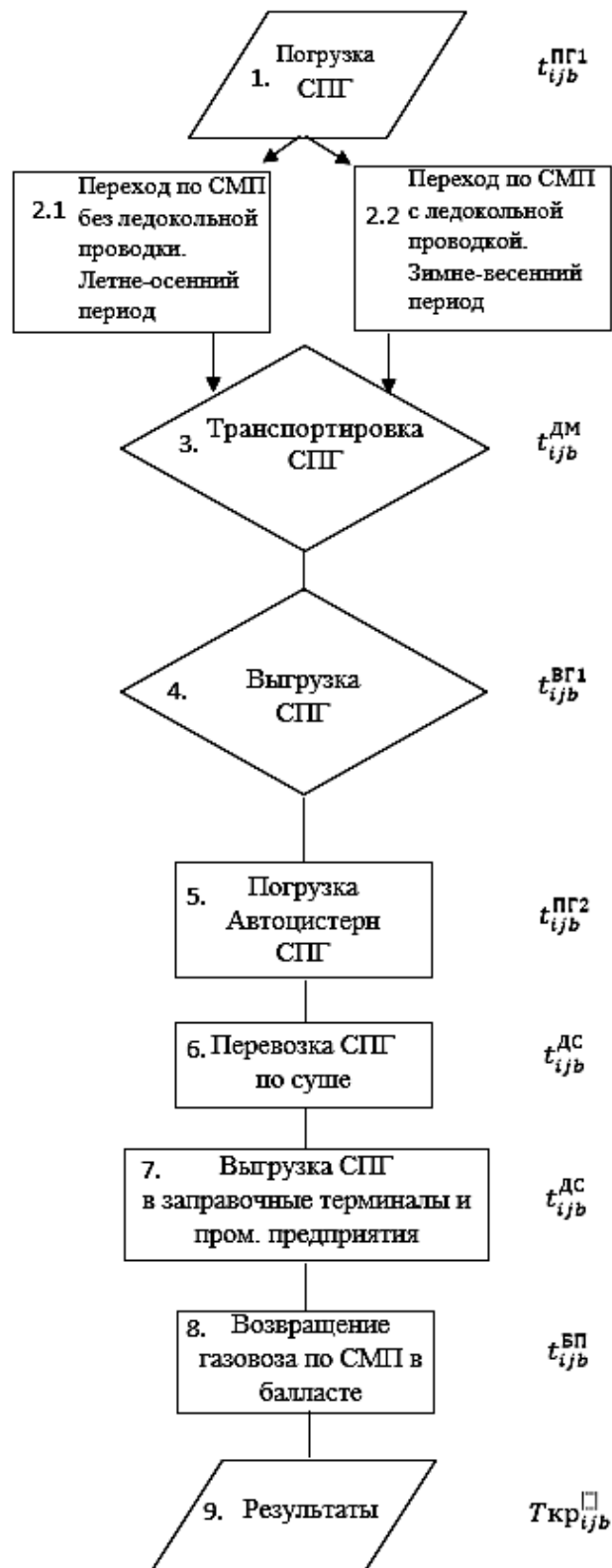


Рисунок 1 - Алгоритм смешанных грузоперевозок СПГ по СМП

$$t_{ijb}^{пг2} =: \frac{G_r}{H_{пг2}}, \quad (5)$$

где G_r – количество сжиженного природного газа для одной автоцистерны, т;
 $H_{пг2}$ – судочасовая норма погрузки СПГ в автоцистерну, т/ч;

$t_{ijb}^{ДС}$ – время доставки СПГ по суше в i -е автоцистерной, j -м вариантом, на b -е расстояние, ч; определяется по формуле (6):

$$t_{ijb}^{ДС} = \frac{L_b}{24t_{ДС}}, \quad (6)$$

где L_b – расстояние перевозки СПГ сухопутным путем, км;

$t_{ДС}$ – средняя часовая норма прохода автоцистерны по суше в грузу, км/ч;

$t_{ijb}^{ВГ2}$ – время выгрузки СПГ судно в заправочные терминалы и заводы назначения i -е судно, j -м вариантом, на b -е расстояние, ч; определяется по формуле (7):

$$t_{ijb}^{ВГ2} = \frac{G_r}{H_{ВГ2}}, \quad (7)$$

где G_r – количество сжиженного природного газа для одной автоцистерны, т;

$H_{ВГ2}$ – судочасовая норма выгрузки СПГ в газовый заправочный терминал и завод порта прихода, т/ч;

$t_{ijb}^{БП}$ – время перехода газовева в балласте в порт погрузки по морю в i -е судно, j -м вариантом, на b -е расстояние, ч; определяется по формуле (8):

$$t_{ijb}^{БП} = \frac{L_b}{24t_{БП}}, \quad (8)$$

где L_b – расстояние перехода газовева в балласте морским путем, км

$t_{БП}$ – средняя суточная норма прохода танкера-газовева по морю в балласте, км/сут,

Таким образом, трансформация формулы 1 выражена в виде формулы (9):

$$T_{кр_{ijb}} = \frac{G_r}{H_{ПГ1}} + \frac{L_b}{24t_{ДМ}} + \frac{G_r}{H_{ВГ1}} + \frac{G_r}{H_{ПГ2}} + \frac{L_b}{24t_{ДС}} + \frac{G_r}{H_{ВГ2}} + \frac{L_b}{24t_{БП}} \quad (9)$$

Результаты и обсуждение

Полученная формализованная модель временных затрат отражает общее направление транспортно-логистической схемы (ТЛС) [5] смешанных грузоперевозок природного газа морским и автомобильным транспортом по Северному Морскому Пути. Предложенный нами алгоритм существенно упростит расчет времени транспортировки природного газа через СМП; он будет актуален для принятия управленческих решений в логистической сфере для грузоперевозчиков и грузополучателей как на уровне коммерческих компаний, так и на государственном уровне [14-16].

Выводы

Разработка ТЛС по Северному Морскому Пути является поддерживающим решением для приоритетного стратегического вектора РФ – развития Арктической зоны России и обеспечения национальной безопасности [20].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабич С.В., Яковлева А.А. Транспортно-логистический потенциал Северного морского пути в Евразийском экономическом пространстве // Российская Арктика. – 2019. – №4. – С. 5-14.
2. Гуранова А.А. Логистические преимущества Северного морского пути // Экономические отношения. – 2019. – Т. 9. - №1. - С. 169-176.
3. Жулева О.И., Кузьменкова В.Н. Логистические инновации и анализ деятельности российских морских портов, динамика грузооборота и перспективы развития // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2019. – №2-2. – С. 260-266.
4. Збарашенко В.С. Транспортный потенциал Северного морского пути (СМП) North Sea route (NSR) - North East passage (NEP) / Под редакцией С.В. Новикова // Транспорт и логистика в Арктике. Северный морской путь: курс - Дальний Восток: Техносфера, 2016. – С. 71-83.
5. Зеленков М.Ю. Транспортно-логистическая система Северного морского пути: перспективы, проблемы и пути их решения // Арктика: экология и экономика. – 2019. – №4(36). – С. 131-140.

6. Карпычева М.В. Формирование современной мультимодальной транспортно-технологической системы как фактор повышения конкурентоспособности транспортно-логистического комплекса Российской Федерации // Концептуальные проблемы экономики и управления на транспорте: взгляд в будущее: Труды международной научно-практической конференции. – Москва: Российский университет транспорта. – 2019. – С. 157-159.
7. Коновалова Т.В., Надирян С.Л., Меркулова Е.С. Совершенствование методов оптимизации транспортно-логистических издержек в торгово-транспортно-логистических системах // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2021. – №2. – С. 213-215.
8. Манова В.А., Лебедева А.С. Факторы, определяющие формирование инновационных транспортно-логистических комплексов // Транспортные системы и технологии. – 2020. – Т. 6. – №2. – С. 129-144.
9. Мезенцева Е.Д., Прохорова Л.В. Мультимодальные перевозки: особенности и риски [Электронный ресурс] // Гарант.ру. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/10164072/a6d4575bf4fdf5112bb719794a9a4d5/>.
10. Скрипаль А.С., Калашникова И.В. Транспортно-логистический центр как элемент логистической системы / Под общей редакцией С.Е. Туркулец // Приоритеты развития социогуманитарного знания, экономики и права: научная дискуссия и эксперименты: Материалы международной научно-практической конференции. – Кисловодск: ООО «Научный консультант», 2017. – С. 132-134.
11. Якушева Д.А. Северный морской путь как важнейшая часть ледового Шелкового пути: состояние и перспективы // Вестник молодежной науки. – 2021. – № 5(32).
12. Gavrilov V. Russian legislation on the Northern Sea Route navigation: scope and trends // The Polar Journal. – 2020. – Vol. 10. – №2. – P. 273-284.
13. Garafutdinov R.M. The Northern sea route: problems of its realization and possible solutions // Молодые исследователи XXI века – наука и предпринимательство на Севере: Международная научно-практическая конференция. – Сыктывкар: Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина. – 2020. – С. 13-15.
14. Masaynov O.M., Achkasova N.N. Will the Northern sea route be an alternative to the Southern sea route? // Modern Science. – 2021. – №10-1. – P. 46-49.
15. Melnikov A.R., Melnikova M.A., Baranova E.Yu. Northern sea route: an international transit corridor or a zone for export of Russian natural resources? // Asia-Pacific Journal of Marine Science & Education. – 2020. – Vol. 10. – №2. – P. 11-17.
16. Fedorov V.P., Zhuravel V.P., Grinyaev S.N., Medvedev D.A. The Northern Sea Route: Problems and prospects of development of transport route in the Arctic // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: International Scientific Round Table «Logistics in the Arctic: Problems of International Cooperation». – St. Petersburg: IOP Publishing. – 2020. – P. 012007.
17. Todorov A. Where does the Northern Sea Route Lead To? [Электронный ресурс] // RIAC. – 2019. – Режим доступа: <https://russiancouncil.ru/en/analytics-and-comments/analytics/where-does-the-northern-sea-route-lead-to>.
18. Электронный ресурс. – Режим доступа: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/arktika/633267-gazovaya-promyshlennost-rossiyskoy-arktiki/>
19. Электронный ресурс. – Режим доступа: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2017/03/31/683492-yamal-spg-gazovozov>.
20. Электронный ресурс. – Режим доступа: <https://www.arctic2035.ru/>

Алпатов Антон Андреевич

Донской государственный технический университет

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

Аспирант

E-mail: aaalpatov133@gmail.com

Зырянов Владимир Васильевич

Донской государственный технический университет

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

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

E-mail: tolbaga@mail.ru

A.A. ALPATOV, V.V. ZYRYANOV

MODEL OF TIME COSTS DEVELOPMENT THE MIXED LNG TRANSPORTATION ALONG NORTHERN SEA ROUTE

Abstract. *The article considers the relevance of transporting liquefied natural gas along the Northern Sea Route in the countries of the Asia-Pacific region by multimodal transportation using sea (gas carriers (accompanied by nuclear icebreakers, during a dangerous ice atmosphere) and*

land routes (land transport equipped with medium tanks for transporting LNG)), in particular, along the route of the Arctic seaport of Sabbeta (Russian Federation) – Yokohama LNG terminal (Japan). Based on the combination of logistic models of sea and land transportation of LNG, an algorithm for developing a model of mixed LNG cargo transportation (by sea and land modes of transport) is proposed. A modeling technique is proposed that provides for the integration of logistic models of sea and land transport within the framework of multimodal natural gas transportation.

Keywords: mixed cargo transportation, transportation of natural gas, algorithm of a model development for mixed cargo transportation, Northern Sea Route

BIBLIOGRAPHY

1. Babich S.V., Yakovleva A.A. Transportno-logisticheskiy potentsial Severnogo morskogo puti v Evro-aziatskom ekonomicheskoy prostranstve // Rossiyskaya Arktika. - 2019. - №4. - S. 5-14.
2. Guranova A.A. Logisticheskie preimushchestva Severnogo morskogo puti // Ekonomicheskie otnosheniya. - 2019. - T. 9. - №1. - S. 169-176.
3. Zhuleva O.I., Kuz'menkova V.N. Logisticheskie innovatsii i analiz deyatel'nosti rossiyskikh morskikh portov, dinamika gruzooborota i perspektivy razvitiya // Vestnik Altayskoy akademii ekonomiki i pra-va. - 2019. - №2-2. - S. 260-266.
4. Zbarashchenko V.S. Transportnyy potentsial Severnogo morskogo puti (SMP) North Sea route (NSR) - North East passage (NEP) / Pod redaktsiey S.V. Novikova // Transport i logistika v Arktike. Severnyy morskoy put': kurs - Dal'niy Vostok: Tekhnosfera, 2016. - S. 71-83.
5. Zelenkov M.Yu. Transportno-logisticheskaya sistema Severnogo morskogo puti: perspektivy, problemy i puti ikh resheniya // Arktika: ekologiya i ekonomika. - 2019. - №4(36). - S. 131-140.
6. Karpicheva M.V. Formirovanie sovremennoy mul'timodal'noy transportno-tekhnologicheskoy sistemy kak faktor povysheniya konkurentosposobnosti transportno-logisticheskogo kompleksa Rossiyskoy Federatsii // Kontseptual'nye problemy ekonomiki i upravleniya na transporte: vzglyad v budushchee: Trudy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Moskva: Rossiyskiy universitet transporta. - 2019. - S. 157-159.
7. Konovalova T.V., Nadiryan S.L., Merkulova E.S. Sovershenstvovanie metodov optimizatsii transportno-logisticheskikh izderzhok v torгово-transportno-logisticheskikh sistemakh // Gumanitarnye, sotsial'no-ekonomicheskie i obshchestvennyye nauki. - 2021. - №2. - S. 213-215.
8. Manova V.A., Lebedeva A.S. Faktory, opredelyayushchie formirovanie innovatsionnykh transportno-logisticheskikh kompleksov // Transportnye sistemy i tekhnologii. - 2020. - T. 6. - №2. - S. 129-144.
9. Mezentsева E.D., Prokhorova L.V. Mul'timodal'nye perevozki: osobennosti i riski [Elektronnyy resurs] // Garant.ru. - Rezhim dostupa: <https://base.garant.ru/10164072/a6d4575bf4fdf5112bb719794a9a4d5/>.
10. Skripal' A.S., Kalashnikova I.V. Transportno-logisticheskiy tsentr kak element logisticheskoy sistemy / Pod obshchey redaktsiey S.E. Turkulets // Prioritety razvitiya sotsiogumanitarnogo znaniya, ekonomiki i prava: nauchnaya diskussiya i eksperimenty: Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Kislovodsk: OOO «Nauchnyy konsul'tant», 2017. - S. 132-134.
11. Yakusheva D.A. Severnyy morskoy put' kak vazhneyshaya chast' ledovogo Shelkovogo puti: sostoyanie i perspektivy // Vestnik molodezhnoy nauki. - 2021. - № 5(32).
12. Gavrilov V. Russian legislation on the Northern Sea Route navigation: scope and trends // The Polar Journal. - 2020. - Vol. 10. - №2. - P. 273-284.
13. Garafutdinov R.M. The Northern sea route: problems of its realization and possible solutions // Molodye issledovateli XXI veka - nauka i predprinimatel'stvo na Severe: Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya. - Syktyvkar: Syktyvskarskiy gosudarstvennyy universitet im. Pitirima Sorokina. - 2020. - S. 13-15.
14. Masaynov O.M., Achkasova N.N. Will the Northern sea route be an alternative to the Southern sea route? // Modern Science. - 2021. - №10-1. - P. 46-49.
15. Melnikov A.R., Melnikova M.A., Baranova E.Yu. Northern sea route: an international transit corridor or a zone for export of Russian natural resources? // Asia-Pacific Journal of Marine Science & Education. - 2020. - Vol. 10. - №2. - P. 11-17.
16. Fedorov V.P., Zhuravel V.P., Grinyaev S.N., Medvedev D.A. The Northern Sea Route: Problems and prospects of development of transport route in the Arctic // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: International Scientific Round Table «Logistics in the Arctic: Problems of International Cooperation». - St. Petersburg: IOP Publishing. - 2020. - P. 012007.
17. Todorov A. Where does the Northern Sea Route Lead To? [Elektronnyy resurs] // RIAC. - 2019. - Rezhim dostupa: <https://russiancouncil.ru/en/analytics-and-comments/analytics/where-does-the-northern-sea-route-lead-to/>.
18. Elektronnyy resurs. - Rezhim dostupa: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/arktika/633267-gazovaya-promyshlennost-rossiyskoy-arktiki/>
19. Elektronnyy resurs. - Rezhim dostupa: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2017/03/31/683492-yamal-spg-gazovozov>.
20. Elektronnyy resurs. - Rezhim dostupa: <https://www.arctic2035.ru/>

Alpatov Anton Andreevich
Don State Technical University
Address: Russia, 344003, Rostov-on-Don, Gagarin Sq., 1
Postgraduate student
E-mail: aalpatov133@gmail.com

Zyryanov Vladimir Vasilievich
Don State Technical University
Doctor of technical sciences
Address: Russia, 344003, Rostov-on-Don, pl. Gagarina, d. 1
E-mail: tolbaga@mail.ru

Научная статья

УДК 656.081

doi:10.33979/2073-7432-2022-2(78)-3-39-45

Г.А. ЯКУПОВА, И.В. МАКАРОВА, П.А. БУЙВОЛ, А.М. АБАШЕВ,
Э.М. МУХАМЕТДИНОВ

ИЗУЧЕНИЕ ТИПОВЫХ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ПЕРЕКРЕСТКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Аннотация. Рассмотрен способ изучения типовых аварийных ситуаций на основе проведения компьютерных экспериментов на имитационной модели участка улично-дорожной сети. Показано, что целесообразным является использование микромоделирования. Смоделированы типовые аварийные ситуации, возникающие на Т-образом перекрестке. Получены оценки изменений параметров (среднее время пересечения автомобилем перекрестка во всех направлениях, средняя скорость движения) при наступлении критической ситуации заданной продолжительности. На основе предложенного метода может быть сформирована база знаний для интеллектуальных транспортных систем.

Ключевые слова: интеллектуальные транспортные системы, дорожно-транспортное происшествие, безопасность дорожного движения, аварийные ситуации, имитационная модель

Введение

В связи со значительным ростом мобильности человечества значимость транспортной системы значительно повысилась. Эффективное функционирование транспортной инфраструктуры обеспечивает успешное развитие урбанизированной территории, а качество реализации зависит от степени интеллектуализации. Поскольку инфраструктурные изменения не всегда приводят к желаемому результату, для решения транспортных проблем применяют организационные меры. Одним из самых перспективных в мировой практике решений является внедрение интеллектуальных транспортных систем (ИТС), реализующих возможности цифровых и телекоммуникационных технологий.

При внедрении и развитии ИТС появляется необходимость формирования базы правил для управления дорожным движением с целью повышения безопасности дорожного движения. Данные правила должны быть основаны на типовых ситуациях, возникающих на рассматриваемых участках улично-дорожной сети.

Материалы и методы

Поскольку многие параметры (интенсивность потока в первую очередь) носят стохастический характер, а функционирование транспортной системы сопряжено с рисками (материальными, человеческими, временными), то любое изменение дорожной ситуации может привести к сбою в работе системы (ухудшению дорожной ситуации, а в наиболее серьезных случаях – к транспортному коллапсу), то любые действия по изменениям в инфраструктуре, либо в системе управления должны быть научно обоснованными. Одним из наилучших способов является имитационное моделирование, поскольку позволяет проверить работу реальной системы при разных значениях параметров и изменениях дорожной ситуации и изучить типовые аварийные ситуации.

На сегодняшний день выделяют три основных вида моделирования: макроскопический, мезоскопический, микроскопический.

В первых макроскопических моделях транспортный поток был рассмотрен как поток жидкости с соответствующими свойствами [1-3]. В таких моделях зависимость между плотностью, скоростью и интенсивностью транспортного потока описывалась фундаментальными диаграммами. На сегодняшний день возможности моделирования транспортных потоков (ТП) расширены и продолжают развиваться. Данный тип моделирования широко используется на практике при принятии решений в области транспортного планирования, но на практике при исследовании организации и безопасности движения на дорогах модели этого типа

не применяются [4]. В современных исследованиях для построения транспортных макромоделей часто применяют программные разработки PTV Vision® (VISUM, VISTRO). В работах [5, 6] представлена методика модернизации схемы организации движения транспортных и пешеходных потоков в городе Орел, что способствует оптимизации дорожного движения и повышению уровня безопасности пешеходов.

Микроскопический подход позволяет создавать имитационные модели движения транспортных средств (ТС) на некотором шаге, с целью описания поведения и взаимодействия отдельных ТС, создающих ТП [7-9]. Здесь каждый автомобиль задаётся как самостоятельный объект, взаимодействующий с другими автомобилями и дорожной сетью, основными параметрами которых являются дистанция безопасности следующих друг за другом автомобилей и скорость их движения. При поиске решений по реконструкции УДС города Орёл, авторы исследования [10] разработали микромодель участка, используя систему динамического моделирования PTV Vision®: VISSIM. В исследовании [11] для упрощения процесса моделирования и повышения адекватности моделей, описаны возможности платформы AnyLogic для решения задач транспортного моделирования, ориентированные на специалистов в области БДД.

Мезоскопические модели имеют средний уровень детализации. Так, высокий уровень детализации применяют для описания автомобилей (как в микромоделях), а для описания их поведения и взаимодействия применяют низкий уровень детализации (как в макромоделях). Это позволяет моделировать движение ТС и УДС практически с таким же, как и в микромоделях уровнем детализации. В работе [12] разработана и теоретически обоснована методика интегральной оценки эффективности организации дорожного движения на основе показателей мезоскопической модели. В работе [13] приведён сравнительный анализ всех уровней моделирования. По мнению автора, плюсами мезомоделей являются более высокая, чем при макромоделировании точность результатов, но гораздо более низкие, чем при микромоделировании, ресурсные затраты.

Поскольку микромодели обладают большей детальностью, чем макроскопические модели, их применяют при исследовании локальных мероприятий в транспортной инфраструктуре [14-16]. Поэтому для моделирования отдельных участков улично-дорожной сети был выбран микроскопический подход. Модели этого уровня позволяют отобразить поведение каждого отдельно взятого участника дорожного движения, подчиняющегося установленным правилам, а также их взаимодействие, что дает возможность изучить аварийные ситуации и сформировать базу данных типовых ситуаций.

Теория

В небольших городах параметры ТП отличаются большей стабильностью, количество критических участков невелико, поэтому можно применять имитационные микромодели для моделирования ситуации «что – если». Для анализа был выбран один из проблемных участков малого города Елабуга: Т-образный перекресток пересечения проспекта Нефтяников, Окружного и Танаевского шоссе, дороги - с двусторонним движением с разным количеством полос для движения в каждом направлении и простроены имитационные модели аварийных ситуаций. Для реализации задачи формирования базы типовых аварийных ситуаций был выбран пакет имитационного моделирования AnyLogic. Предварительно для установления оптимальной продолжительности фаз работы светофора была проведена оптимизация в виде серии экспериментов. Выявлена следующая логика работы светофора: на первой фазе горит зеленый свет для движения ТС по Окружному шоссе, на второй – для заезда на перекресток с проспекта Нефтяников, а также для участников движения шоссе Танаевское.

Поскольку было установлено, что данный участок УДС является местом концентрации ДТП, были проведены компьютерные эксперименты для нескольких вариантов аварийных ситуаций. При этом, для исследования были выбраны те, которые могут возникнуть с большей вероятностью.

В качестве первого варианта возможного ДТП рассмотрели случай аварии на проспекте Нефтяников вблизи рассматриваемого перекрёстка, задав длительность аварии 600 секунд

(рис. 1). Результаты прогона экспериментальной модели показывают, что время пересечения перекрёстка в каждом из направлений значительно увеличивается, особенно время проезда по проспекту Нефтяников, что составляет 246, 41 секунду, при этом скорость проезда ТС по каждому из направлений движения уменьшается, соответственно, примерно на 5-7 км/ч.



Рисунок 1 – ИМ перекрёстка с аварийной ситуацией на Проспекте Нефтяников

В качестве второго возможного варианта ДТП рассмотрели случай аварийной ситуации на Танаевском шоссе, задав продолжительность предположительной аварии также 600 секунд (рис. 2).



Рисунок 2 – ИМ перекрёстка с аварийной ситуацией на Танаевском шоссе

Полученный результат свидетельствует о том, что время пересечения перекрёстка в каждом из направлений также, как и в предыдущем эксперименте значительно возрастает, особенно по направлению Танаевского шоссе, что составляет 258,57 секунд, при этом скорость проезда ТС перекрёстка по каждому из направлений уменьшается, соответственно, примерно на 4-5 км/ч. Третий вариант возможного случая ДТП – это аварийная ситуация на Окружном шоссе, продолжительность предположительной аварии такая же, как в предыдущих ситуациях 600 секунд (рис. 3). Получены следующие результаты время пересечения перекрестка в каждом из направлений также, как и в первых двух экспериментах значительно увеличивается, особенно время проезда по направлению Окружного шоссе, что составляет

203,97 секунд, а скорость проезда ТС перекрестка соответственно уменьшается на 3-4 км/ч в каждом из направлений движения.



Рисунок 3 – ИМ перекрёстка с аварийной ситуацией на Окружном шоссе

Последний из рассмотренных вариантов ДТП – это аварийной ситуации на самом исследуемом перекрёстке прямо по направлению движения по проспекту Нефтяников, заданная продолжительность времени аварии 600 секунд, такая же, как и во всех предыдущих экспериментах (рис. 4).



Рисунок 4 – ИМ перекрёстка с аварийной ситуацией на самом перекрёстке

Эксперимент показал, что время пересечения перекрёстка составляет: по Окружному шоссе 271,3 секунды, по проспекту Нефтяников 351,32 секунды, по Танаевскому шоссе 398,82 секунды, скорость проезда ТС перекрёстка соответственно существенно уменьшается по всем трём направлениям движения примерно на 7-10 км/ч.

Результаты и обсуждение

На основе построенной имитационной модели был изучен один из проблемных участков малого города Елабуга: Т-образный перекресток пересечения проспекта Нефтяников, Окружного и Танаевского шоссе, дороги - с двусторонним движением с разным количеством полос для движения в каждом направлении. Смоделированы четыре типовые аварийные ситуации: на подъезде к перекрестку по трем направлениям движения и непосредственно на самом перекрестке. Получены оценки изменений параметров (среднее время пересечения автомобилем перекрестка во всех направлениях, средняя скорость движения) при наступлении критической ситуации заданной про-

должительности. В результате можно сделать вывод, что последний из рассмотренных вариантов ДТП (рис. 4) на исследуемом перекрёстке является самым критичным, поскольку приводит к образованию значительных заторов, вследствие чего значительно увеличивается время пересечения перекрёстка в каждом из направлений движения.

Выводы

Для повышения эффективности работы транспортных систем урбанизированных территорий на современном этапе необходимо внедрение и развитие интеллектуальных инструментов управления дорожным движением с целью повышения безопасности дорожного движения. Имитационные модели позволяют изучить возможные последствия тех или иных ситуаций при разных возникающих условиях, которые невозможно воспроизвести или проверить в реальной жизни. Предварительное изучение дорожной ситуации на имитационных моделях позволит сформировать базу типовых аварийных ситуаций и сгенерировать систему правил оперативного и стратегического управления.

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-29-06008 \ 21.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гасников, А.В. Введение в математическое моделирование транспортных потоков: учеб. пособие / Под ред. А.В. Гасникова - М.: МФТИ, 2010. - 362 с.
2. Лозе Д. Моделирование транспортного предложения и спроса на транспорт для пассажирского и служебного транспорта – Обзор теории моделирования // Система управления деятельностью в области обеспечения безопасности дорожного движения на федеральном уровне, на уровне субъектов РФ, на уровне местного самоуправления. - 2007. - С. 154-179.
3. Лившиц В.В. Математическая модель случайно-детерминированного выбора и ее применение для расчета трудовых корреспонденций // Автоматизация процессов градостроительного проектирования. - 1973. - С. 39-57.
4. Гасников, А.В. Введение в математическое моделирование транспортных потоков: учеб. пособие / Под ред. А.В. Гасникова - М.: МФТИ, 2010. - 362 с.
5. Новиков А.Н., Баранов Ю.Н., Катунин А.А., Матназаров Д.Д. Модернизация улично-дорожной сети города Орла (на примере Наугорского шоссе) // Мир транспорта и технологических машин. – 2014. - №2(45). – С. 86-96.
6. Новиков А.Н., Голенков В.А., Баранов Ю.Н., Катунин А.А., Бодров А.С. Совершенствование дорожной сети для повышения их пропускной способности с использованием средств транспортной телематики // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2014. - №6. – С. 128-139.
7. Hoogendoorn S.P., Bovy P.H. State-of-the-art of vehicular traffic flow modeling // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part I: Journal of Systems and Control Engineering. - 2001. - Vol. 215. - №4. - P. 283-303.
8. Todosiev E.P., Barbosa L.C. A Proposed model for the driver-vehicle system // Traffic Engineering. – 1964. - Vol. 34. - P. 17-20.
9. Сильянов, В.В. Имитационное моделирование транспортных потоков в проектировании дорог - М.: МАДИ, 1961. - 119 с.
10. Батищев И.Н., Бодров А.С., Ломакин Д.О., Кулекв А.В. Применение программных средств имитационного моделирования при управлении транспортными потоками // Воронежский научно-технический вестник. - 2016. - №3(17). – С. 20-26.
11. Черненко В.Е. Низкоуровневое имитационное моделирование транспортных систем: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Ульяновск: УлГУ, 2010. – 23 с.
12. Кураксин А.А. Совершенствование методов оценки эффективности организации дорожного движения на основе применения технологий мезоскопического моделирования транспортных потоков: Дис. ... канд. техн. наук. – Рязань, 2020. – 192 с.
13. Ломакин Д.О. Мезоскопические модели транспортных потоков // Информационные технологии и инновации на транспорте: Материалы 2-ая Международная научно-практическая конференция. - 2016. - С. 53-59.
14. Якупова Г.А., Макарова И.В., Буйвол П.А. Имитационное моделирование проблемного участка улично-дорожной сети, позволяющее повысить безопасность дорожного движения // Грузовик. - 2021. - №10. - С. 30-35.
15. Yakupova G.A., Yakupova G., Buyvol P., Mukhametdinov E., Abashev A., Mirzagaliyev F. The Feedback Method to Improve Road Safety // Proceedings - International Conference on Developments in eSystems Engineering, DeSE 2020-December. -9450754. - С. 357-362.

16. Якупова Г.А., Макарова И.В., Буйвол П.А. Совершенствование транспортной системы города с использованием имитационного моделирования ее отдельных сегментов // Автогазозаправочный комплекс + Альтернативное топливо. - 2020. - №19 (1). – С. 29-33.

Якупова Гульнара Анваровна

Набережночелнинский институт КФУ

Адрес: Россия, 423822, г. Набережные Челны, пр-т Сююмбике, 10а

К.т.н., старший преподаватель кафедры сервиса транспортных систем

E-mail: math8@mail.ru

Макарова Ирина Викторовна

Набережночелнинский институт КФУ

Адрес: Россия, 423822, г. Набережные Челны, пр-т Сююмбике, 10а

Д.т.н., профессор, зав. кафедрой сервиса транспортных систем

E-mail: kamIVM@mail.ru

Буйвол Полина Александровна

Набережночелнинский институт КФУ

Адрес: Россия, 423822, г. Набережные Челны, пр-т Сююмбике, 10а

К.т.н., доцент, доцент кафедры сервиса транспортных систем

E-mail: skyeyes@mail.ru

Абашев Альберт Маратович

Набережночелнинский институт КФУ

Адрес: Россия, 423822, г. Набережные Челны, пр-т Сююмбике, 10а

Магистрант

E-mail: abashev1999albert@mail.ru

Мухаметдинов Эдуард Мухаматзакиевич

Набережночелнинский институт КФУ

Адрес: Россия, 423822, г. Набережные Челны, пр-т Сююмбике, 10а

К.т.н., доцент, доцент кафедры сервиса транспортных систем

E-mail: funte@mail.ru

G.A. YAKUPOVA, I.V. MAKAROVA, P.A. BUYVOL, A.M. ABASHEV,
E.M. MUKHAMETDINOV

**STUDY OF TYPICAL EMERGENCY SITUATIONS
AT THE CROSSROADS USING SIMULATION**

Abstract. The article considers a method for studying typical emergency situations based on computer experiments on a simulation model of a road network section. It is shown that it is expedient to use microsimulation. Modeled typical emergency situations that occur at the T-junction. Estimates of changes in parameters (average time for a car to cross an intersection in all directions, average speed) are obtained when a critical situation of a given duration occurs. Based on the proposed method, a knowledge base for intelligent transport systems can be formed.

Keywords: intelligent transport systems, traffic accident, traffic safety, emergencies, simulation model

BIBLIOGRAPHY

1. Gasnikov, A.V. Vvedenie v matematicheskoe modelirovanie transportnykh potokov: ucheb. posobie / Pod red. A.V. Gasnikova - M.: MFTI, 2010. - 362 s.
2. Loze D. Modelirovanie transportnogo predlozheniya i sprosa na transport dlya passazhirskogo i sluzhebnoy transporta - Obzor teorii modelirovaniya // Sistema upravleniya deyatel'nost'yu v oblasti obespecheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya na federal'nom urovne, na urovne sub'ektov RF, na urovne mestnogo samoupravleniya. - 2007. - S. 154-179.
3. Livshits V.V. Matematicheskaya model' sluchayno-determinirovannogo vybora i ee primeneniye dlya rascheta trudovykh korrespondentsiy // Avtomatizatsiya protsessov gradostroitel'nogo proektirovaniya. - 1973. - S. 39-57.
4. Gasnikov, A.V. Vvedenie v matematicheskoe modelirovanie transportnykh potokov: ucheb. posobie / Pod red. A.V. Gasnikova - M.: MFTI, 2010. - 362 s.

5. Novikov A.N., Baranov Yu.N., Katunin A.A., Matnazarov D.D. Modernizatsiya ulichno-dorozhnoy seti goroda Orla (na primere Naugorskogo shosse) // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. - 2014. - №2(45). - S. 86-96.
6. Novikov A.N., Golenkov V.A., Baranov Yu.N., Katunin A.A., Bodrov A.S. Sovershenstvovanie dorozhnoy seti dlya povysheniya ikh propusknoy sposobnosti s ispol'zovaniem sredstv transportnoy telematiki // *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki*. - 2014. - №6. - S. 128-139.
7. Hoogendoorn S.P., Bovy P.H. State-of-the-art of vehicular traffic flow modeling // *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part I: Journal of Systems and Control Engineering*. - 2001. - Vol. 215. - №4. - R. 283-303.
8. Todosiev E.P., Barbosa L.C. A Proposed model for the driver-vehicle system // *Traffic Engineering*. - 1964. - Vol. 34. - R. 17-20.
9. Sil'yanov, V.V. Imitatsionnoe modelirovanie transportnykh potokov v proektirovanii dorog - M.: MADI, 1961. - 119 s.
10. Batishchev I.N., Bodrov A.S., Lomakin D.O., Kulekv A.V. Primenenie programmnykh sredstv imitatsionnogo modelirovaniya pri upravlenii transportnymi potokami // *Voronezhskiy nauchno-tekhnicheskii vestnik*. - 2016. - №3(17). - S. 20-26.
11. Chernenko V.E. Nizkourovnevoe imitatsionnoe modelirovanie transportnykh sistem: Avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. - Ul'yanovsk: UIGU, 2010. - 23 s.
12. Kuraksin A.A. Sovershenstvovanie metodov otsenki effektivnosti organizatsii dorozhnogo dvizheniya na osnove primeneniya tekhnologiy mezoskopicheskogo modelirovaniya transportnykh potokov: Dis. ... kand. tekhn. nauk. - Ryazan', 2020. - 192 s.
13. Lomakin D.O. Mezoskopicheskie modeli transportnykh potokov // *Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte: Materialy 2-aya Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. - 2016. - S. 53-59.
14. Yakupova G.A., Makarova I.V., Buyvol P.A. Imitatsionnoe modelirovanie problemnogo uchastka ulichno-dorozhnoy seti, pozvolyayushchee povysit' bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya // *Gruzovik*. - 2021. - №10. - S. 30-35.
15. Yakupova G.A., Yakupova G., Buyvol P., Mukhametdinov E., Abashev A., Mirzagaliev F. The Feedback Method to Improve Road Safety // *Proceedings - International Conference on Developments in eSystems Engineering, DeSE 2020-December*. - 9450754. - S. 357-362.
16. Yakupova G.A., Makarova I.V., Buyvol P.A. Sovershenstvovanie transportnoy sistemy goroda s ispol'zovaniem imitatsionnogo modelirovaniya ee otdel'nykh segmentov // *Avtogazozapravochnyy kompleks + Alternativnoe toplivo*. - 2020. - №19 (1). - S. 29-33.

Yakupova Gulnara Anvarovna

Kazan Federal University

Address: Russia, 423822, Naberezhnye Chelny, Suymbike Avenue, 10A

Candidate of technical sciences

E-mail: math8@mail.ru

Makarova Irina Viktorovna

Kazan Federal University

Address: Russia, 423822, Naberezhnye Chelny, Suymbike Avenue, 10A

Doctor of technical sciences

E-mail: kamIVM@mail.ru

Buyvol Polina Alexandrovna

Kazan Federal University

Address: Russia, 423822, Naberezhnye Chelny, Suymbike Avenue, 10A

Candidate of technical sciences

E-mail: skyeyes@mail.ru

Abashev Albert Maratovich

Kazan Federal University

Address: Russia, 423822, Naberezhnye Chelny, Suymbike Avenue, 10A

Master student

E-mail: abashev1999albert@mail.ru

Mukhametdinov Eduard Mukhamatzakievich

Kazan Federal University

Address: Russia, 423822, Naberezhnye Chelny, Suymbike Avenue, 10A

Candidate of technical sciences

E-mail: funte@mail.ru

Научная статья

УДК 656.11

doi:10.33979/2073-7432-2022-2(78)-3-46-55

В.Н. БАСКОВ, Е.И. ИСАЕВА

ИНФОРМАЦИОННО-ЦИФРОВОЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Аннотация. Рассмотрена взаимосвязь факторов в системе ВАДС. Проведен анализ принятия решения водителем на основе получения и обработки информации. Рассмотрена каждая из подсистем ВАДС в контексте применения ИТС. Поскольку влияние человеческого фактора основополагающее в повышении безопасности дорожного движения проведена оценка функционирования системы контроля и помощи водителю.

Ключевые слова: информационно-цифровой подход, ВАДС, интеллектуальные транспортные системы, дорожно-транспортные происшествия, безопасность дорожного движения, водитель, автомобиль, дорога, среда, система помощи водителю, цифровизация, УДС

Введение

При выполнении перевозок грузов и пассажиров на сам процесс воздействует множество различных факторов, влияющих на организацию этого процесса, на производительность, на своевременность доставки, но самое важное – на безопасность перевозочного процесса и дорожного движения (ДД). Учитывая это, сегодня наметилась тенденция развития интеллектуальных транспортных систем (ИТС), уменьшающих и исключаящих влияние человеческого фактора на безопасность перевозок и дорожного движения. Так как безопасность перевозочного процесса зависит от многих факторов, то «управляющее» воздействие направлено на наиболее значимые факторы, воздействие на которые дают наибольший эффект. При этом рассматривают традиционную систему, в которой наиболее информативными и значимыми факторами являются водитель-автомобиль-дорога-среда (ВАДС). Главенствующее положение в этой системе занимает водитель, как субъект принимающей решение по функционированию всей системы в целом.

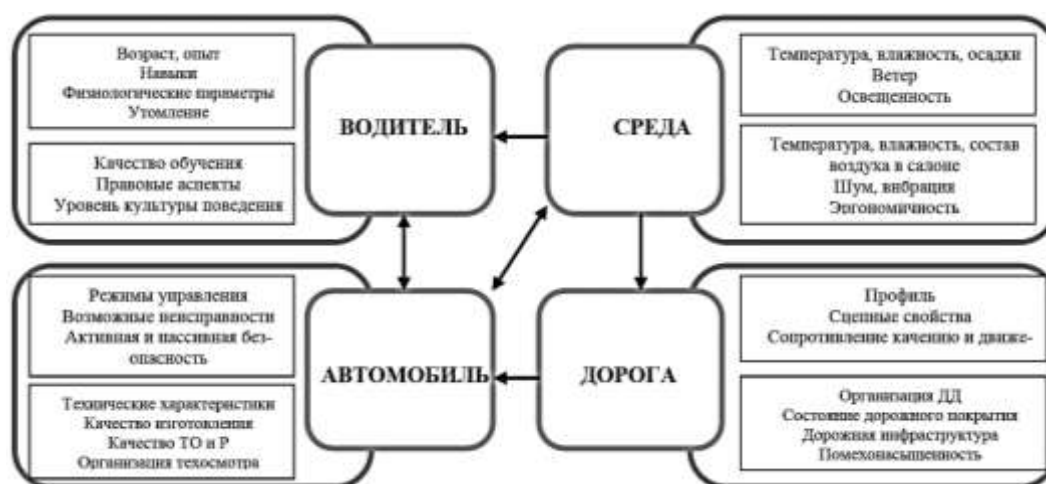


Рисунок 1 – Взаимосвязь факторов в системе ВАДС

В настоящее время уровень безопасности дорожного движения (БДД) играет огромное значение в жизни общества. Для его повышения используют современные цифровые технологии. Для повышения БДД, необходимо учитывать множество связей (рис. 1) [1, 2]: правовая сфера [3], качество обучения в автошколах, уровень культуры поведения, качество изготовления автомобилей, своевременность и качество выполнения технического обслуживания (ТО) и ремонта автомобилей, организация проведения технического осмотра автомобилей, уровень активной и пассивной безопасности [4], организация ДД, качество строительства, ремонта и уборки дорог, уровень развития дорожной инфраструктуры, внедрение ИТС [5, 6], помехонасыщенность улично-дорожной сети (УДС) [7].

© Басков В.Н., Исаева Е.И., 2022

Основным фактором, способствующим принятию решения водителем, является информационное обеспечение (рис. 2). С позиции психологии, управления транспортным средством (ТС) происходит через получение ощущений (через органы зрения и слуха) из внешней среды. Внешние раздражители (сигналы, звуки и т.д.) действуют на органы восприятия, где информация преобразуется в нервные импульсы, поступающие в ЦНС [1].



Рисунок 2 – Схема получения и обработки информации водителем

Каждый из водителей является субъектом, принимающим конечное решение и управляющим ТС, входящим в состав транспортного потока (ТП).

Поведение водителя при принятии решения о совершении манёвра или иного действия, в зависимости от оценки ситуации на дороге, задействует определённый запас времени $t_{зп}$, по истечению которого производит управляющее воздействие на ТС. Время $t_{вм}$, необходимое для выполнения манёвра, которое учитывает скорость движущегося в прямом направлении ТП, определяется с помощью методов из теории автомобиля [8].

С целью обеспечения запаса времени реакции водителя, как правило, несколько переоценивают время, и принимают решения о начале манёвра при условии:

$$t_{зп} > t_{вм},$$

Как считают исследователи, степень решительности водителя при принятии решения определяется следующим коэффициентом [9,10]:

$$K_{реш} = t_{вм}/t_{фзв},$$

где $t_{фзв}$ – фактический запас времени, который определяет степень решительности при принятии решения, в течение которого водитель должен принять решение о выполнении манёвра.

Изменение коэффициента находится в следующем диапазоне:

$$0 < K_{реш} \leq 1.$$

Распределение вероятности $K_{реш}$ получается экспериментальным путём известными методами, например, с помощью фото-видеофиксации ТП [9].

Необходимо учесть, что показатель решительности водителя зависит от вида манёвра. В связи с этим $K_{реш}$ должен рассчитываться для каждого манёвра в отдельности [10, 11].

То есть, при информационно-цифровой оценке показателей БДД необходимо принимать во внимание поведенческий фактор водителя, который можно определить с помощью коэффициента решительности водителей [10].

Из вышесказанного следует, что если знать предварительно решения водителя, то можно оценить эффективность предлагаемого технического решения, определяя в какой степени решения ИТС управляют мотивацией водителей [1]. Рассматривая ИТС как средство управления и взаимодействия с пользователями (водителями) на основании целевых и функциональных индикаторов эффективности локальных проектов интеллектуальных транспортных систем (ЛП ИТС), формируются показатели оценки влияния на водителя: исполнение водителем рекомендуемого управления, соблюдение ПДД, качество и достоверность инфор-

мативности, определение принципа выбора управляющих воздействий среди существующих альтернатив, влияния внешних воздействий на водителя при принятии решения и его исполнении, комфортность и др.

Применение ИТС к каждой из составляющих системы ВАДС и объединение их в единый комплекс значительно повысит безопасность перевозочного процесса и ДД.

Материал и методы

Относительно подсистемы «Водитель» основным для безопасности дорожного движения является функция контроля состояния водителя, которая должна работать постоянно. В связи с этим данные в рамках этой задачи должны обрабатываться бортовым оборудованием в режиме реального времени.

Таким образом, на автомобиле должна работать система (рис. 3), выполняющая следующие задачи [12]: контроль режимов труда и отдыха водителя на основании навигационных данных и снимков лица водителя, которые отправляются бортовым оборудованием диспетчерский центр (ДЦ). Система должна сформировать сообщение об оставшемся времени работы перед отдыхом; идентификация водителя на соответствие допуску на управление автомобилем; контроль за состоянием водителя в режиме реального времени. При определении системой состояния водителя, близкого к засыпанию, должны предприниматься меры по его пробуждению и оперативное информирование ДЦ.

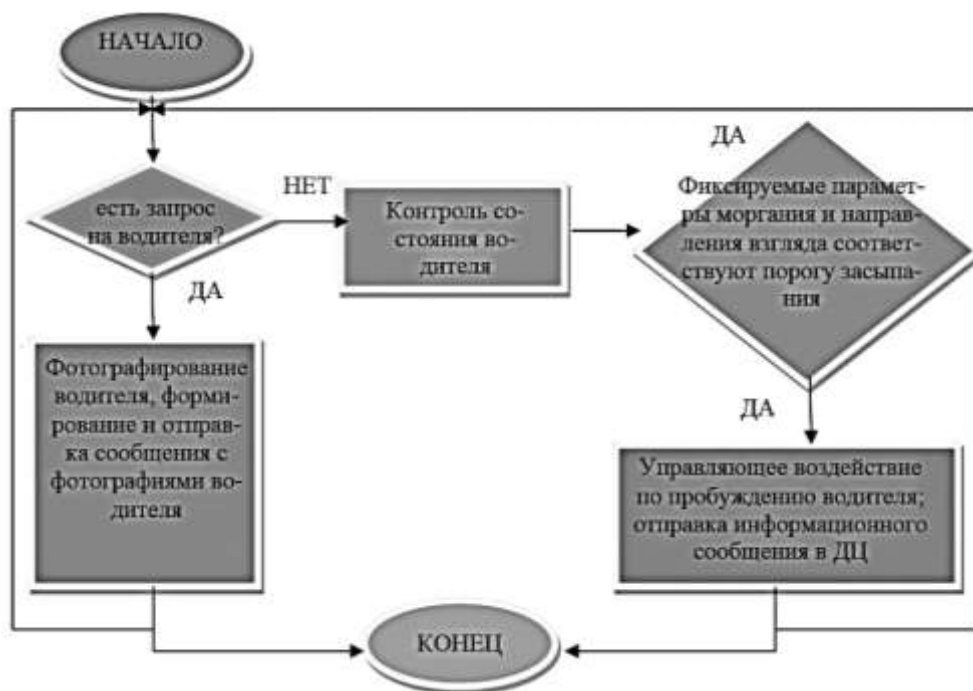


Рисунок 3 – Алгоритм выполнения функций идентификации и контроля состояния водителя

Как отмечалось выше, на надежность водителя, оказывает влияние ряд факторов, которые могут привести к совершению ошибок человеком-оператором (рис. 4):

- внешние факторы: конструктивные особенности дороги, параметры транспортного потока, помехонасыщенность, условия окружающей среды;
- внутренние факторы: микроклимат, концентрация загрязняющих веществ, отвлекающие факторы;
- факторы, относящиеся к особенностям водителя: возраст, стаж, физиологические параметры, самочувствие, темперамент, вредные привычки.

Для повышения надежности водителя используются различные системы помощи водителя и различные средства повышения комфорта на рабочем месте.

Надежность водителя оказывает значительно влияние на такую характеристику, как «внимание». Невнимательность водителя и его рассеянность увеличивают риск аварии, однако эмпирические данные об их распространенности ограничены.



Рисунок 4 – Факторы, влияющие на надежность водителя

На основе исследования Regan et al. [13] каждое дорожно-транспортное происшествие (ДТП) оценивалось с использованием списка закодированных поведений, чтобы определить, была ли невнимательность признаком поведения до аварии, т.е. особенностей человека-оператора. Также авариям могли способствовать различные факторы (поведение другого участника ДД, дефекты ТС). Наиболее частым подтипом невнимательности в этой выборке было ограничение внимания, за которым следует отвлечение внимания водителя (табл. 1).

Таблица 1 – Распространенность невнимательности по подтипам

Подтип невнимательности	Кол-во ДТП	Сбои из-за невнимательности, %
Ограничение внимания водителя	128	29,4
В состоянии алкогольного опьянения	46	10,6
Водитель заснул за рулем	40	9,2
Усталость водителя	37	8,5
Отключение электроэнергии перед ДТП	9	2,1
Плохое самочувствие	13	3,0
Неправильно расставленное внимание водителя	6	1,4
Водитель пренебрегал вниманием (не смотрел на дорогу)	11	2,5
Поверхностное внимание водителя	7	1,6
Водитель не заметил препятствие	5	1,1
Водитель увидел, но неверно оценил ситуацию на дороге	2	0,5
Пренебрежение вниманием или беглое внимание водителя	23	5,3
Отвлечение внимания водителя	54	12,4
Внутренние отвлекающие факторы (стресс и т.п.)	14	3,2
Отвлекающие факторы в автомобиле (пассажиры, телефон, музыка и т.п.)	30	6,9
Внешние отвлекающие факторы (поведение другого участника ДД, дорожные знаки, пешеходы и т.д.)	6	1,4
Отвлечение на неизвестный источник	4	0,9

Большинство водителей находились в состоянии алкогольного опьянения (46) или засыпали за рулем (40). Значительное число водителей были утомлены (37), в том числе двое

водителей были утомлены и находились в состоянии алкогольного опьянения. Меньшее количество водителей чувствовали себя физически плохо или теряли сознание.

Наиболее частыми отвращениями, были отвлекающие факторы в автомобиле, не связанные с вождением. Многие случаи отвращения внимания в автомобиле касались пассажиров: разговоры с пассажирами; спорить с пассажирами; пассажиры спорят друг с другом; и присмотр за маленькими детьми на заднем сиденье. Другие отвлекающие факторы включали: просмотр или регулировку систем автомобиля; использование мобильных телефонов; смена музыки в автомобиле; животных или насекомых в автомобиле.

Внутренние отвращения в основном связаны с когнитивными отвращениями, не связанными с вождением, такими как мышление или чувство стресса, часто из-за опозданий или недавнего прошлого опыта, такого как ссоры с членами семьи, принуждение вернуться на работу или посещение похорон в течение предыдущего периода. Почти все зарегистрированные отвращения включали элемент когнитивного отвращения. Учитывая это, категории, используемые для изучения типа отвращения внимания, были зрительными, слуховыми, физическими и только когнитивными (табл. 2).

Таблица 2 – Типы отвращения

Тип отвращения внимания	Да	Нет	Неизвестно
Визуальный	28	16	10
Слуховой	12	34	8
Физический	14	31	9
Только познавательный	12	38	4

Текущий анализ показывает, что невнимательность водителя, в том числе отвращение внимания водителя, способствует значительному количеству аварий с серьезными травмами. С учетом этих выводов сокращение числа ДТП и влияния водителя на их количество предполагает разработку мер, направленных на то, чтобы водители не отвлекались за счет использования специальных средств помощи водителю и контролю за его состоянием.

Учитывая то, что все воздействия водителя направлены на автомобиль, то значительное влияние на безопасность перевозок и дорожного движения оказывает автомобиль, как средство повышенной опасности.

Подсистема «Автомобиль» в рамках информационно-цифрового подхода к оценке безопасности автотранспортных средств включает:

1) активную безопасность: обеспечивает повышенную безопасность водителя и контроль над автомобилем. К элементам системы активной безопасности относятся: конструкция тормозной системы; конструкция антиблокировочной системы; электронный контроль устойчивости для легковых автомобилей (ESC) и для автомобилей большой грузоподъемности (EVSC) и т.д.;

2) пассивную безопасность: системы, повышающие ударопрочность и уменьшающие тяжесть последствий ДТП. Большинство этих систем – удерживающие системы (ремни безопасности, подушки безопасности, преднатяжители и т. д.).

В устройства или системы безопасности, которые сейчас широко используются в новых конструкциях автомобилей входят: ABS (антиблокировочная тормозная система); ISA (интеллектуальный круиз-контроль); ESC (электронный контроль устойчивости), EVSC (электронный контроль устойчивости автомобиля); DBC (динамическое управление тормозом); TCS (антипробуксовочная система); EBD (электронное распределение тормозов); BAS (системы помощи при торможении); TPMS (dTPMS) (системы контроля давления в шинах); AEB (системы автоматического экстренного торможения); системы автоматического освещения; системы предупреждения о лобовом столкновении (FCWS); системы, предупреждающие об опасности и препятствии; системы, предупреждающие о выезде с полосы движения

(LDWS); системы, определяющие состояние водителя и способные корректировать управление ТС; система помощи водителю (ADAS).

В связи с тем, что перевозочный процесс и все действия, связанные с ним происходят на дороге, то эта составляющая («дорога») в системе ВАДС оказывает существенное влияние на качество и безопасность перевозочного процесса и ДД. Поэтому не случайно повышение качества и безопасности дорог возведены в ранг государственной программы.

С точки зрения подсистемы «Дорога» цифровизация дорожной инфраструктуры имеет две основные задачи: обеспечение БДД, транспортной безопасностью с точки зрения внешних угроз, управлением отраслью, обеспечением устойчивого развития автомобильных дорог; создание условий для развития сервисов и цифровой инфраструктуры.

Цели цифровой трансформации автодорог включают в себя: повышение мобильности за счет увеличения скорости, развития логистических сервисов, интеграции в транспортные коридоры; обеспечение безопасности; социально-экономическое развитие страны [14].

С позиции цифровизации дорога является сложной системой, которая включает в себя совокупность подсистем различного назначения. При ее эксплуатации необходимо наличие автоматизированных высокотехнологичных устройств, которые способны распознавать конкретные ситуации на дороге, и соответствующим образом на них реагировать (рис. 5).

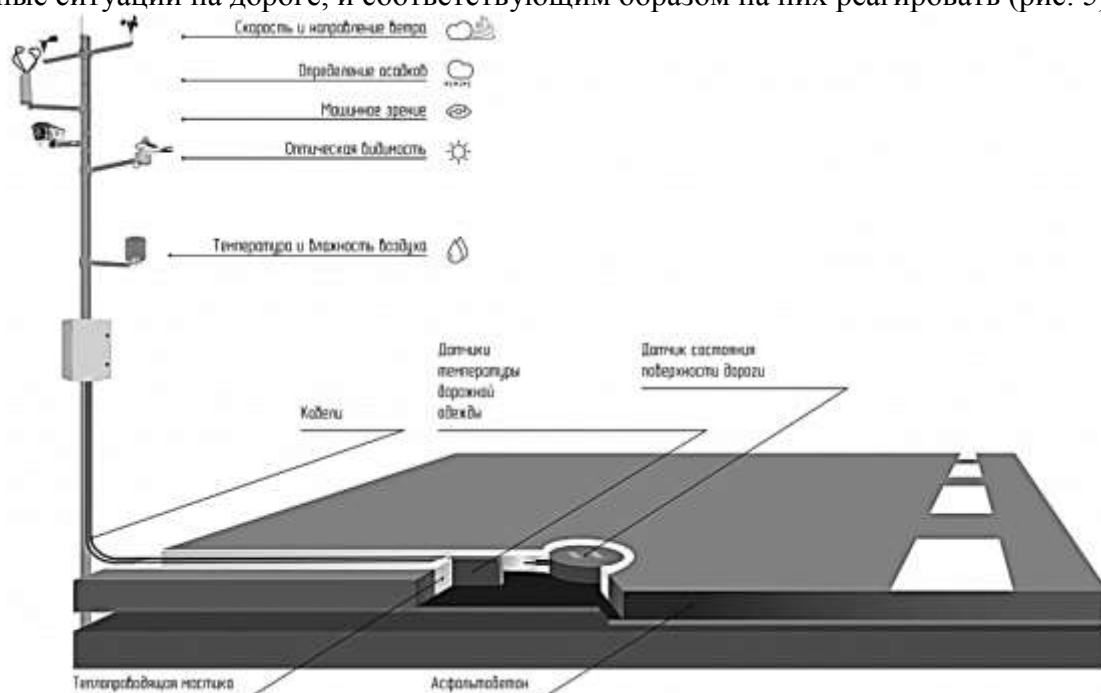


Рисунок 5 – Система дорожного мониторинга

На основе информационно-цифрового подхода к оценке подсистемы «Дорога» самым инновационным подходом является использование цифровых двойников.

Благодаря этой технологии регионы могут иметь актуальные данные о состоянии объектов дорожно-транспортной инфраструктуры (ДТИ), на основании которых смогут принимать оперативные меры по восстановлению поврежденных объектов ДТИ, а также в автоматизированном режиме готовить необходимую документацию – проекты организации дорожного движения, комплексные схемы организации дорожного движения и т.д.

Цифровые двойники дают возможность заменить чертежи и статические модели цифровыми версиями, которые могут спрогнозировать проблемы технического обслуживания дорожного полотна. Данные накапливаются с помощью использования мобильных лабораторий, которые проводят оцифровку объектов ДТИ с точными измерениями координат и параметров объектов с панорамными фото в автоматизированном режиме. На основе машинного зрения, нейросетевого анализа, LiDAR технологий система определяет и классифицирует объекты ДТИ. Таким образом, на основе полученных данных получают необходимые документы, картографическую подложку, паспорта объектов. Благодаря накопленным данным со

временем на основе технологии больших данных можно создать единое пространство и объединить все цифровые двойники вместе [14].

Задача ИТС с позиции подсистемы «Среда» предполагает сбор необходимых данных о состоянии окружающей среды. При конструировании «умной» дороги необходимы датчики, позволяющие определить скорость и направление ветра, определение осадков, температуру и влажность воздуха, оптическую видимость (рис. 5). Вместе с датчиками температуры дорожной одежды, состояния дорожного покрытия и машинным зрением образуется взаимозависимая система мониторинга и оповещения водителей о дорожных условиях. Дорожные метеостанции могут устанавливаться вместе с видеокамерами, передающими в режиме реального времени изображение дороги. Информация, переданная от дорожных метеостанций по каналам ГЛОНАСС/GPS в дорожные службы, дает возможность оперативно реагировать на изменения дорожных условий. Внедрение геоинформационных систем (ГИС) в дорожную отрасль дает возможность собирать и накапливать массив данных о состоянии автомобильных дорог, наличии вдоль дорог объектов ДТИ, а также другой необходимой для водителей информации [14].

Теория / расчет

Существует ряд интеллектуальных систем, обеспечивающих взаимосвязь элементов системы ВАДС: обнаружение и предупреждение пешеходов и велосипедистов в непосредственной близости от автомобиля, будут способствовать их безопасности; улучшение видимости из кабины водителя в грузовых автомобилях и автобусах; интеллектуальные системы автоматической парковки; интеллектуальная скоростная адаптация; аварийное обслуживание автомобиля на полосе движения; сканирование дорожных знаков и автоматическая регулировка скорости движения ТС.

Существует возможность подключать сенсорную информацию и от других ТС и от инфраструктуры. Существует технологии возможности предупреждений водителей об опасности. Взаимодействие автомобиля с автомобилем называется V2V (vehicle-to-vehicle), а с дорожной инфраструктурой – V2I (vehicle-to-infrastructure), аббревиатура V2X GM объединяет компоненты V2V и V2I (рис. 6) [15].

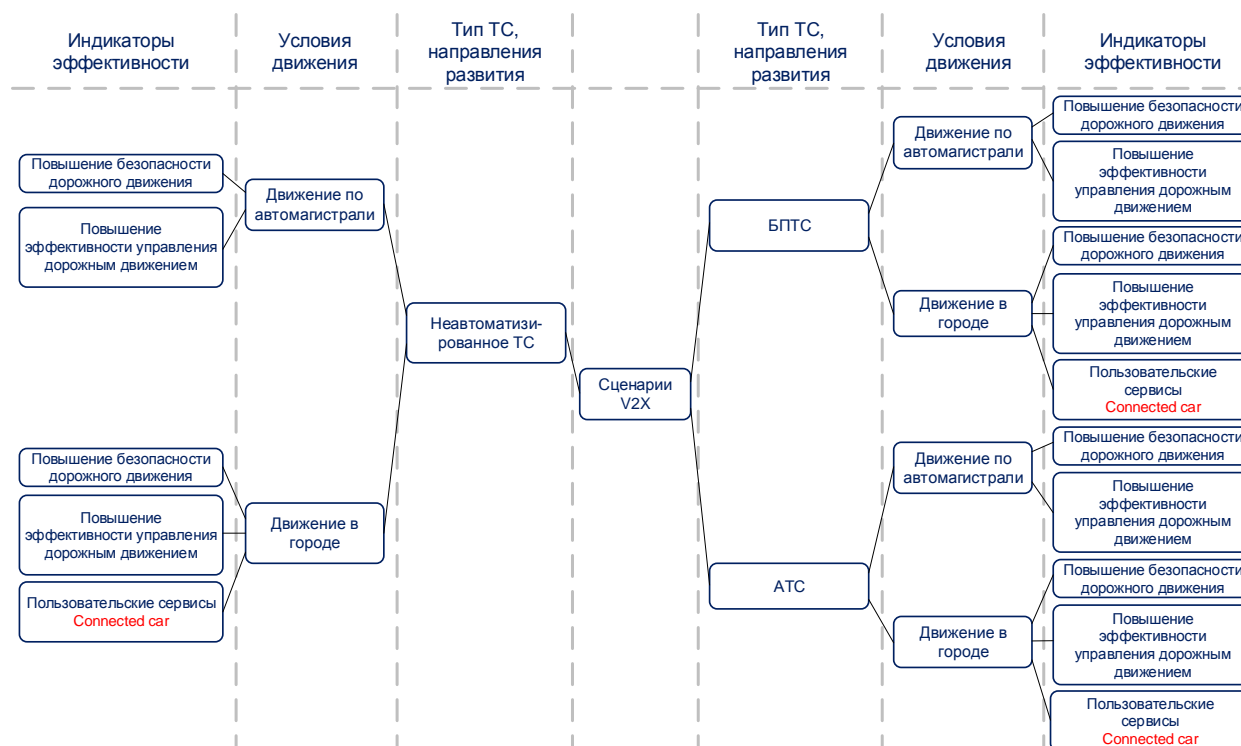


Рисунок 6 – Классификация сценариев V2X

Коммуникация возможна посредством GPS и так называемой специальной короткодиапазонной беспроводной коммуникации DSRC на 5,9 ГГц. Сигнал «Here I am» («Я здесь») передается от входящего в транспортный поток автомобиля в качестве приветствия всем автомобилям, находящимся в потоке. По данным NHTSA, технологии V2V и V2I могут значительно снизить аварийность - в среднем до 40-50 % [15].

Технология V2V предупреждает о риске переднего столкновения, а также использует предварительное обнаружение для смягчения аварии, чрезвычайное торможение, предупреждения о смене полосы и об остановившемся впереди автомобиле. V2I обеспечивает передачу информации от придорожного оборудования к автомобилю [15].

Результаты и обсуждение

Поскольку влияние человеческого фактора основополагающее в повышении безопасности дорожного движения основной будет являться система контроля и помощи водителю. Информационно-цифровой метод контроля и помощи водителю на основе ГИС, нейросетевых технологий, DMS, ADAS, IoT, M2M включает в себя следующие системы: контроль водителя (DMS) на основе технологий видеоаналитики с использованием ИИ и помощь водителю (ADAS) на основе IoT датчиков и «умной» видеокамеры.

Контроль водителя на основе технологий видеоаналитики с использованием алгоритмов искусственного интеллекта обеспечивает доступ к управлению автомобилем водителей, вписанных в путевой лист, а также выявление факта передачи управления ТС другому лицу или несвоевременного покидания салона, контроль времени, проведенного за рулем, засыпания, разговора по телефону, курения, несоблюдения правил безопасности и т.д.

Помощь водителю обеспечивает безопасное вождения, оказание помощи водителю при управлении автомобилем, своевременное предупреждение об опасности на дороге, повышения безопасности, снижения рисков повреждения автомобиля при аварии [16].

Радары системы ADAS, работающие в диапазоне 77 ГГц в комплексе с радаром диапазона 24 ГГц позволяют обнаруживать препятствия и предупреждать о столкновении.

Возможности сервиса помощи водителю: анализ дорожной ситуации с помощью «умной» видеокамеры; автоматизированное предупреждение водителя об опасности столкновения, о превышении скорости, о покидании полосы движения, распознавание дорожных знаков, контроль «мертвых» зон; вывод информации на монитор водителя с соответствующим сигналом при возникновении опасного события; активация экстренного торможения.

Выводы

В настоящее время существует множество прототипов ИТС, реализующих в той или иной степени интеллектуальное усовершенствование системы помощи водителю, системы мониторинга состояния автотранспортных средств, дорожной системы, системы мониторинга транспортного потока, системы мониторинга состояния окружающей среды.

Проведенный анализ показывает, что информационно-цифровой подход к оценке уровня безопасности перевозочного процесса и дорожного движения позволяет дифференцированно оценивать влияние каждого из элементов системы ВАДС на уровень безопасности при движении, а в целом применение ИТС позволяет в комплексе решать вопросы повышения уровня безопасности на дорогах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жанказиев, С.В. Разработка проектов интеллектуальных транспортных систем: учебное пособие – Москва: Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), 2016. – 104 с.
2. Малиновский, М.П. Функциональный состав системы предупреждающего управления движением // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2017. – №2(49). – С. 121-128.
3. Малиновский, М.П. Конфликтные ситуации, заложенные в правилах дорожного движения // Авто-транспортное предприятие. – 2016. – №6. – С. 17-21.
4. Рябчинский А.И., Майборода О.В., Каленов Г.К. О влиянии динамичности автомобиля на надежность управления // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2008. – №3. – С. 91-97.

5. Жанказиев С.В., Воробьев А.И. Определение оптимального расстояния от разветвления улично-дорожной сети до установки информационных объектов телематической системы маршрутного ориентирования // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2010. – №2. – С. 107-114.
6. Жанказиев С.В., Воробьев А.И. Создание нейронной экспертной сети оценки пригодности участка дороги для установки динамического информационного табло // Автотранспортное предприятие. – 2010. – №11. – С. 37-39.
7. Басков В.Н., Исаева Е.И., Игнатов А.В. Оценка улично-дорожной сети по помехонасыщенности // Мир транспорта и технологических машин. – 2019. – №4(67). – С. 66-72.
8. Умняшкин, В.А. Теория автомобиля: учебник – Ижевск: ИжГТУ, 2006. – 272 с.
9. Новиков А.Н., Трясцин А.П., Баранов Ю.Н. и др. Оценка эффективности функционирования системы подготовки кадров, связанных с обеспечением безопасности дорожного движения // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2014. – №4(44). – С. 188-195.
10. Басков В.Н., Красникова Д.А., Исаева Е.И. Влияние поведенческого фактора водителя на образование транспортного затора // Мир транспорта. – 2019. – Т. 17. – №4(83). – С. 272-281.
11. Басков В.Н., Игнатов А.В. Оценка работоспособности водителя и ее влияние на эффективность и безопасность перевозочного процесса // Мир транспорта и технологических машин. – 2022. – №1(76). – С. 78-85.
12. Воронин, Д.И. Обоснование перспективных направлений развития методов и телематических средств учета режимов труда и отдыха водителя для обеспечения безопасности таксомоторных перевозок пассажиров // Автотранспортное предприятие. – 2013. – №12. – С. 47-49.
13. Beanland V., Fitzharris M., Young K.L. et al. Driver inattention and driver distraction in serious casualty crashes: Data from the Australian national crash in-depth study // Accident analysis & Prevention. – 2013. – Vol. 54. – P. 99-107.
14. Дмитриев И.И., А.М. Кириллов Умные дороги и интеллектуальная транспортная система // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2017. – №2(53). – С. 7-28.
15. Сысоева, С. Интеллектуальные автомобильные ассистенты и датчики. Функций - больше, «железа» - меньше // Компоненты и технологии. – 2012. – №1(126). – С. 7-18.
16. Ignatov A., Baskov V., Ablyazov T. et al. Algorithm for optimizing urban routes in traffic congestion // Lecture notes in networks and systems. – 2021. – Vol. 157. – P. 23-38.

Басков Владимир Николаевич

Саратовский государственный технический университет им. Ю. А. Гагарина

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

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

E-mail: baskov@sstu.ru

Исаева Екатерина Игоревна

Саратовский государственный технический университет им. Ю. А. Гагарина

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

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

E-mail: katherina3@mail.ru

V.N. BASKOV, E.I. ISAEVA

INFORMATION-DIGITAL APPROACH TO THE ASSESSMENT OF THE LEVEL OF ROAD SAFETY

Abstract. *The information-digital approach to assessing the level of road safety involves assessing each element of the system driver car road environment separately, taking into account their relationship. The interrelation of factors in the system driver car road environment is considered. The analysis of decision-making by the driver based on the receipt and processing of information was carried out. Each of the system driver car road environment subsystems is considered separately in the context of the use of ITS. Since the influence of the human factor is fundamental in improving road safety, an assessment was made of the functioning of the control and driver assistance system.*

Keywords: *information-digital approach, system driver car road environment, intelligent transport systems, traffic accidents, traffic safety, driver, car, road, environment, driver assistance system, digitalization, road network*

BIBLIOGRAPHY

1. Zhankaziev, S.V. Razrabotka proektov intellektual'nykh transportnykh sistem: uchebnoe posobie - Moskva: Moskovskiy avtomobil'no-dorozhnyy gosudarstvennyy tekhnicheskiiy universitet (MADI), 2016. - 104 s.

2. Malinovskiy, M.P. Funktsional'nyy sostav sistemy preduprezhdayushchego upravleniya dvizheniem // Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI). - 2017. - №2(49). - S. 121-128.
3. Malinovskiy, M.P. Konfliktnye situatsii, zalozhennyye v pravilakh dorozhnogo dvizheniya // Avto-transportnoe predpriyatie. - 2016. - №6. - S. 17-21.
4. Ryabchinskiy A.I., Mayboroda O.V., Kalenov G.K. O vliyaniy dinamichnosti avtomobilya na nadezhnost' upravleniya // Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI). - 2008. - №3. - S. 91-97.
5. Zhankaziev S.V., Vorob'ev A.I. Opredelenie optimal'nogo rasstoyaniya ot razvetvleniya ulichno-dorozhnoy seti do ustanovki informatsionnykh ob'ektov telematicheskoy sistemy marshrutnogo orientirovaniya // Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI). - 2010. - №2. - S. 107-114.
6. Zhankaziev S.V., Vorob'ev A.I. Sozdanie neyronnoy ekspertnoy seti otsenki prigodnosti uchastka dorogi dlya ustanovki dinamicheskogo informatsionnogo tablo // Avtotransportnoe predpriyatie. - 2010. - №11. - S. 37-39.
7. Baskov V.N., Isaeva E.I., Ignatov A.V. Otsenka ulichno-dorozhnoy seti po pomekhnasyszhennosti // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2019. - №4(67). - S. 66-72.
8. Umnyashkin, V.A. Teoriya avtomobilya: uchebnyk - Izhevsk: IzhGTU, 2006. - 272 s.
9. Novikov A.N., Tryastin A.P., Baranov Yu.N. i dr. Otsenka effektivnosti funktsionirovaniya sistemy podgotovki kadrov, svyazannykh s obespecheniem bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya // Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. - 2014. - №4(44). - S. 188-195.
10. Baskov V.N., Krasnikova D.A., Isaeva E.I. Vliyaniye povedencheskogo faktora voditelya na obrazovanie transportnogo zatora // Mir transporta. - 2019. - T. 17. - №4(83). - S. 272-281.
11. Baskov V.N., Ignatov A.V. Otsenka rabotosposobnosti voditelya i ee vliyaniye na effektivnost' i bezopasnost' perevozochnogo protsessa // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2022. - №1(76). - S. 78-85.
12. Voronin, D.I. Obosnovaniye perspektivnykh napravleniy razvitiya metodov i telematicheskikh sredstv ucheta rezhimov truda i otdykha voditelya dlya obespecheniya bezopasnosti taksomotornykh perevozok passazhirov // Avtotransportnoe predpriyatie. - 2013. - №12. - S. 47-49.
13. Beanland V., Fitzharris M., Young K.L. et al. Driver inattention and driver distraction in serious casualty crashes: Data from the australian national crash indepth study // Accident analysis & Prevention. - 2013. - Vol. 54. - P. 99-107.
14. Dmitriev I.I., A.M. Kirillov Umnye dorogi i intellektual'naya transportnaya sistema // Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy. - 2017. - №2(53). - S. 7-28.
15. Sysoeva, S. Intellektual'nye avtomobil'nye assistenty i datchiki. Funktsiy - bol'she, «zheleza» - men'she // Komponenty i tekhnologii. - 2012. - №1(126). - S. 7-18.
16. Ignatov A., Baskov V., Ablyazov T. et al. Algorithm for optimizing urban routes in traffic congestion // Lecture notes in networks and systems. - 2021. - Vol. 157. - P. 23-38.

Baskov Vladimir Nikolaevich

Saratov State Technical University
Address: Russia, 410054, Saratov, Polytechnic str., 77
Doctor of technical sciences
E-mail: baskov@sstu.ru

Isaeva Ekaterina Igorevna

Saratov State Technical University
Address: Russia, 410054, Saratov, Polytechnic str., 77
Candidate of technical sciences
E-mail: katherina3@mail.ru

Научная статья

УДК 656.13

doi:10.33979/2073-7432-2022-2(78)-3-56-62

А.А. ВЛАСОВ

КОНЦЕПЦИЯ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА КАК ОСНОВА СОЗДАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Аннотация. Приведен анализ требований к построению интеллектуальных транспортных систем (ИТС) в Российской Федерации. Показана смена парадигмы построения ИТС на этапе формирования базиса. Переход от концепции создания множества сервисов, решающих задачу цифровизации и персонализации оказания транспортных услуг к построению развитой автоматизированной системы управления дорожным движением. Показано, что создание цифрового двойника транспортной системы является неотъемлемой частью создания ИТС городской агломерации, однако сложившееся представление о его функциях и структуре требует серьезного пересмотра.

Ключевые слова: цифровой двойник, моделирование дорожного движения, светофорный объект, транспортный поток, интеллектуальная транспортная система, интеграционная шина

Введение

Развитие крупных городов и активная экономическая деятельность в них порождают интенсивное дорожное движение и перегруженность улично-дорожной сети, тем самым ставя вопрос дальнейшего развития транспортной инфраструктуры в ряд наиболее актуальных тем. Развитие улично-дорожной сети за счет строительства новых или реконструкции существующих дорог имеет объективные ограничения, определяемые сложившейся планировкой и плотностью застройки. На сегодняшний день в мире накоплен значительный опыт реализации мероприятий, направленных на решение данной проблемы за счет мер, направленных на повышение эффективности использования существующей улично-дорожной сети и регулирование объема и структуры транспортного спроса [1-4]. Реализации указанных мер требует комплексного использования современных транспортных и информационных технологий, объединяемых в рамках создания интеллектуальной транспортной системы (ИТС).

Масштабное внедрение ИТС в Российской Федерации стало возможным благодаря реализации мероприятия «Внедрение интеллектуальных транспортных систем, предусматривающих автоматизацию процессов управления дорожным движением в городских агломерациях, включающих города с населением свыше 300 тысяч человек» в рамках федерального проекта «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства» национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги» [5]. На первом этапе реализации мероприятия было отобрано 22 проекта, прошедших процедуру ранжирования в соответствии с утвержденной Министерством транспорта Российской Федерации методикой оценки и ранжирования локальных проектов [6]. В текущем году география внедрения ИТС существенно расширилась – соглашения о предоставлении трансфертов на создание ИТС заключены уже с 42 регионами.

Материал и методы

Анализ основных проблем создания ИТС. Переход к практической стадии внедрения ИТС в регионах обозначил ряд как организационных, так и технических проблем. В первую очередь это существенное различие в уровне развития существующих в городских агломерациях подсистем, что потребовало введение понятия уровня зрелости ИТС и корректировки локальных проектов в соответствии с текущим уровнем их развития [7].

Рассмотрим подробно введенную классификацию уровней зрелости ИТС и наличии обязательных подсистем на каждом уровне. Принятая классификация предусматривает 6 уровней зрелости ИТС, разделенных на две группы. Первая группа включает уровни с 0 до 2

и предполагает создание базиса для формирования ИТС на основе следующих 5 обязательных подсистем:

- светофорного регулирования;
- мониторинга параметров транспортных потоков;
- метеомониторинга;
- подсистемы видеонаблюдения, детектирования ДТП и ЧС;
- подсистемы диспетчеризации служб содержания дорог.

Кроме того, при достижении 1 уровня зрелости ИТС в агломерации должны быть разработаны документы транспортного планирования, включающие план мероприятий по созданию подсистем ИТС, внедрена интеграционная платформа ИТС и создан центр управления дорожным движением.

Вторая группа уровней зрелости, включающая уровни с 3 по 5, предполагает развитие ИТС за счет создания подсистем:

- управления парковочным пространством;
- косвенного управления транспортными потоками;
- создания транспортной модели городской агломерации;
- подсистемы приоритета движения транспортных средств.

В Методических рекомендациях [7] были четко определены критерии отнесения ИТС к конкретному уровню зрелости. Наиболее значимым является степень развитости подсистемы мониторинга параметров транспортного потока. Так при достижении 1 уровня зрелости не менее 20% светофорных объектов должны функционировать в режиме адаптивного управления и быть обеспечены средствами мониторинга параметров дорожного движения. Кроме того, детекторами транспорта должно быть установлено не менее чем на 40% магистральных городских дорог и улиц. С учетом доминирования в отечественной практике использования однопрограммного временно-зависимого управления светофорными объектами и отсутствия практики использования стратегических детекторов транспорта в контуре управления дорожным движением, практически все локальные проекты создания ИТС городских агломераций соответствуют 0 уровню зрелости.

Сопоставление набора подсистем, обязательных для внедрения при создании ИТС, в соответствии с Методикой оценки и ранжирования локальных проектов [6] и Методических рекомендаций по разработке заявок (включая локальные проекты по созданию и модернизации интеллектуальных транспортных систем) субъектов Российской Федерации [7] свидетельствует как о существенном сокращении количества внедряемых подсистем (с 21 до 9), так и смене парадигмы создания ИТС.

На первом этапе внедрения ИТС доминирующей была концепция создания множества сервисов, решающих задачу цифровизации и персонализации оказания транспортных услуг [2, 3]. Данный подход соответствует мировому тренду развития ИТС, однако не учитывает уровень развития подсистем большинства агломераций в Российской Федерации – использование устаревших технологий управления транспортными потоками на светофорных объектах. Необходимость создания современной системы мониторинга параметров транспортных потоков и светофорного регулирования потребовало смены концепции построения ИТС и постановки на текущем этапе задачи формирования развитой автоматизированной системы управления дорожным движением [7-9].

Теория

Создание ИТС на основе концепции цифрового двойника. Модуль «Цифровой двойник» было определен в составе единого пункта управления транспортной системы (ЕПУТС) Методикой оценки и ранжирования локальных проектов [6]. Следует отметить отсутствие однозначного определения функций и состава данного модуля в нормативной литературе [6, 7, 10, 11]. Данный факт позволил разработчикам и интеграторам решений в сфере ИТС представлять программные средства, используемые для паспортизации дорог как полноценный модуль «Цифровой двойник».

Рассмотрим классический подход к определению термина «цифровой двойник». В работе А. С. Гончарова [13] понятие «Цифровой двойник» (англ. Digital Twin) определяется как цифровая копия физического объекта или процесса, помогающая оптимизировать эффективность бизнес-процессов. При этом цифровой двойник должен:

- описывать физические характеристики объекта;
- отражать текущее состояние объекта, определяемое в реальном времени на основе получаемых от подсистемы мониторинга данных;
- выполнять предсказание будущего состояния объекта.

Результаты и обсуждение

Как видим, приведенное определение фактически описывает бизнес-логику функционирования ЕПУТС ИТС на этапе создания систем 1 и 2 уровня зрелости. Воспользуемся классическим определением термина «Цифровой двойник» и сформулируем объектно-ориентированную модель цифрового двойника транспортной системы в условиях текущей стадии реализации локальных проектов создания ИТС в городских агломерациях. В структуре цифрового двойника выделим хранилище данных, внутренние приложения (методы) и интеграционную шину (рис. 1). Рассмотрим каждый из элементов подробнее.

Хранилище данных должно строиться на основе промышленной системы управления базами данных, например PostGIS/PostgreSQL, поддерживающей геопространственное кодирование объектов с поддержкой стандартов OGC. Структурно хранилище должно включать как минимум четыре связанных базы данных (БД) – графа транспортной сети, оборудования, транспортного спроса и состояния транспортной сети.

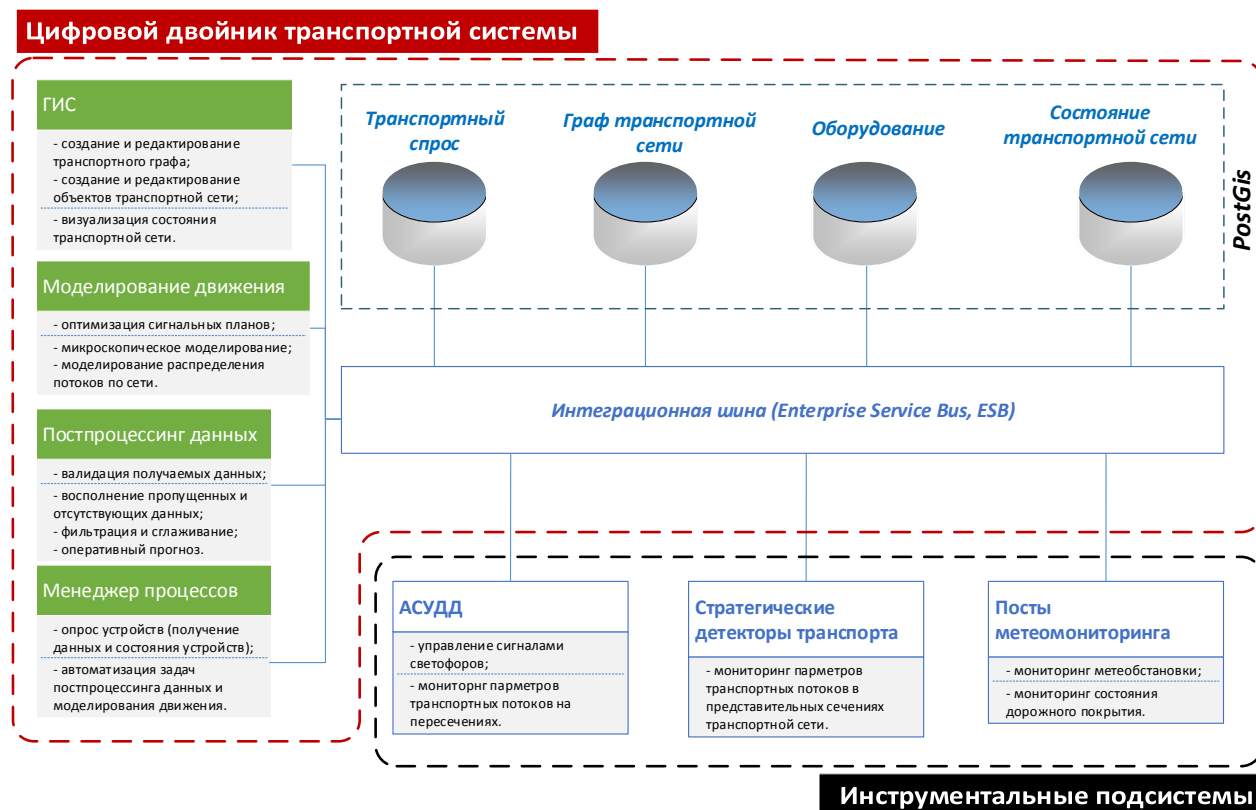


Рисунок 1 – Структурная схема цифрового двойника транспортной системы

БД графа транспортной сети и оборудования являются основой физического описания транспортной системы в составе ИТС и должны обеспечивать:

- представление геометрии сущностей объектов в соответствии со стандартами OGC;
- детализацию графа транспортной сети, позволяющей выполнять микро, макро и мезоскопическое моделирование, решать задачи транспортного планирования (прогноз поездок и/или их распределение их реализации по транспортной сети). Данное условие требует включение в модель описания транспортных связей вплоть до отдельных полос движения и

правил движения в пределах пересечений (как нерегулируемых, так и оборудованных светофорной сигнализацией);

- привязку оборудования (дорожных контроллеров, детекторов транспорта, метеостанций и т.д.) не только к местности в виде указания географических координат установки оборудования, но и к сущностям транспортного графа. Только в этом случае возможно функционирование цифрового двойника как единой информационной сущности.

БД транспортного спроса и состояния транспортной сети отражают текущее состояние объекта – интенсивность и скорость движения в данный момент времени, задержки транспортных средств и т.д.

Для обмена данными между разными модулями, подсистемами или сервисами ИТС должна использоваться интеграционная шина, основная задача которой – упрощение обмена данными за счет преобразования сообщений и их маршрутизации. Основными компонентами, составляющими интеграционную шину, являются [14]:

- брокер сообщений, представляющий собой магистраль для обмена сообщениями в унифицированном формате в режиме реального времени;
- адаптеры, обеспечивающие взаимодействие с модулями, подсистемами или сервисами ИТС в том формате, который для них приемлем, представляя информацию из этих сообщений в унифицированном формате, воспринимаемом брокером;
- среда разработки интеграционных сценариев;
- инструменты контроля и управления.

Оценка текущего состояния транспортной системы, предсказание ее состояния и формирование управляющих воздействий должна производиться программными модулями, взаимодействующими с хранилищем данных через интеграционную шину. С учетом актуальности реализации перехода ИТС к 1 и 2 уровням зрелости в качестве базовых модулей следует выделить:

- геоинформационную систему (ГИС), решающую задачу создания и редактирования транспортного графа, прочих объектов транспортной сети, а также визуализацию состояния транспортной сети;
- модуль «Менеджер процессов», решающий задачи автоматизации технологических процессов ИТС, таких как сбора данных (опроса) от внешних подсистем, включая АСУДД, постов метеомониторинга и подсистемы мониторинга параметров транспортных потоков (стратегических детекторов транспорта), постпроцессинга данных и оптимизационного моделирования при адаптивном сетевом управлении в реальном времени;
- модуль «Постпроцессинг данных», предназначенный для валидации получаемых данных, восполнения пропущенных или отсутствующих данных и оперативного прогнозирования на горизонт от 15 минут до 1 часа. Обоснование необходимости данного модуля и способов реализации можно найти в работах [21, 22];
- модуль «Моделирование движения», решающий задачи оптимизации сигнальных планов светофорных объектов, прогнозирования перераспределения транспортных потоков и микроскопического моделирования вариантов организации движения.

Особо следует отметить важность модуля «Моделирование движения», фактически определяющего эффективность функционирования ИТС на 1 и 2 уровне зрелости. Если решение задач моделирования в off-line режиме можно обеспечить за счет интеграции с существующими системами, например, использования SUMO для микроскопического моделирования и TransNet для моделирования перераспределения транспортных потоков, то в части решения задачи сетевой оптимизации сигнальных планов светофорных объектов, следует констатировать отсутствие отечественных решений. Данный факт определяет сложность, а по факту невозможность перехода к сетевому адаптивному управлению в реальном времени без создания отечественного решения. В его основу могут быть положены методические подходы, освещенные в работах [17-21].

Выводы

Создание цифрового двойника транспортной системы является неотъемлемой частью создания ИТС городской агломерации, однако сложившееся представление о его функциях и структуре требует серьезного пересмотра, в том числе в официальных методических рекомендациях. Представленную структуру цифрового двойника транспортной системы следует рассматривать не как законченное решение, а скорее, как базовую концепцию построения системы. Ее расширение с учетом задач, стоящих в конкретном случае позволит построить эффективно функционирующую ИТС городской агломерации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Евстигнеев И.А. Основы создания интеллектуальных транспортных систем в городских агломерациях России – М.: Перо, 2021. – 294 с.
2. Солодкий, А. И. Развитие интеллектуальных транспортных систем в России: проблемы и пути их решения. Новый этап // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2020. – №6. – С. 10-19.
3. Жанказиев С. В. Интеллектуальные транспортные системы. Пути развития / Под общей редакцией А.Н. Новикова // Информационные технологии и инновации на транспорте: Материалы 2-ой Международной научно-практической конференции. – Орел: Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева. - 2016. – С. 3-9.
4. Савин Г.В. Городские интеллектуальные транспортные системы: мировой опыт оптимизации потоковых процессов и пути развития // Modern Economy Success. – 2020. – №5. – С. 126-132.
5. Паспорт Национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://government.ru/info/35558/>
6. Об утверждении Методики оценки и ранжирования локальных проектов в целях реализации мероприятия «Внедрение интеллектуальных транспортных систем, предусматривающих автоматизацию процессов управления дорожным движением в городских агломерациях, включающих города с населением свыше 300 тысяч человек» в рамках федерального проекта «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства» национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги»: Распоряжение Министерства транспорта Российской Федерации от 25 марта 2020 г. № АК-60-р [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mintrans.gov.ru/documents/8/11078?type=>
7. Об утверждении Методических рекомендаций по разработке заявок (включая локальные проекты по созданию и модернизации интеллектуальных транспортных систем) субъектов Российской Федерации в целях реализации мероприятия «Внедрение интеллектуальных транспортных систем, предусматривающих автоматизацию процессов управления дорожным движением в городских агломерациях, включающих города с населением свыше 300 тысяч человек» в рамках федерального проекта «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства» государственной программы Российской Федерации «Развитие транспортной системы: Распоряжение Министерства транспорта Российской Федерации от 21 марта 2022г №АК-74-р [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mintrans.gov.ru/documents/2/11768?type=>
8. Швецов В.Л. Особенности построения интеллектуальных транспортных систем в российских городах // Мир дорог. – 2020. – №131. – С. 72-75.
9. Фролов Н. А. Интеллектуальные транспортные системы как следствие развития алгоритмов управления и модификации современных АСУДД // Проблемы исследования систем и средств автомобильного транспорта: Материалы Международной очно-заочной научно-технической конференции. – Тула: Тульский государственный университет. - 2017. – С. 257-261.
10. ГОСТ 24.501-82 Автоматизированные системы управления дорожным движением. Общие требования [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://docs.cntd.ru/document/1200006875>
11. ГОСТ Р 56294-2014 Интеллектуальные транспортные системы. Требования к функциональной и физической архитектурам интеллектуальных транспортных систем [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://docs.cntd.ru/document/1200115739>
12. ОДМ 218.9.011–2016 Рекомендации по выполнению обоснования интеллектуальных транспортных систем [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://rosavtodor.gov.ru/storage/app/media/uploaded-files/160odm-2189011-2016.pdf>
13. OGC Standards [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://www.ogc.org/docs/is>
14. ОДМ 218.2.020-2012 Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://docs.cntd.ru/document/1200092512>
15. Гончаров А.С., Саклаков В.М. Цифровой двойник: обзор существующих решений и перспективы развития технологии // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2018. – С. 24-26.
16. Шаппелл, Дэвид А. ESB - Сервисная Шина Предприятия - Санкт-Петербург : БХВ-Петербург. - Пер. с англ. под ред. В. М. Беленковича, 2008. - 345 с.

17. Vlasov A. Features of calculation of traffic light control modes in the conditions of intensive road traffic. 12th international conference «Organization and traffic safety management in large cities», SPbOTSIC-2016, 28-30 September 2016, St. Petersburg, Russia // Transportation research procedia. - Vol. 20. - 2017. - P. 676-682.

18. Власов А.А., Пильгейкина И.А., Скорикова А.А. Совершенствование методики проектирования режимов работы светофорных объектов // XV Международная научно – практическая конференция Прогрессивные технологии в транспортных системах: Евразийское сотрудничество: Сборник материалов XV международной научно–практической конференции. – ОГУ: Оренбург. - 2020. – С. 472-481.

19. Власов А.А., Пильгейкина И.А., Скорикова И.А. Методика формирования многопрограммного управления изолированным перекрестком // Компьютерные исследования и моделирование. – 2021. – Т. 13. – №2. – С. 295-303..

20. Власов, А.А. Управление насыщенными транспортными потоками в городах: монография – Пенза: Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2014. – 187 с.

21. Власов А.А. Модели транспортного потока в задачах управления движением в городских условиях // Транспортное планирование и моделирование: Сборник трудов IV Международной научно-практической конференции. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. - 2019. – С. 55-61.

Власов Алексей Александрович

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

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

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

E-mail: vlasov_a71@mail.ru

A.A. VLASOV

THE CONCEPT OF A DIGITAL TWIN AS THE BASIS OF INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS

Abstract. *The analysis of requirements for the construction of intelligent transport systems (ITS) in the Russian Federation is given. The change of the paradigm of ITS construction at the stage of the basis formation is shown. The transition from the concept of creating a variety of services that solve the problem of digitalization and personalization of transport services to the construction of a developed automated traffic management system. It is shown that the creation of a digital twin of the transport system is an integral part of the creation of ITS urban agglomeration, however, the current idea of its functions and structure requires serious revision.*

Keywords: *digital twin, traffic simulation, traffic light object, traffic flow, intelligent transport system, integration bus*

BIBLIOGRAPHY

1. Evstigneev I.A. Osnovy sozdaniya intellektual'nykh transportnykh sistem v gorodskikh aglomeratsiyakh Rossii - M.: Pero, 2021. - 294 s.

2. Solodkiy, A. I. Razvitie intellektual'nykh transportnykh sistem v Rossii: problemy i puti ikh resheniya. Novyy etap // Intellekt. Innovatsii. Investitsii. - 2020. - №6. - S. 10-19.

3. Zhankaziev S.V. Intellektual'nye transportnye sistemy. Puti razvitiya / Pod obshchey redaktsiey A.N. Novikova // Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte: Materialy 2-oy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Orel: Orlovskiy gosudarstvennyy universitet im. I.S. Turgeneva. - 2016. - S. 3-9.

4. Savin G.V. Gorodskie intellektual'nye transportnye sistemy: mirovoy opyt optimizatsii potokovykh protsessov i puti razvitiya // Modern Economy Success. - 2020. - №5. - S. 126-132.

5. Pasport Natsional'nogo proekta «Bezopasnye i kachestvennye avtomobil'nye dorogi» [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <http://government.ru/info/35558/>

6. Ob utverzhdenii Metodiki otsenki i ranzhirovaniya lokal'nykh projektov v tselyakh realizatsii meropriyatiya «Vnedrenie intellektual'nykh transportnykh sistem, predusmatrivayushchikh avtomatizatsiyu protsessov upravleniya dorozhnym dvizheniem v gorodskikh aglomeratsiyakh, vklyuchayushchikh goroda s naseleniem svyshe 300 tysyach chelovek» v ramkakh federal'nogo proekta «Obshchesistemnye mery razvitiya dorozhnogo khozyaystva» natsional'nogo proekta «Bezopasnye i kachestvennye avtomobil'nye dorogi»: Rasporyazhenie Ministerstva transporta Rossiyskoy Federatsii ot 25 marta 2020 g. № AK-60-r [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <https://mintrans.gov.ru/documents/8/11078?type=>

7. Ob utverzhdenii Metodicheskikh rekomendatsiy po razrabotke zayavok (vklyuchaya lokal'nye projekty po sozdaniyu i modernizatsii intellektual'nykh transportnykh sistem) sub'ektov Rossiyskoy Federatsii v tselyakh realizatsii meropriyatiya «Vnedrenie intellektual'nykh transportnykh sistem, predusmatrivayushchikh avtomatizatsiyu protsessov upravleniya dorozhnym dvizheniem v gorodskikh aglomeratsiyakh, vklyuchayushchikh goroda s naseleniem svyshe

300 tysyach chelovek» v ramkakh federal'nogo proekta «Obshchesistemnye mery razvitiya dorozhnogo khozyaystva» gosudarstvennoy programmy Rossiyskoy Federatsii «Razvitie transportnoy sistemy: Rasporyazhenie Ministerstva transporta Rossiyskoy Federatsii ot 21 marta 2022g №AK-74-r [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <https://mintrans.gov.ru/documents/2/11768?type=>

8. Shvetsov V.L. Osobennosti postroeniya intellektual'nykh transportnykh sistem v rossiyskikh gorodakh // Mir dorog. - 2020. - №131. - S. 72-75.

9. Frolov N. A. Intellektual'nye transportnye sistemy kak sledstvie razvitiya algoritmov upravleniya i modifikatsii sovremennykh ASUDD // Problemy issledovaniya sistem i sredstv avtomobil'nogo transporta: Materialy Mezhdunarodnoy ochno-zaochnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. - Tula: Tul'skiy gosudarstvennyy universitet. - 2017. - S. 257-261.

10. GOST 24.501-82 Avtomatizirovannye sistemy upravleniya dorozhnym dvizheniem. Obshchie trebovaniya [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa <https://docs.cntd.ru/document/1200006875>

11. GOST R 56294-2014 Intellektual'nye transportnye sistemy. Trebovaniya k funktsional'noy i fizicheskoy arkhitekturam intellektual'nykh transportnykh sistem [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa <https://docs.cntd.ru/document/1200115739>

12. ODM 218.9.011-2016 Rekomendatsii po vypolneniyu obosnovaniya intellektual'nykh transportnykh sistem [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa <https://rosavtodor.gov.ru/storage/app/media/uploaded-files/160odm-2189011-2016.pdf>

13. OGC Standards [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa <https://www.ogc.org/docs/is>

14. ODM 218.2.020-2012 Metodicheskie rekomendatsii po otsenke propusknoy sposobnosti avtomobil'nykh dorog [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa <https://docs.cntd.ru/document/1200092512>

15. Goncharov A.S., Saklakov V.M. Tsifrovoy dvoynik: obzor sushchestvuyushchikh resheniy i perspektivy razvitiya tekhnologii // Informatsionno-telekommunikatsionnye sistemy i tekhnologii: Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Kemerovo: Kuzbasskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet imeni T.F. Gorbacheva, 2018. - S. 24-26.

16. Shappell, Devid A. ESB - Servisnaya Shina Predpriyatiya - Sankt-Peterburg : BHV-Peterburg. - Per. s angl. pod red. V. M. Belenkovicha, 2008. - 345 s.

17. Vlasov A. Features of calculation of traffic light control modes in the conditions of intensive road traffic. 12th international conference «Organization and traffic safety management in large cities», SPbOTSIC-2016, 28-30 September 2016, St. Petersburg, Russia // Transportation research procedia. - Vol. 20. - 2017. - P. 676-682.

18. Vlasov A.A., Pil'geykina I.A., Skorikova A.A. Sovershenstvovanie metodiki proektirovaniya rezhimov raboty svetofornykh ob'ektov // XV Mezhdunarodnaya nauchno - prakticheskaya konferentsiya Progressivnye tekhnologii v transportnykh sistemakh: Evraziyskoe sotrudnichestvo: Sbornik materialov XV mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - OGU: Orenburg. - 2020. - S. 472-481.

19. Vlasov A.A., Pil'geykina I.A., Skorikova I.A. Metodika formirovaniya mnogoprogrammnogo upravleniya izolirovannym perekrestkom // Komp'yuternye issledovaniya i modelirovanie. - 2021. - T. 13. - №2. - S. 295-303.

20. Vlasov, A.A. Upravlenie nasyshchennymi transportnymi potokami v gorodakh: monografiya - Penza: Penzenskiy gosudarstvennyy universitet arkhitektury i stroitel'stva, 2014. - 187 s.

21. Vlasov A.A. Modeli transportnogo potoka v zadachakh upravleniya dvizheniem v gorodskikh usloviyakh // Transportnoe planirovanie i modelirovanie: Sbornik trudov IV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Sankt-Peterburg: Sankt-Peterburgskiy gosudarstvennyy arkhitekturno-stroitel'nyy universitet. - 2019. - S. 55-61.

Vlasov Aleksej Aleksandrovich

Penza State University of Architecture and Construction

Address: 440028, Russia, Penza, Titova str., 28

Candidate of technical sciences

E-mail: vlasov_a71@mail.ru

Научная статья

УДК 656.13

doi:10.33979/2073-7432-2022-2(78)-3-63-68

О.Ю. БУЛАТОВА

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ФУНКЦИЙ ИТС ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ ВО ВРЕМЯ ПРОВЕДЕНИЯ ГОРОДСКИХ МАССОВЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Аннотация. Массовые мероприятия требуют от существующей городской транспортной сети дополнительных функций и решений, которые бы позволили справиться с резким увеличением спроса на пассажирские перевозки, увеличением объема коммерческих перевозок для осуществления обслуживающих поездок, большим количеством людей, незнакомых с городом и т.д. В данной статье рассматривается опыт различных стран в проведении массовых мероприятий, на основе которого выделяются общие элементы ИТС применяемых при организации и проведении различных типов массовых мероприятий.

Ключевые слова: городские массовые мероприятия, пассажирские перевозки, транспортная инфраструктура, интеллектуальные транспортные системы, безопасность дорожного движения, мобильность населения

Введение

Массовое мероприятие – это мероприятие, проводимое разово или периодически на определенной территории, в установленном законом порядке, с участием значительного количества граждан для удовлетворения их культурных и духовных потребностей или выражения политических и экономических взглядов.

Мартин Мюллер [1, 2] предложил методологию определения крупных, мега- и гига-событий с использованием 4 показателей: количество посетителей, освещение в средствах массовой информации, финансовые затраты и степень трансформации городов. Справочник по организации мероприятий «Handbuch Eventverkehr» следует аналогичному пути и классифицирует события в соответствии с характеристиками такими как количество ожидаемых посетителей, масштаб проведения, открытый или закрытый доступ, местоположением, зависящим от погоды событием или нет, продолжительностью и финансированием.

Современные мега-события весьма разнообразны, но особой популярностью и интересом пользуются мега-события в области культуры и спорта. В качестве формы культурной дипломатии мега-события выполняют ряд важнейших функций. Они способствуют углублению межкультурного сотрудничества и культурного обмена, популяризируют национальную культуру, привлекают к культурному диалогу молодежь. Проведение культурных мега-событий открывает для стран и городов новые возможности для самопрезентации, увеличивает их шансы в конкуренции с другими территориями, способствует росту популярности и известности, положительно влияют на рост числа туристов, активизируют культурную жизнь [3].

Материалы и методы

Анализ опыта реализации мероприятий различных уровней показывает, что среди основных характеристик мероприятий можно выделить следующие [4, 5]:

- по количеству участников мероприятия. Крупное массовое мероприятие насчитывает 10 000 – 10 000 000 посетителей. Однако это количество стоит учитывать также относительно количества постоянно проживающих жителей на территории проведения мероприятия;
- количество отдельных зон мероприятия. Некоторые мероприятия проходят на территории одной зоны, в то время как другие требуют наличия нескольких отдельных зон для отдельных мероприятий. Количество обозначенных зон влияет на организацию дорожного движения;
- концентрация зон. Расписание и маршруты движения транспорта составляются с учетом расположения зон проведения отдельных мероприятий;
- длительность проведения массового мероприятия. Данный параметр учитывает разовое/многократное проведение мероприятия. Если мероприятие представляет собой цикл отдельных мероприятий, то в этом случае нагрузка на транспортную сеть более равномерная,

чем при разовом мероприятии, когда большое количество людей едет в одну точку притяжения к определенному времени;

- регулярность проводимого мероприятия. В случае, когда мероприятие повторяется (например, проводится несколько раз в год), снижаются затраты на планирование организации дорожного движения и финансовые затраты за счет наличия опыта и необходимого оборудования, программного обеспечения для проведения подобных мероприятий.

Рассмотрим типы масштабных массовых мероприятий [6, 7]:

- международные комплексные спортивные соревнования: Летние Олимпийские игры, Зимние Олимпийские игры, Игры содружества. Данные мероприятия характеризуются тем, что несколько соревнований могут проходить одновременно, также Олимпийские игры включают в себя культурную программу. Соревнования проходят на различных стадионах (территориях) города или области на протяжении нескольких недель. Данный вид мероприятий повторяется каждые четыре года, меняется территория проведения соревнований. Количество участников – высокое;

- чемпионаты: чемпионаты мира по футболу FIFA, UEFA. Данное мероприятие проводится разово на принимающей территории, также сопровождается культурными мероприятиями. Данное мероприятие проводится на различных стадионах (площадках) принимающего города или области. Такой тип соревнований проводится на «выбывание» и длится несколько дней или недель. Периодичность проведения раз в год/два/четыре меняя принимающую территорию. Количество участников – среднее, высокое;

- международные выставки и фестивали: всемирные выставки, ярмарки, фестивали. Данные мероприятия носят разовый характер, как правило, периодичность их проведения раз в год/два/четыре, территория принимающей стороны меняется. Количество участников – среднее, низкое [8];

- разовые мероприятия: концерты, парады, митинги, религиозные или политические мероприятия. Данные мероприятия носят разовый характер, территория проведения выбирается заранее. Количество участников может достигать очень высоких значений в зависимости от тематики мероприятия [9].

Таблица 1 – Количество участников в зависимости от типа проводимых массовых мероприятий

Мероприятие	Количество стран-участниц	Количество посетителей
Олимпийские игры	200+	2 – 8 млн
Мировые спортивные чемпионаты	200+	2 млн
Всемирные выставки	150+	20 – 30 млн
Игры содружества	70	1 млн

В случае проведения таких массовых мероприятий как Олимпийские игры и всемирные, международные выставки, к месту проведения мероприятия организатором устанавливаются следующие требования [10, 11]:

- увеличение пропускной способности аэропорта (аэропортов);
- внедрение дополнительных проектов транспортной инфраструктуры;
- увеличение пропускной способности улично-дорожной сети и подвижного состава;
- поставка необходимого оборудования;
- создание центра управления дорожным движением.

Теория / расчет

Логистическое обслуживание крупных мероприятий требует особого внимания организаторов: анализа и понимания всех аспектов мобильности участников мероприятий (спортсменов, артистов и т.д.), зрителей, обслуживающего персонала и т.д. Также транспортная система обеспечивает взаимосвязь всех объектов территории проведения массовых мероприятий, продажу билетов, аккредитацию, безопасность, парковку, остановочные пунк-

ты движения пассажирского транспорта [12]. По этой причине необходим комплексный подход к организации логистического обслуживания массовых мероприятий.

Масштабные массовые мероприятия вызывают высокий уровень загруженности транспортных систем [13, 14]. Внезапны всплеск интенсивности дорожного движения негативно влияет на условия дорожного движения. Если проводимое мероприятие – запланированное, то организаторам необходимо заранее согласовать с местными органами власти временную схему организации дорожного движения и увеличение пропускной способности городских магистралей.

Различные виды массовых мероприятий (Олимпийские игры, Чемпионат мира по футболу, Всемирные выставки и т.д.) ставят разные задачи перед транспортной системой обслуживания мероприятия [15]. Среди общих характеристик задач транспортной системы можно выделить следующие:

- резкое увеличение спроса на пассажирские перевозки;
- возникновение спроса на перевозку к месту проведения мероприятия и обратно в определенное время (начало/окончание проведения матчей, соревнований, выступлений и т.д.);
- схемы матриц корреспонденций (от гостиниц до места проведения мероприятий), которые могут плохо обслуживаться существующими транспортными службами;
- увеличение объёма коммерческих перевозок для осуществления обслуживающих поездок (доставка еды, оборудования и т.д.);
- строгие временные ограничения – зрители и участники мероприятия осуществляют езду к месту проведения мероприятия к определенному времени;
- большое количество людей, незнакомых с городом (и, возможно, с местным языком);
- рост риска возникновения нештатных ситуаций (изменение времени / места проведения мероприятия и т.д.).

Решение перечисленных выше задач реализуется при помощи элементов интеллектуальных транспортных систем, позволяющих осуществлять непрерывный обмен данными между всеми объектами и участниками дорожного движения [16, 17]. Оценка требований к мобильности, основанная на потребностях пользователей прошлых, текущих и будущих крупных мероприятий, предоставляет основную информацию, необходимую для организации и реализации проекта мероприятия [18, 19].

Приложения ИТС, которые могут быть использованы городами для проведения масштабных мероприятий, решающие проблемы мобильности, разнообразны. Проведенный анализ различных массовых мероприятий [20], среди которых Летние Олимпийские игры в Пекине (2008 г.), Зимние Олимпийские игры в Турине (2006 г.), Чемпионат мира по футболу FIFA в России (2018г.), кубок UEFA в Женеве (2008 г.), Чемпионат мира по футболу FIFA в Германии (2006 г.), выявил общие функции ИТС, которые внедрялись перечисленными выше городами для организации дорожного движения (табл. 2):

Таблица 2 – Основные функции ИТС при реализации городских массовых мероприятий

Функции ИТС при проведении городских массовых мероприятий			
1	2	3	4
Мониторинг транспортных потоков	Управление зонами парковки	Оперативное управление транспортно-логистической системой	Контроль выбросов загрязняющих веществ
Мониторинг транспортных потоков	Маршрутизация	Управление парковочным пространством	Управление парковочным пространством
Управление перекрестками	Доступность	Выделенные полосы движения транспортных средств	Выделенные полосы движения транспортных средств
Выделенные полосы движения	Контроль доступа	Предоставление информации пользова-	Предоставление информации пользователям транс-

		телям транспортной системы	портной системы
Контроль доступа выделенных полос	Интегрированные билеты		
Информирование участников дорожного движения	Система бронирования и планирования поездки		

Результаты и обсуждение

Многие задачи в рамках Жизненного цикла приложения ИТС для управления крупными мероприятиями должны выполняться с использованием стандартных инструментов планирования, операционных систем и предыдущего опыта проведения массовых мероприятий. Жизненный цикл управления массовыми мероприятиями - это всеобъемлющий сквозной процесс, который необходимо учитывать для каждого события.

Проведенное исследование опыта различных городов по организации массовых мероприятий показывает, что большая часть приложений ИТС нуждается в настройке для интеграции в существующую транспортную инфраструктуру принимающих городов. Также при подготовке города к проведению массовых мероприятий необходимо учитывать наиболее передовые решения в области ИТС, чтобы соответствовать актуальным достижениям в сфере организации дорожного движения при проведении массовых мероприятий.

Выводы

Проведение массового мероприятия сильно влияет на жизнь жителей города до и во время мероприятия. Проведение массовых мероприятий требует решения ряда задач от администрации города и на уровне федерального правительства в зависимости от масштаба мероприятия. Важную роль при проведении массовых мероприятий играют исходные характеристики выбранной территории: уровень безопасности, городская застройка, транспортная система, экономическое состояние, объекты притяжения туристических потоков, репутация и многие другие. Качество и взаимодействие перечисленных выше характеристик являются основой проведения массовых мероприятий. Каждый из перечисленных элементов требует масштабных финансовых инвестиций для эффективного проведения массового события, однако транспортная инфраструктура нуждается в особом внимании организаторов и местных органов власти. Проекты организации дорожного движения требуют качественной подготовки, высококвалифицированных кадров в данной области, специалистов в сфере долгосрочного планирования функционирования городских транспортных систем, т.к. за счет реализации подобных проектов возможна оптимизация существующей городской транспортной инфраструктуры и решения текущих проблем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Müller M. Approaching paradox: Loving and hating mega-events // *Tourism Management*. - 2017. - №63. - P. 234-241.
2. Martin Muller What makes an event a mega-event? Definitions and sizes // *Leisure Studies*. - 2015. - №34(6). - P. 627-642.
3. Боголюбова Н.М., Николаева Ю.В. Мега-события как форма культурной дипломатии в странах СНГ // *Национальная безопасность и стратегическое планирование*. - 2017. - №4(20). - С. 107-116.
4. Полякова А.С., С.В. Жанказиев Повышение эффективности функционирования транспортного комплекса города // *Наука и техника в дорожной отрасли*. - 2016. - №4(78). - С. 3-6.
5. Новиков А.Н., Еремин С.В., Ерошок И.Д. Оптимизация режимов движения автобусов на городском маршруте // *Мир транспорта и технологических машин*. - 2020. - №1(68). - С. 87-93.
6. Булатова О.Ю., Роговенко Т.Н. Анализ рисков при реализации интеллектуальных транспортных систем на примере проекта рост-ИТС // *Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник*. - 2021. - №8. - С. 30-36.

7. Воробьев А.И., Гаврилюк М.В., Плетнев М.Г. Использование интеллектуальных транспортных систем как инструмента аудита безопасности дорожного движения // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2021. – №2(65). – С. 81-87.
8. Булатова, О.Ю. Применение больших данных в транспортной инфраструктуре городов // Мир транспорта и технологических машин. – 2021. – №4(75). – С. 105-111.
9. Новиков А.Н., Еремин С.В., Кулев А.В., Ломакин Д.О. Проблемы внедрения интеллектуальных транспортных систем в регионах // Мир транспорта и технологических машин. – 2021. – №1(72). – С. 47-54.
10. Athanasios K. Ziliaskopoulos, S.Travis Waller. An internet-based geographic information system that integrates data, models and users for transportation applications. Transportation Research Part C: Emerging Technologies. – 2000. – №8(1-6). – С. 427-444.
11. Ahmad Tavassoli Hojati, Luis Ferreira, Simon Washington, Phil Charles, and Ameneh Shobeirinejad. Modelling the impact of traffic incidents on travel time reliability // Transportation Research Part C: Emerging Technologies. – 2016. – №65. – P. 49-60.
12. Crawford, J.A., Carlson T.B., Eisele W.L., Kuhn B.T.. A michigan toolbox for mitigating traffic congestion // Texas: University, College Station, TX. – 2011.
13. Зырянов В.В., Загидуллин Р.Р. Методика оценки и выбора варианта организации движения транспорта при проведении масштабных массовых мероприятий // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2017. – №2. – С. 43-47.
14. Шевцова, А.Г. Математический анализ определенных показателей безопасности дорожного движения в Российской Федерации // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2021. – Т. 18. – №6(82). – С. 700-711.
15. Новиков А.Н., Кущенко Л.Е., Кущенко С.В., Новиков И.А. Анализ существующих методов оценки вероятности возникновения ДТП на участках улично-дорожной сети города // Вестник гражданских инженеров. – 2021. – №2(85). – С. 222-231.
16. Жанказиев С.В., Нгуен Х.М., Вздыхалкин В.Н., Карпов П.В. Применение интеллектуальных транспортных систем для снижения тяжести последствий ДТП // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2019. – №2(88). – С. 2-4.
17. Шевцова А.Г., Бурлуцкая А.Г., Юнг А.А. Оценка влияния параметров автомобилей на значение потока насыщения // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2022. – №1. – С. 126-134.
18. Буслаев, А.П. Вероятностные и имитационные подходы к оптимизации автодорожного движения: монография – Москва: Мир, 2003. – 368 с.
19. Концепция транспортного обеспечения Всемирной Летней Универсиады 2013 г. в г. Казани. – Санкт-Петербург: НИПИ ТРТИ 2010. – 108 с.
20. STADIUM Smart transport applications designed for large events with Impacts on Urban Mobility// D2.1 State-of-the-Art Report. – 2011.

Булатова Ольга Юрьевна

Донской государственный технический университет

Адрес: 344002 г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162

К.т.н., доцент кафедры организации перевозок и дорожного движения

E-mail: olga-krivolapova@yandex.ru

O.U. BULATOVA

THE MAIN ITS FUNCTIONS DEFINITION FOR TRAFFIC MANAGEMENT DURING CITY LARGE EVENTS

Abstract. Mass events require additional functions and solutions from the existing urban transport network that would allow to solve the following issues: demand passenger transportation increasing, an in the volume of commercial transportation for service trips increasing, a large number of people unfamiliar with the city, etc. This article examines the experience of various countries in holding mass events, on the basis of which common elements of ITS used in organizing and conducting various types of mass events are highlighted.

Keywords: city large events, passenger transport, transport infrastructure, intelligent transport systems, road safety, population mobility

BIBLIOGRAPHY

1. Moller M. Approaching paradox: Loving and hating mega-events // Tourism Management. – 2017. – №63. – R. 234-241.
2. Martin Muller What makes an event a megaevent? Denitions and sizes // Leisure Studies. – 2015. – №34(6). – R. 627-642.

3. Bogolyubova N.M., Nikolaeva Yu.V. Mega-sobytiya kak forma kul'turnoy diplomatii v stranakh SNG // Natsional'naya bezopasnost' i strategicheskoe planirovanie. - 2017. - №4(20). - S. 107-116.
4. Polyakov A.S., Zhankaziev S.V. Povyshenie effektivnosti funktsionirovaniya transportnogo kompleksa goroda // Nauka i tekhnika v dorozhnoy otrasli. - 2016. - №4(78). - S. 3-6.
5. Novikov A.N., Eremin S.V., Eroshok I.D. Optimizatsiya rezhimov dvizheniya avtobusov na gorodskom marshrute // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2020. - №1(68). - S. 87-93.
6. Bulatova O.Yu., Rogovenko T.N. Analiz riskov pri realizatsii intellektual'nykh transportnykh sistem na primere proekta rost-ITS // Transport: nauka, tekhnika, upravlenie. Nauchnyy informatsionnyy sbornik. - 2021. - №8. - S. 30-36.
7. Vorob'ev A.I., Gavriluk M.V., Pletnev M.G. Ispol'zovanie intellektual'nykh transportnykh sistem kak instrumenta audita bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya // Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI). - 2021. - №2(65). - S. 81-87.
8. Bulatova, O.Yu. Primenenie bol'shikh dannykh v transportnoy infrastrukture gorodov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2021. - №4(75). - S. 105-111.
9. Novikov A.N., Eremin S.V., Kulev A.V., Lomakin D.O. Problemy vnedreniya intellektual'nykh transportnykh sistem v regionakh // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2021. - №1(72). - S. 47-54.
10. Athanasios K. Ziliaskopoulos, S. Travis Waller. An internet-based geographic information system that integrates data, models and users for transportation applications. Transportation Research Part C: Emerging Technologies. - 2000. - №8(1-6). - S. 427-444.
11. Ahmad Tavassoli Hojati, Luis Ferreira, Simon Washington, Phil Charles, and Ameneh Shobeirinejad. Modelling the impact of traffic incidents on travel time reliability // Transportation Research Part C: Emerging Technologies. - 2016. - №65. - R. 49-60.
12. Crawford, J.A., Carlson T.B., Eisele W.L., Kuhn B.T.. A michigan toolbox for mitigating traffic congestion // Texas: University, College Station, TX. - 2011.
13. Zyryanov V.V., Zagidullin R.R. Metodika otsenki i vybora varianta organizatsii dvizheniya transporta pri provedenii masshtabnykh massovykh meropriyatiy // Intellect. Innovatsii. Investitsii. - 2017. - №2. - S. 43-47.
14. Shevtsova, A.G. Matematicheskiy analiz opredelennykh pokazateley bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v Rossiyskoy Federatsii // Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo avtomobil'no-dorozhnogo universiteta. - 2021. - T. 18. - №6(82). - S. 700-711.
15. Novikov A.N., Kushchenko L.E., Kushchenko S.V., Novikov I.A. Analiz sushchestvuyushchikh metodov otsenki veroyatnosti vozniknoveniya DTP na uchastkakh ulichno-dorozhnoy seti goroda // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. - 2021. - №2(85). - S. 222-231.
16. Zhankaziev S.V., Nguen H.M., Vzdykhalkin V.N., Karpov P.V. Primenenie intellektual'nykh transportnykh sistem dlya snizheniya tyazhesti posledstviy DTP // Nauka i tekhnika v dorozhnoy otrasli. - 2019. - №2(88). - S. 2-4.
17. Shevtsova A.G., Burlutskaya A.G., Yung A.A. Otsenka vliyaniya parametrov avtomobiley na znachenie po-toka nasyshcheniya // Intellect. Innovatsii. Investitsii. - 2022. - №1. - S. 126-134.
18. Buslaev, A.P. Veroyatnostnye i imitatsionnye podkhody k optimizatsii avtodorozhnogo dvizheniya: monografiya - Moskva: Mir, 2003. - 368 s.
19. Kontseptsiya transportnogo obespecheniya Vsemirnoy Letney Universiady 2013 g. v g. Kazani. – Sankt Peterburg: NIPI TRTI 2010. - 108 s.
20. STADIUM Smart transport applications designed for large events with Impacts on Urban Mobility// D2.1 State-of-the-Art Report. - 2011.

Bulatova Olga

Don State Technical University

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

Candidate of technical sciences

E-mail: olga-krivolapova@yandex.ru

Научная статья
УДК 656.055.91
doi:10.33979/2073-7432-2022-2(78)-3-69-75

А.З. УДЖУХУ, И.Б. АХУНОВА, С.Р. УДЖУХУ, Г.А. ГУК

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ОПАСНОСТИ ПОВОРОТА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ ПРИ ДВИЖЕНИИ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Аннотация. Рассмотрены условия движения на горных автомобильных дорогах. Авторами представлено определение «опасный поворот», дополнены критерии классификации опасности поворотов автомобильных дорог в соответствии с углом поворота. Предложены варианты изменения дорожных знаков по информированию опасных поворотов.

Ключевые слова: безопасность дорожного движения, Правила дорожного движения, дорожные знаки; опасный поворот, степень опасности поворота, расстояние видимости

Введение

Обеспечение безопасности дорожного движения является самой важной задачей в системе организации дорожного движения. Особенно это касается в условиях горных автомобильных дорог, где могут складываться сложные дорожные условия, связанные с погодой и рельефом местности. Одна из основных особенностей движения в горной местности является наличие крутых поворотов, часто следующих друг за другом. При прохождении поворотов безопасность движения на автомобильной дороге не всегда может быть обеспечена только принимаемыми проектными решениями, хорошим техническим состоянием дорог.

Цель работы – разработка предложений по повышению безопасности дорожного движения в горных условиях путём наиболее полного информирования водителей транспортных средств с помощью дорожных знаков о степени опасности поворота.

Материал и методы

Основным законодательным документом является ФЗ №196, в котором отражены цели и задачи безопасности дорожного движения [18]. Отраслевыми нормативными документами, регламентирующими деятельность в сфере безопасности дорожного движения выступают стандарты, положения, правила [11, 5, 6]. Однако, действующие нормативные и законодательные акты не всегда могут отразить и оценить всю возможную сложность ситуации в дорожной среде. Разработка Стратегии безопасности дорожного движения в России, реализация Федеральных проектов, научные исследования в области обеспечения безопасности дорожного движения направлены на комплексное решение вопросов эффективного управления системой дорожной безопасности [2, 4, 7, 8, 14, 17]. Основные направления и лучшие мировые практики в области обеспечения безопасности дорожного движения являются составной частью национальных проектов по безопасности дорожного движения [10]. Для решения вопросов безопасности дорожного движения используют также инструменты моделирования [3, 9, 16].

Движение по дорогам в горных условиях сильно отличается от движения на равнинных дорогах. Изменения погодных условий, сезонные и суточные колебания интенсивности движения, а также проводимые на дороге ремонтные работы требуют вмешательства дорожных организаций в избираемые водителями режимы движения с помощью средств пассивной организации движения [1, 20].

Для снижения аварийности на автомобильных дорогах в горных условиях, на наш взгляд, необходимо более полное информирование водителей автотранспортных средств о ситуации на дороге с помощью знаков. Например, автомобильная дорога «Джубга – Сочи» проходит в горной местности, где имеется большое количество подъемов и спусков, резких затяжных поворотов, что в свою очередь является дополнительной причиной аварийности на данной дороге.

В отраслевых рекомендациях по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах участки дорог оценивают по степени опасности для движения, исходя из значений коэффициента безопасности (табл. 1). Однако каких-либо упоминаний или разъяснений

по поводу того, какой поворот является сложным или опасным в документе не указано, что приводит к выводу о том, что данный вопрос не рассматривается дорожными организациями при строительстве и реконструкции автомобильных дорог.

Таблица 1 – Определение степени опасности участка дороги [11]

Степень опасности участка дороги	Коэффициент безопасности при отрицательных ускорениях, м/с ²	
	0,5...1,5	1,5...2,5
Начальная скорость движения 60...80 км/ч		
Неопасный	более 0,6	более 0,65
Опасный	0,45...0,6	0,55...0,65
Очень опасный	менее 0,45	менее 0,5
Начальная скорость движения 85...100 км/ч		
Неопасный	более 0,7	более 0,75
Опасный	0,55...0,7	0,6...0,75
Очень опасный	менее 0,55	менее 0,6
Начальная скорость движения 105...140 км/ч		
Неопасный	более 0,8	более 0,85
Опасный	0,65...0,8	0,7...0,85
Очень опасный	менее 0,65	менее 0,7

И надо отметить, что данные таблицы 1 относятся к специалистам по безопасности дорожного движения, и никак не отражаются в Правилах дорожного движения (ПДД), доступных для водителей транспортных средств.

При движении в условиях горной местности для указания поворота применяются дорожные знаки 1.11.1 – 1.11.2 «Опасный поворот» (правый – левый), 1.12.1 – 1.12.2 «Опасные повороты» (с первым поворотом направо и налево соответственно), а также 1.34.1 – 1.34.2 «Направление поворота».

Знаки 1.11.1 и 1.11.2 «Опасный поворот» устанавливают перед кривыми в плане, на которых значение коэффициента безопасности менее 0,6, а также перед кривыми в плане, на которых расстояние видимости встречного автомобиля при скорости, характерной для предшествующего кривой участка дороги, меньше минимального расстояния видимости, обеспечивающего безопасность движения (табл. 2).

Таблица 2 – Минимальное расстояние видимости, обеспечивающее безопасность движения при данной скорости [11]

Скорость движения, км/ч	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Минимальное расстояние видимости, м:										
- встречного автомобиля;	90	110	130	170	200	250	300	350	400	450
- для остановки перед препятствием	45	55	75	85	125	150	175	200	225	250

Примечания:

1. Для строящихся дорог принимают скорость, соответствующую 70 % расчетной скорости, а для эксплуатируемых дорог - скорость, которую на данном участке не превышают 85 % транспортных средств.
2. Расстоянием видимости встречного автомобиля следует считать расстояние, на котором с высоты 1,2 м (уровень глаз водителя легкового автомобиля) можно увидеть предмет, находящийся на высоте 1,2 м над уровнем проезжей части.
3. Расстоянием видимости для остановки следует считать расстояние, которое с высоты 1,2 м (уровень глаз водителя легкового автомобиля) обеспечивает видимость любых предметов высотой не менее 0,2 м, находящихся на середине полосы движения.

Знаки 1.12.1 и 1.12.2 «Опасные повороты» устанавливают перед двумя и более следующими друг за другом кривыми в плане, если расстояние между ними менее 300 м и если перед первой из них установлен соответственно знак 1.11.1 или 1.11.2. Расстояние между соседними кривыми в плане определяют между концом и началом следующих друг за другом кривых – круговых или переходных [11]. Знаки 1.12.1 и 1.12.2 с табличкой 8.2.1 устанавливают при трех и более следующих друг за другом кривых в плане.

Знаки 1.34.1 и 1.34.2 «Направление поворота» устанавливают на участках дорог с кривой в плане малого радиуса, если при приближении к кривой определение направления поворота затруднено. Их устанавливают с внешней стороны кривой на продолжении оси полосы (полос), по которой осуществляется движение к повороту.

Покажем примеры применения данных знаков в горной местности (рис. 1 а, б, в, г, д, е). На данных фотографиях представлены участки автомобильной дороги «Джубга - Сочи - граница с Республикой Абхазия». Часть представленных фотографий сделана одним из авторов во время движения, другая часть взята из сервиса Google.



Рисунок 1 - Применение знаков 1.34.1 и 1.34.2

Как видно из представленных снимков, вышеуказанные дорожные знаки широко применяются в горной местности. Но с точки зрения водителя, движущегося по данной автомобильной дороге, может появиться вопрос: почему не все повороты обозначены знаками 1.34.1 и 1.34.2? Например, чем отличаются повороты на рисунках 2 от поворотов на рисунке 1 а, б, д, е?



а



б



в

Рисунок 2 - Повороты в горной местности

С точки зрения водителя эти повороты ничем друг от друга не отличаются, потому что скорость движения на указанных поворотах практически можно не снижать.

Здесь необходимо сделать ещё одно замечание: не всегда, не на всех реально опасных поворотах стоит знак 3.24 «Ограничение максимальной скорости» (рис. 1 в, г). И очень часто этот знак стоит с ограничением в 30 км/ч перед самым поворотом без указания постепенного снижения скорости.

С точки зрения водителя знак 3.24 стоит необоснованно, например, на повороте (рис. 1 в, г) нет ограничения скорости, а на повороте (рис 2 а, б, в) – есть.

На наш взгляд данные недостатки в организации дорожного движения связаны с тем, что нет чёткого определения опасного поворота и степени опасности поворотов.

В безопасности дорожного движения складывается интересная ситуация: ПДД широко использует понятие «Опасный поворот», а разъяснения что это такое в ПДД нет [13].

Считаем, что наилучшим определением опасного поворота является следующее определение:

«Опасный поворот - изменение направления движения на закруглениях автомобильной дороги при ограниченной видимости или малого радиуса поворота».

И, как дополнение к нему вносим следующее определение:

«Малый радиус поворота – это поворот для прохождения которого необходимо снижение скорости менее 60% от постоянной на прямом участке автомобильной дороги».

Эти определения авторы нашли в Интернете и, к сожалению, не записали источник. Повторный поиск не дал результатов.

Степень опасности поворота предлагаем оценивать на основе методики, предложенной Э.С. Цыганковым для применения ее при контраварийном и спортивном обучении водителей [19].

На основе методики Э.С. Цыганкова дадим классификацию поворотов (табл. 3, рис. 3)

Таблица 3 – Классификация поворотов

Категория поворота	Крутизна поворота, α, градусы	Критическая скорость, км/ч	Степень сложности поворота
0	1-30	160-180	простой
1	30-60	140-160	средний
2	60-90	120-140	сложный
3	90-110	100-120	сложный
4	110-130	80-100	очень сложный
5	130-150	60-80	очень сложный
6	150-170	40-60	опасный
7	170-180	20-40	опасный

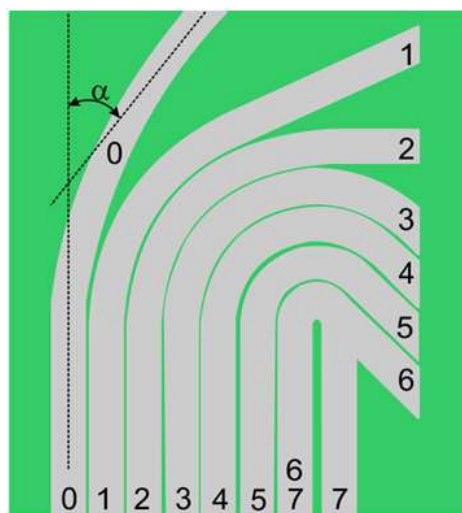


Рисунок 3 - Классификация поворотов

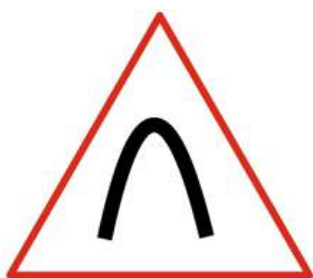


Рисунок 4 – Предлагаемый дорожный знак 1.36 «Крутой поворот»



Рисунок 5 – Возможные варианты изменений дорожных знаков

Результаты и обсуждение

Для предотвращения опасных ситуаций и дорожно-транспортных происшествий, а также более полного информирования водителей при прохождении поворотов (сложных, очень сложных и опасных) на основе дополненной классификации поворотов можно предложить следующее:

1 вариант.

Ввести в эксплуатацию новый дорожный знак 1.36 «Крутой поворот», который будет относиться к группе предупреждающих знаков (рис. 4).

Данный дорожный знак предлагаем использовать в комбинации со знаками 1.13 «Крутой спуск» и 1.14 «Крутой подъем» для движения в горных условиях.

Расстояние видимости знаков 1.11.1, 1.11.2 «Опасный поворот» и 1.12.1, 1.12.2 «Опасные повороты» составляет не менее 150 м в светлое время суток, предлагаемый нами знак 1.36 «Крутой поворот» предлагаем ставить непосредственно перед началом такого поворота.

Предупреждающие дорожные знаки типа «Опасный поворот» применяются после знака 3.24 «Ограничение максимальной скорости», предлагаем также, если имеется возможность, дублировать знаки 1.11.1, 1.11.2 «Опасный поворот» и 1.12.1, 1.12.2 «Опасные повороты» в непосредственной близости от знака 1.36 «Крутой поворот», что позволит водителям транспортных средств не только улучшить зрительное ориентирование и повысить внимательность перед въездом на сложный участок дороги, но и оптимизирует скоростные режимы.

2 вариант. Дополнить существующие дорожные знаки 1.11 и 1.34 категорией поворота (табл. 3), и как показано на рисунке 5.

Применение данного подхода позволит детализировать получаемую информацию о предстоящем повороте и оптимизировать скоростной режим. Предлагаемые изменения дорожных знаков позволят повысить безопасность дорожного движения, особенно в трудных дорожных условиях движения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахунова, И.Б., Ахунов, М.И. Информационное обеспечение участников дорожного движения на автомобильных дорогах Майкопского района с учетом туристических особенностей Республики Адыгея // XXIX Неделя науки МГТУ: Материалы научно-практической конференции «Наука – XXI веку». – Майкоп: ИП Кучеренко В.О., 2014. – С. 64-67.
2. Ахунова, И.Б., Уджуху, А.З. О некоторых дополнительных направлениях к задачам в федеральной целевой программе «Повышение безопасности дорожного движения» // Информационно – научный журнал. Бюллетень транспортной информации. - №3(261). - 2017. - С. 33-35.
3. Боровской, А.Е. Моделирование транспортных процессов: учебное пособие - Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2013. - 86 с.
4. Булавкин А.А. Проблемные вопросы совершенствования государственного регулирования в области безопасности дорожного движения [Электронный ресурс] // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2016. – Т. 15. – С. 2391–2395. – Режим доступа: <http://e-koncept.ru/2016/96399.htm>.

5. ГОСТ 33151-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Элементы обустройства. Технические требования. Правила применения; Введ. 01.12.15. – М.: Стандартинформ, 2015. – 27 с.
6. ГОСТ Р 52290-2004. Технические средства организации движения. Знаки дорожные; Введ. 15.12.04. – М.: Стандартинформ, 2006. – 129 с.
7. Ивасик, Д.В и др. Проблемы обеспечения безопасности дорожного движения [Электронный ресурс] // ИВД. - 2019. - №3(54). - Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-obespecheniya-bezopasnosti-dorozhnogo-dvizheniya>.
8. Лопарев Е.А., Ермаганбетов А.С., Шестериков Н.А. Результаты и направленность федерального государственного надзора в области безопасности дорожного движения // Безопасность дорожного движения. – 2021. – №1. – С. 26-32.
9. Мугу, Р.Р. Сравнение моделей кругового движения и развязки в разных уровнях [Электронный ресурс] // Студенческий форум: электрон. научн. журн. - 2020. - №7(100). - Режим доступа: <https://nauchforum.ru/journal/stud/100/67177>.
10. Обеспечение безопасности дорожного движения: стратегии, направления, мировая практика [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://trasscom.ru/blog/obespechenie-bezopasnosti-dorozhnogo-dvizheniya>
11. ОДМ 218.4.005-2010 Рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200084056>.
12. Показатели состояния безопасности дорожного движения за 2022 год [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://stat.gibdd.ru>.
13. Правила дорожного движения 2022 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://pdd-russia.com/pdd-russia/pdd/pdd/russia.html>
14. Распоряжение Правительства РФ от 08.01.2018 № 1-п «Об утверждении Стратегии безопасности дорожного движения в Российской Федерации на 2018 - 2024 годы». Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_288413/df7700fdc6ec2d37938dd5435543e61ffea84440/1
15. Рубцова, М.В. Безопасность дорожного движения в России: проблемы и пути их решения [Электронный ресурс] // Безопасность дорожного движения. - 2021. - №3. - Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/bezopasnost-dorozhnogo-dvizheniya-v-rossii-problemy-i-puti-ih-resheniya>.
16. Сафронов, Э.А. Транспортные системы городов и регионов [Электронный ресурс]: учебное пособие - Омск: СибАДИ, 2019. - 381 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/149552>
17. Системный подход к дорожной безопасности [Электронный ресурс]. - Режим доступа <https://mvdmedia.ru/publications/police-of-russia/Competently/sistemnyy-podkhod-k-dorozhnoy-bezopasnosti/>.
18. О безопасности дорожного движения: Федеральный закон от 10.12.1995 №196-ФЗ (последняя редакция) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8585/.
19. Цыганков, Э.С. Безопасное прохождение поворотов: (30 практических рекомендаций) – М: Транспорт, 1993. - 80 с.
20. Эшанбабаев А.А. и др. Обеспечение безопасности движения транспортных средств в горных дорожных условиях [Электронный ресурс] // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. - 2022. - №5(98). - Режим доступа: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/13599>.

Уджуху Аскер Заурбиевич

Майкопский государственный технологический университет
Адрес: Россия, 385000, г. Майкоп, ул. Первомайская, 191
К.т.н., доцент кафедры автомобильного транспорта
E-mail: udask@mail.ru

Уджуху Сусанна Рамазановна

Майкопский государственный технологический университет
Адрес: Россия, 385000, г. Майкоп, ул. Первомайская, 191
К.б.н., доцент кафедры морфологии
E-mail: orhis74@mail.ru

Ахунова Инна Бислановна

Майкопский государственный технологический университет
Адрес: Россия, 385000, г. Майкоп, ул. Первомайская, 191
К.э.н., доцент кафедры автомобильного транспорта
E-mail: inna0116@mail.ru

Гук Галина Александровна

Майкопский государственный технологический университет
Адрес: Россия, 385000, г. Майкоп, ул. Первомайская, 191
К.т.н., доцент кафедры автомобильного транспорта
E-mail: Guck.galina@jandex.ru

A.Z. UDZHUKHU, I.B. AKHUNOVA, S.R. UDZHUKHU, G.A. GUK

DETERMINATION OF THE DANGER DEGREE OF TURNING A ROAD WHEN DRIVING IN MOUNTAIN CONDITIONS

Abstract. The conditions of movement on mountain roads are considered. The authors present the definition of «dangerous turn», supplemented the criteria for classifying the danger of turns of roads in accordance with the angle of turn. Options for changing road signs to inform dangerous turns are proposed.

Keywords: traffic safety, traffic rules, road signs; Dangerous bend; degree of danger of turning; visibility distance

BIBLIOGRAPHY

1. Akhunova, I.B., Akhunov, M.I. Informatsionnoe obespechenie uchastnikov dorozhnogo dvizheniya na avtomobil'nykh dorogakh Maykopskogo rayona s uchetom turisticheskikh osobennostey Respubliki Adygeya // XXIX Nedelya nauki MGUTU: Materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Nauka - XXI veku». - Maykop: IP Kucherenko V.O., 2014. - S. 64-67.
2. Akhunova, I.B., Udzhukhu, A.Z. O nekotorykh dopolnitel'nykh napravleniyakh k zadacham v federal'noy tselevoy programme «Povyshenie bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya» // Informatsionno - nauchnyy zhurnal. Byulleten' transportnoy informatsii. - №3(261). - 2017. - S. 33-35.
3. Borovskoy, A.E. Modelirovanie transportnykh protsessov: uchebnoe posobie - Belgorod: Belgorodskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskiy universitet im. V.G. Shukhova, EBS ASV, 2013. - 86 c.
4. Bulavkin A.A. Problemnye voprosy sovershenstvovaniya gosudarstvennogo regulirovaniya v oblasti bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya [Elektronnyy resurs] // Nauchno-metodicheskoy elektronnyy zhurnal «Kontsept». - 2016. - T. 15. - S. 2391-2395. - Rezhim dostupa: <http://e-koncept.ru/2016/96399.htm>.
5. GOST 33151-2014. Dorogi avtomobil'nye obshchego pol'zovaniya. Elementy obustroystva. Tekhnicheskie trebovaniya. Pravila primeneniya; Vved. 01.12.15. - M.: Standartinform, 2015. - 27 s.
6. GOST R 52290-2004. Tekhnicheskie sredstva organizatsii dvizheniya. Znaki dorozhnye; Vved. 15.12.04. - M.: Standartinform, 2006. - 129 s.
7. Ivasik, D.V i dr. Problemy obespecheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya [Elektronnyy resurs] // IVD. - 2019. - №3(54). - Rezhim dostupa: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-obespecheniya-bezopasnosti-dorozhnogo-dvizheniya>.
8. Loparev E.A., Ermaganbetov A.S., Shesterikov N.A. Rezul'taty i napravlennost' federal'nogo gosudarstvennogo nadzora v oblasti bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya // Bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya. - 2021. - №1. - S. 26-32.
9. Mugu, R.R. Sravnenie modeley krugovogo dvizheniya i razvyazki v raznykh urovnyakh [Elektronnyy resurs] // Studencheskiy forum: elektron. nauchn. zhurn. - 2020. - №7(100). - Rezhim dostupa: <https://nauchforum.ru/journal/stud/100/67177>.
10. Obespechenie bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya: strategii, napravleniya, mirovaya praktika [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <https://trasscom.ru/blog/obespechenie-bezopasnosti-dorozhnogo-dvizheniya>
11. ODM 218.4.005-2010 Rekomendatsii po obespecheniyu bezopasnosti dvizheniya na avtomobil'nykh dorogakh [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <http://docs.cntd.ru/document/1200084056>.
12. Pokazateli sostoyaniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya za 2022 god [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <http://stat.gibdd.ru>.
13. Pravila dorozhnogo dvizheniya 2022 [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <https://pdd-russia.com/pdd-russia/pdd/pdd/russia.html>
14. Rasporuyazhenie Pravitel'stva RF ot 08.01.2018 № 1-r «Ob utverzhdenii Strategii bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v Rossiyskoy Federatsii na 2018 - 2024 gody». Rezhim dostupa: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_288413/df7700fdc6ec2d37938dd5435543e61f6ea84440/
15. Rubtsova, M.V. Bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya v Rossii: problemy i puti ikh resheniya [Elektronnyy resurs] // Bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya. - 2021. - №3. - Rezhim dostupa: <https://cyberleninka.ru/article/n/bezopasnost-dorozhnogo-dvizheniya-v-rossii-problemy-i-puti-ih-resheniya>.
16. Safronov, E.A. Transportnye sistemy gorodov i regionov [Elektronnyy resurs]: uchebnoe posobie - Omsk: SibADI, 2019. - 381 s. - Rezhim dostupa: <https://e.lanbook.com/book/149552>
17. Sistemnyy podkhod k dorozhnoy bezopasnosti [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa <https://mvdmedia.ru/publications/police-of-russia/Competently/sistemnyy-podkhod-k-dorozhnoy-bezopasnosti/>.
18. O bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya: Federal'nyy zakon ot 10.12.1995 №196-FZ (poslednyaya redaktsiya) [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8585/.
19. Tsiganov, E.S. Bezopasnoe prokhozhdenie povorotov: (30 prakticheskikh rekomendatsiy) - M: Transport, 1993. - 80 s.
20. Eshanbabaev A.A. i dr. Obespechenie bezopasnosti dvizheniya transportnykh sredstv v gornykh dorozhnykh usloviyakh [Elektronnyy resurs] // Universum: tekhnicheskie nauki: elektron. nauchn. zhurn. - 2022. - №5(98). - Rezhim dostupa: <https://universum.com/ru/tech/archive/item/13599>.

Udzhukhu Asker Zaurbievich

Maikop State Technological University
Address: Russia, 385000, Maykop, May Day str., 191
Candidate of technical sciences
E-mail: udask@mail.ru

Udzhukhu Susanna Ramazanovna

Maikop State Technological University
Address: Russia, 385000, Maykop, May Day str., 191
Candidate of biological sciences
E-mail: orhis74@mail.ru

Akhunova Inna Bislanovna

Maikop State Technological University
Address: Russia, 385000, Maykop, May Day str., 191
Candidate of economy sciences
E-mail: inna0116@mail.ru

Guk Galina Alexandrovna

Maikop State Technological University
Address: Russia, 385000, Maykop, May Day str., 191
Candidate of technical sciences
E-mail: Guck.galina@jandex.ru

Научная статья

УДК 351.811.122

doi:10.33979/2073-7432-2022-2(78)-3-76-84

С.С. ЕВТЮКОВ, И.С. БРЫЛЕВ, М.М. БЛИНДЕР

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВЕЛОСИПЕДНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ГОРОДА НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ ВЕЛОСИПЕДИСТОВ

Аннотация. Целью исследования было проанализировать ДТП с велосипедистами за 2020-2021 год, в котором учитывались дата, время, причина, район, адрес и количество пострадавших в ДТП. Проведена оценка велосипедной инфраструктуры города (количество и расположение велосипедных дорожек). Выявлены места концентрации ДТП и опасные участки движения немеханических транспортных средств в г. Санкт-Петербург. Сделаны выводы о необходимости совершенствования велосипедной инфраструктуры для повышения уровня безопасности дорожного движения велосипедов.

Ключевые слова: немеханическое транспортное средство, дорожно-транспортные происшествия с велосипедистами, велосипедная инфраструктура, безопасность дорожного движения, статистика ДТП

Введение

Согласно статистике официального сайта Госавтоинспекции [1], динамика ДТП с велосипедистами и общее число ДТП за 2014-2020 г.г. имеют противоположные тенденции: общее количество ДТП сокращается, а количество ДТП с велосипедистами растет. Процент ДТП с велосипедистами от общего числа ДТП в 2014 году составлял 3,6 %, в 2020 году этот показатель составил 4 %, за 2021 год процент ДТП с велосипедистами упал до 3,6 % [5]. За период 2017-2020 г.г. в Российской Федерации, количество ДТП с участием велосипедистов увеличилось, при этом количество смертей уменьшалось.

Основными задачами исследования является:

- анализ ДТП с велосипедистами за 2020-2021 г.г.;
- анализ существующей велосипедной инфраструктуры;
- оценка мест концентрации ДТП и опасных участков движения;
- установление рациональной сферы использования велосипедного транспорта и повышение уровня его взаимодействия с другими видами транспорта с учетом обеспечения безопасности населения.

Результатом проведенных исследований будет являться установление причин повышенной аварийности с НМТС и анализ путей снижения уровня аварийности ДТП с велосипедным транспортом.

Материал и методы

Проблема безопасности дорожного движения с немеханическими ТС является важнейшей во всех городах России, особенно в городах-мегаполисах, таких как Москва и Санкт-Петербург, где ежегодно количество людей, передвигающихся на велосипедах и других НМТС стремительно растет. Население страны все чаще использует велосипед как ежедневное средство передвижения [7]. Жители больших городов, где слишком большое количество машин порождает колоссальные пробки и дефицит парковочных мест, понимают, что возможность езды на велосипеде - это их преимущество [4, 10]. Часто в таких городах велосипед является самым быстрым средством передвижения в городе. Также по сравнению с другим транспортным он занимает небольшое место на парковке, не производит вредных выбросов, стоит гораздо дешевле, чем другие ТС, не говоря уже о том, что езда на велосипеде укрепляет физическую форму и полезна для здоровья [15, 20].

Важнейшей частью обеспечения безопасности дорожного движения является взаимосвязанная транспортная инфраструктура [2, 3]. Наряду с увеличивающимся количеством НМТС на дорогах города становится явно заметно, что велосипедная инфраструктура в городах России практически отсутствует, несмотря на то что велосипедов у населения практически столько, сколько личных автомобилей [9]. В Санкт-Петербурге число

© Евтюков С.С., Брылев И.С., Блиндер М.М., 2022

владельцев велосипедов составляет более 2 млн человек, что приблизительно равняется числу владельцев личных автомобилей (308 шт. на 1 тыс. жителей) [12, 13]. В городе активно развита некоммерческая и коммерческая велотранспортная деятельность, с каждым годом объем эксплуатации велосипедов как средств отдыха и занятия спортом на природе заметно увеличивается. Коммерческие перевозки грузов, особенно получившие распространение в последние несколько лет, заполняют крупные города, в том числе и Санкт-Петербург. [5] Однако стоит отметить, что отсутствие условий для безопасного передвижения велосипедистов, а также неразвитая невзаимосвязанная транспортная инфраструктура значительно замедляют широкое внедрение велосипеда как для личного использования, так и для транспортного обслуживания населения [8]. Для популяции НМТС в России необходимо создать все условия для безопасного передвижения каждого транспортного средства. [11,14]. Формирование эффективных маршрутов велосипедного движения в городах является важнейшим фактором обеспечения безопасности велосипедного движения города. Эффективность велосипедных маршрутов определяется тем, насколько велосипедисту обеспечивается возможность добраться до пункта назначения с минимальными затратами сил и времени.

Теория / расчет

Анализ ДТП с велосипедистами за 2020-2021 гг.

С целью выяснения причин роста ДТП с велосипедистами был проведен анализ ДТП с велосипедистами за 2020-2021 год, где учитывались месяц, дата, время, причина, район, адрес и количество пострадавших в ДТП (табл. 1, 2).

Таблица 1 – Анализ дорожно-транспортных происшествий за 2020 год в Санкт-Петербурге по месяцам

Параметры ДТП за 2020 г.	Месяц												Всего ДТП
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
Количество ДТП	5	7	7	12	36	72	47	61	46	30	22	12	357
Ранено, чел.	5	7	7	11	35	70	46	61	46	30	22	10	350
Погибло, чел	0	0	0	1	1	2	1	0	0	0	0	2	7
ДТП ночью (18:01–09:00)	4	4	3	6	19	30	23	36	23	14	13	5	180
ДТП днем (09:01–18:00)	1	3	4	6	17	42	24	25	23	16	9	7	177

Таблица 2 – Анализ дорожно-транспортных происшествий за 2021 год в Санкт-Петербурге по месяцам

Параметры ДТП за 2020 г.	Месяц												Всего ДТП
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
Количество ДТП	8	8	9	29	32	59	55	30	36	37	23	4	322
Ранено, чел.	7	8	9	29	32	55	53	30	36	36	23	4	315
Погибло, чел	1	0	0	0	0	4	2	0	0	1	0	0	7
ДТП ночью (18:01–09:00)	Данные по времени ДТП на данный момент отсутствуют.												
ДТП днем (09:01–18:00)													

Из анализа статистики ДТП с велосипедистами в Санкт-Петербурге за 2020 г. В городе произошло 357 ДТП с участием велосипедов, в них ранено 350 чел., погибло 7 чел.

За 12 месяцев 2021 года произошло 322 ДТП с участием велосипедов, из них было ранено 315 чел. Количество ДТП уменьшилось на 10 %, однако количество погибших осталось постоянным и составляет, как и 2020 году – 7 человек, из чего можно сделать вывод о том, что количество смертей за 2021 год увеличилось.

Ввиду недостаточности данных по ДТП за 2021 год, было принято решение о детальном рассмотрении ДТП за 12 месяцев 2020 года. Из анализа времени ДТП за 2020 год можно сделать вывод о то, что количество ДТП в ночное и дневное время примерно равное: 180 аварий происходили в дневное время (9:01–18:00), 177 — в ночное время (18:01–9:00).

Для выявления мест концентрации ДТП с велосипедистами был проведен анализ количества ДТП с участием велосипедистов в Санкт-Петербурге за 2020 г. по районам (табл. 3).

Таблица 3 – Количество ДТП за 2020 год по районам Санкт-Петербурга

№	Район	Количество ДТП по районам за 2020 г.	Количество ДТП по районам за 2021 г.
1	Адмиралтейский район	18	17
2	Василеостровский район	13	20
3	Выборгский район	43	33
4	Калининский район	38	40
5	Кировский район	18	11
6	Колпинский район	5	8
7	Красногвардейский район	16	25
8	Красносельский район	19	17
9	Кронштадтский район	1	0
10	Курортный район	16	6
11	Московский район	21	22
12	Невский район	21	24
14	Петроградский район	21	20
15	Петродворцовый район	5	1
16	Приморский район	50	29
17	Пушкинский район	8	5
18	Фрунзенский район	20	17
19	Центральный район	24	25

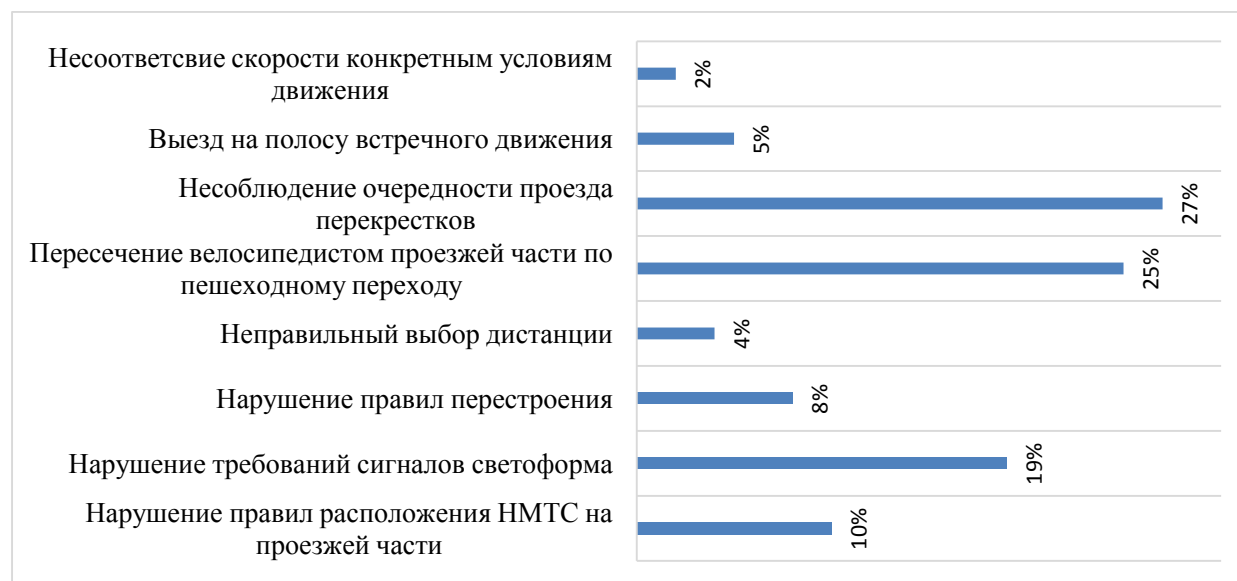


Рисунок 1 - Виновники ДТП с участием велосипедистов

На основании полученных результатов за 2020 г. в Санкт-Петербурге наибольшее количество ДТП произошло в Приморском (50), Выборгском (43) и Калининском (38) районах, наименьшее количество - в Колпинском (5), Петродворцовом (5) и Кронштадтском (1) районах. Результаты 2021 г. немного отличаются: наибольшее количество ДТП произошло в Калининском районе (40), чуть меньше в Выборгском (33) и Приморском (29) районах,

наименьшее количество ДТП - в Пушкинском (5) и Петродворцовом (1) районах, и безаварийным оказался Кронштадтский (0) районах.

Процент вины ДТП с велосипедистами лежит как на автомобилисте, так и на велосипедисте и составляет примерно 50 на 50 [16, 18] Большая часть ДТП по вине велосипедиста приходится на несоблюдение НМТС очерёдности проезда перекрестков (27%), на втором месте пересечение велосипедистом проезжей части по пешеходному переходу (25 %), а меньше всего велосипедисты нарушали скоростной режим (2 %).

На основании анализа карточек ДТП с велосипедистами за 2020 г., полученные адреса ДТП были нанесены на карту города и выявлена места наибольшей аварийности. Статистические данные были собраны и отображены на карте в виде точек ДТП, где разные цвета точек указывают на тот или иной месяц 2020 года, в который произошло ДТП.



Рисунок 2 - Условные обозначения к рисунку 3



Рисунок 3 - Данные о ДТП в городе Санкт-Петербург по районам

Результатом анализа карты, представленной на рисунке 3 являются выявленные места повышенной аварийности:

- а) пл. Восстания;
- б) наб. реки Фонтанки;
- в) Невский пр.;
- г) прямая «ул. Типанова, пр. Славы, Ивановская ул., Народная ул.»;
- д) Лермонтовский пр.;
- е) пр. Королева;
- ж) вблизи парка Сосновка (Северный пр., ул. Сикейроса);
- з) пр. Луначарского;
- и) пр. Энгельса;
- к) Каменноостровский пр.

Анализ велосипедной инфраструктуры города

В Санкт-Петербурге по данным комплексной схемы организации дорожного движения (КСОДД) Санкт-Петербурга по состоянию на 2020 г. создано 128 км велодорожек (рис. 5) [6]. В настоящее время на апрель 2022 г. в Санкт-Петербурге для велосипедистов доступно 37 велосипедных маршрутов общей протяженностью 135,4 км [17, 19]. До 2030 года их количество планируется увеличить вдвое, в городе будет 300 км велодорожек [5]. Согласно официальным данным интерактивной карты велосипедных дорожек и проведенного анализа их протяженности, можно сделать вывод о том, что наибольшая протяженность велосипедных маршрутов наблюдается в Петроградском, Калининском, Выборгском и Колпинском районах. Крайне мало велосипедных дорожек в Петродворцовом, Василеостровском и Московском районах.

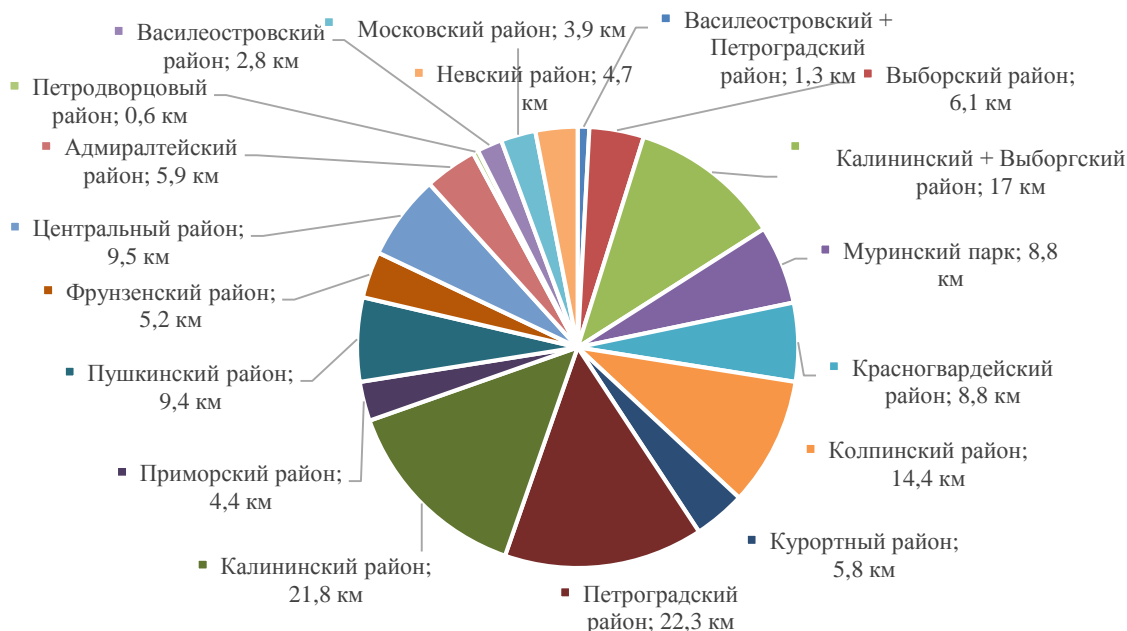


Рисунок 4 - Диаграмма протяженности велодорожек по районам Санкт-Петербурга в 2021 г.

Из рисунка 5 видно, что велодорожки города расположены хаотично, не имеют цельной структуры, что говорит о низкой эффективности велосипедных маршрутов города. Велосипедисту для перемещения по районам города необходимо неоднократно переходить для движения на проезжую часть, создавая помехи другим транспортным средствам ввиду отсутствия обособленной инфраструктуры велосипедного движения.

Для более детального анализа проблемы была сформирована карта, отображающая все ДТП за 2020 г. с участием велосипедистов, а также существующие велодорожки в городе (рис. 6).



Рисунок 5. Велосипедные дорожки и парковки в Санкт-Петербурге в 2021 г.



Рисунок 6. Карта ДТП за 2020 г. с участием велосипедистов и велодорожками СПб по данным «Яндекса»

Результаты и обсуждение

Таким образом, в результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- 1) аварийность возрастает в местах отсутствия велодорожек, на основных магистралях, соединяющих районы города;
- 2) исключением являются пр. Луначарского и наб. реки Фонтанки, где, несмотря на наличие велодорожек, происходило наибольшее количество ДТП;
- 3) сезон увеличения аварийности — период с мая по октябрь, наибольшее количество ДТП наблюдалось в летний период;
- 4) В июле аварийность значительно падает по сравнению с другими летними месяцами (июнем и августом) по причине снижения количества машин и велосипедных транспортных средств на дорогах (школьные каникулы, отъезды на дачи и т. д.);
- 5) количество ДТП с велосипедистами уменьшилось на 10%, количество смертей за 2021 год увеличилось.

Выводы

Проведенные исследования подтверждают необходимость более детального изучения ДТП с велосипедными транспортными средствами, а также необходимость совершенствования велосипедной инфраструктуры для повышения уровня безопасности дорожного движения велосипедного транспорта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Официальный сайт Министерства внутренних дел Российской Федерации, ГИБДД МВД России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: gibdd.ru
2. Балакин, В.Д. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий - Омск: СибАДИ, 2005. - 135 с.
3. Пучкин, В.А. Основы экспертного анализа дорожно-транспортных происшествий: базы данных, экспертная техника, методы решений - Ростов н/Д: ИПО ПИ ЮФУ, 2010. - 398 с.
4. Евтюков, С.А. Экспертиза ДТП: методы и технологии - СПб.: СПбГАСУ, 2012. – 310 с.
5. Евтюков С.А., Брылев И.С. Обзор существующих методик расчета скорости двухколесных транспортных средств // Современные проблемы науки и образования. - 2013. - №6. - С. 19.
6. Комплексная схема организации дорожного движения Санкт-Петербурга на период до 2033 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.gov.spb.ru/static/writable/ckeditor/uploads/2019/11/29/13/KCODD_Sankt-Peterburga.pdf
7. Evtuykov S., Ginzburg G., Brylev I. Problem of accident reconstruction mechanism using parameters of braking process of two-wheeled motor vehicles [Электронный ресурс] // Architecture and Engineering. - 2016. - Vol. 1. - №2. - P. 23-26. – Режим доступа: <http://aej.spbgasu.ru/index.php/AE/article/view/31>
8. Evtuykov S.A., Brylev I.S., Blinder M.M. Factors affecting the formation of the established deceleration of two-wheeled vehicles [Электронный ресурс] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering at 2021 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 1159 012058. – Режим доступа: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1159/1/012058/pdf>
9. Raslavičius L., Bazaras L., Keršys R. Accident reconstruction and assessment of cyclist's injuries sustained in car-to-bicycle collision // Procedia Engineering. - 2017. - Vol. 187. - P. 562-569.
10. Трофименко, Ю.В. Велосипедный транспорт в городах - М.: МАДИ, 2020. - 154 с.
11. Евтюков С.С., Гладушевский И.С. Совершенствование методики исследования замедления ТС при эксплуатации летних шин с разной высотой протектора // Мир транспорта и технологических машин. - 2020. - №1(65). - С. 72.
12. World Health Organization, Global Status Report on Road Safety 2018 (Женева, 2018) [Электронный ресурс]. - С. 7. - Режим доступа: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241565684>
13. Евтюков С.С., Брылев И.С. Расчетная оценка параметров процесса торможения транспортных средств категории L3 при реконструкции ДТП // Вестник гражданских инженеров. - 2016. - №6(55). - С.181-185.
14. Домке, Э.Р. Расследование и экспертиза дорожно-транспортных происшествий : учебник для студ. высш. учеб. заведений – М. : Издательский центр «Академия». – 2-е изд., стер, 2012. – 288 с.
15. Evtuykov S.A., Brylev I.S., Blinder M.M., Rogov V.R., Ptitsyn D.A. Modeling of a road traffic accident using multivariate analysis of injuries in a two-wheeled vehicle collision with a car [Электронный ресурс] // 2021 systems of signals generating and processing in the field of on board communications. - 2021, Moscow. - Режим доступа: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9415998>.
16. Евтюков С.А., Брылев И.С., Блиндер М.М Реконструкция аварии и оценка травм велосипедиста, полученных при столкновении автомобиля с велосипедом // Вестник гражданских инженеров. - 2021. -

№2(85)2021. - С. 208-214.

17. Evtuykov S.A., Brylev I.S., Blinder M.M., Estimation of the reaction time of the driver of a two-wheeled vehicle in case of danger [Электронный ресурс] // The VII International Scientific and Practical Conference «Information Technologies and Management of Transport Systems» (ITMTS 2021). - Режим доступа: https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/abs/2021/10/mateconf_itmts2021_00047/mateconf_itmts2021_00047.html

18. Блиндер М.М. Классификация немеханических транспортных средств // Вестник гражданских инженеров. - 2021. - №4(87). - С. 105-112.

19. Блиндер М.М. Повышение безопасности дорожного движения велосипедного транспорта в Санкт-Петербурге // 2022. - №1(90). - С. 114-120.

20. Halving injury and fatality rates for cyclists by 2020 ECF Road Safety Charter, European Cyclists' Federation asbl Rue Franklin 28 B-1000 Brussels. - Р. 6. - Режим доступа: [ECF_Road_safety_charter.pdf](https://ecf-road-safety-charter.pdf)

Евтюков Станислав Сергеевич

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

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

Д.т.н., зав. кафедры транспортных систем

E-mail: ese-89@yandex.ru

Брылев Илья Сергеевич

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

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

К.т.н.

E-mail: ilya2104@mail.ru

Блиндер Мария Михайловна

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

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

Аспирант

E-mail: ilya2104@mail.ru

S.S. EVTYUKOV, I.S. BRYLEV, M.M. BLINDER

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF THE CYCLING INFRASTRUCTURE OF THE CITY ON THE ROAD SAFETY OF CYCLISTS

Abstract. The purpose of the study was to analyze an accident with cyclists in 2021, which considered the date, time, cause, area, address, and number of victims in the accident. An assessment of the cycling infrastructure of the city (the number and location of bike paths) was carried out. The places of concentration of accidents and dangerous sections of bicycle traffic in St. Petersburg have been identified. Conclusions are drawn about the need to improve the bicycle infrastructure to increase the level of road safety of bicycles.

Keywords: road accidents with cyclists, bicycle infrastructure, road safety, non-mechanical vehicle, accident statistics

BIBLIOGRAPHY

1. Ofitsial`nyy sayt Ministerstva vnutrennikh del Rossiyskoy Federatsii, GIBDD MVD Rossii [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: gibdd.ru
2. Balakin, V.D. Ekspertiza dorozhno-transportnykh proisshestviy - Omsk: SibADI, 2005. - 135 s.
3. Puchkin, V.A. Osnovy ekspertnogo analiza dorozhno-transportnykh proisshestviy: bazy dannykh, ekspertnaya tekhnika, metody resheniy - Rostov n/D: IPO PI YUFU, 2010. - 398 s.
4. Evtuykov, S.A. Ekspertiza DTP: metody i tekhnologii - SPb.: SPbGASU, 2012. - 310 s.
5. Evtuykov S.A., Brylev I.S. Obzor sushchestvuyushchikh metodik rascheta skorosti dvukhkolesnykh transportnykh sredstv // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. - 2013. - №6. - S. 19.
6. Kompleksnaya skhema organizatsii dorozhnogo dvizheniya Sankt Peterburga na period do 2033 goda [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: https://www.gov.spb.ru/static/writable/ckeditor/uploads/2019/11/29/13/KSODD_Sankt-Peterburga.pdf
7. Evtuykov S., Ginzburg G., Brylev I. Problem of accident reconstruction mechanism using parameters of braking process of two-wheeled motor vehicles [Elektronnyy resurs] // Architecture and Engineering. - 2016. - Vol. 1. - №2. - P. 23-26. - Rezhim dostupa: <http://aej.spbgasu.ru/index.php/AE/article/view/31>

8. Evtuykov S.A., Brylev I.S., Blinder M.M. Factors affecting the formation of the established deceleration of two-wheeled vehicles [Elektronnyy resurs] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering at 2021 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 1159 012058. - Rezhim dostupa: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1159/1/012058/pdf>
9. Raslavičius L., Bazaras L., Keršys R. Accident reconstruction and assessment of cyclist's injuries sustained in car-to-bicycle collision // Procedia Engineering. - 2017. - Vol. 187. - P. 562-569.
10. Trofimenko, Yu.V. Velosipednyy transport v gorodakh - M.: MADI, 2020. - 154 s.
11. Evtuykov S.C., Gladushevskii I.S. Sovershenstvovanie metodiki issledovaniya zamedleniya TS pri ekspluatatsii letnikh shin s raznoi vysotoi protektora // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2020. - №1(65). - S. 72.
12. World Health Organization, Global Status Report on Road Safety 2018 (Zheneva, 2018) [Elektronnyy resurs]. - S. 7. - Rezhim dostupa: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241565684>
13. Evtuykov S.S., Brylev I.S. Raschetnaya otsenka parametrov protsessa tormozheniya transportnykh sredstv kategorii L3 pri rekonstruktsii DTP // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. - 2016. - №6(55). - S.181-185.
14. Domke, E.R. Rassledovanie i ekspertiza dorozhno-transportnykh proissheshtviy: uchebnyy dlya stud. vyssh. ucheb. zavedeniy - M. : Izdatel'skiy tsentr «Akademiya». - 2-e izd., ster, 2012. - 288 s.
15. Evtuykov S.A., Brylev I.S., Blinder M.M., Rogov V.R., Ptitsyn D.A. Modeling of a road traffic accident using multivariate analysis of injuries in a two-wheeled vehicle collision with a car [Elektronnyy resurs] // 2021 systems of signals generating and processing in the field of on board communications. - 2021, Moscow. - Rezhim dostupa: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9415998>.
16. Evtuykov C.A., Brylev I.S., Blinder M.M. Rekonstruktsiya avarii i otsenka travm velosipedista, poluchennykh pri stolkovenii avtomobilya s velosipedom // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. - 2021. - №2(85)2021. - S. 208-214.
17. Evtuykov S.A., Brylev I.S., Blinder M.M., Estimation of the reaction time of the driver of a two-wheeled vehicle in case of danger [Elektronnyy resurs] // The VII International Scientific and Practical Conference «Information technologies and management of transport systems» (ITMTS 2021). - Rezhim dostupa: https://www.mateconferences.org/articles/mateconf/abs/2021/10/mateconf_itmts2021_00047/mateconf_itmts2021_00047.html
18. Blinder M.M. Klassifikatsiya nemekhanicheskikh transportnykh sredstv // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. - 2021. - №4(87). - S. 105-112.
19. Blinder M.M. Povyshenie bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya velosipednogo transporta v Sankt-Peterburge // 2022. - №1(90). - S. 114-120.
20. Halving injury and fatality rates for cyclists by 2020 ECF Road Safety Charter, European Cyclists' Federation asbl Rue Franklin 28 B-1000 Brussels. - P. 6. - Rezhim dostupa: [ECF_Road_safety_charter.pdf](https://ecf-road-safety-charter.pdf)

Stanislav Sergeevich Evtuykov

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
Address: Russia, 190005, St. Petersburg, 2 Krasnoarmeiskaya str., 4
Doctor of technical sciences
E-mail: ese-89@yandex.ru

Ilya Sergeevich Brylev

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

Maria Mikhailovna Blinder

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
Address: Russia, 190005, St. Petersburg, 2 Krasnoarmeiskaya str., 4
Graduate student
E-mail: ilya2104@mail.ru

Научная статья
УДК 629.113/629.039.58
doi:10.33979/2073-7432-2022-2(78)-3-85-94

В.С. ВОЛКОВ, Е.Г. ЛЕБЕДЕВ, Е.А. НАБАТНИКОВА

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНОЙ РАБОТЫ АВТОМОБИЛЯ НА ОСНОВЕ КОНТРОЛЯ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ВОДИТЕЛЯ

Аннотация. Предложен метод оценки психоэмоционального состояния водителя автомобиля на основе контроля его действий по следующим шести показателям: продольного, бокового и вертикального ускорений, превышения скоростного режима, курении водителя и его разговорах, отвлекающих от слежения за безопасностью движения. В качестве оценочного параметра предложен коэффициент психоэмоциональной надёжности водителя, выдающий информацию о выходе контролируемых показателей за константы установленных величин, когда действия водителя вызвать угрозу безопасности движения. Предложена конструктивная схема прибора, осуществляющего сбор и обработку информации по указанным показателям действий водителя с выдачей ему или контролирующему субъекту предупреждающего сигнала о возникновении опасности при продолжении работы водителя в прежнем режиме.

Ключевые слова: психоэмоциональное состояние водителя, аварийное состояние, разгон, торможение, ускорение

Введение

Транспортная работа автомобилей в условиях городской среды представляет собой сложный процесс, связанный с большим количеством опасностей, обуславливаемых риском смещения груза при резких разгонах и торможениях, вероятностью бокового опрокидывания при прохождении с высокой скоростью дорожных кривых малого радиуса, значительными импульсами вертикальных нагрузок, возникающих при проезде с высокой скоростью дорожных неровностей. Кроме этого значительный риск появления конфликтных и аварийных ситуаций возникает при превышении водителем установленного скоростного режима. В качестве негативных факторов работы водителя любого транспортного средства можно рассматривать курение и не относящиеся к функциональным обязанностям разговоры с пассажирами во время движения, поскольку это замедляет реакцию водителя на принятие им оперативных действий по обеспечению безопасности движения.

Тема влияния личностных качеств водителя на обеспечение им безопасности движения затронута во многих научных публикациях, в значительной части которых рассматривается поведение водителя при управлении транспортными средствами на дорогах в городских условиях или на автомагистралях. В частности, в работе [1] приведены сведения о разработке оценочных показателей, характеризующих опасность агрессивного, обусловленного эмоциональным состоянием водителя стиля вождения с оценкой рисков опасности для других участников движения. В работе [2] в дополнение к информации, изложенной в работе [1] рассматриваются вопросы о возникновении причин агрессивных действий водителей транспорта и возможных мероприятий по локализации их неадекватных поступков. В работе [3] проведен анализ психологического состояния водителя с учётом его поведенческого настроя и возможные варианты его реакции на возникновение возмущающих внешних факторов. В работе [4] рассматриваются причины и склонность водителя к совершению им опасных действий, а также стойкость водителя к возникающей внутренней агрессивности. Работа [5] посвящена изучению агрессии на дороге как функции возникающего стресса, вызываемого появлением конфликтной ситуации, приводятся рекомендации по способам преодоления стрессового состояния водителя и вхождения его психологического состояния в стиль безопасного вождения. В работах [6, 7] приведены сведения о прогностическом контроле модели роботизированного управления автомобилем и возможных при этом рисках возникновения аварийных ситуаций в сравнении с вариантом управления автомобилем посредством водителя. В работе [8] рассмотрены общие вопросы транспортной психологии применительно к дорожным условиям и способам решения водителями и организаторами движения возникающих ситуационных задач.

Материал и методы

Значительная часть аварийных ситуаций, возникающих при эксплуатации транспортных средств, осуществляющих перевозку грузов или пассажиров, обусловлена действием человеческого фактора, исполнителем которого рассматривается водитель, исполняющий обязанности ответственного лица по обеспечению безопасности транспортной работы по доставке и сохранности груза. Как показывают проведенные ранее исследования [2, 4, 8] психологическое состояние водителя транспортной машины не может обеспечивать безошибочность его действий по согласованию с постоянно меняющейся дорожной обстановкой. Кроме того, усталость водителя и его внутреннее эмоциональное состояние могут рассматриваться как провоцирующие факторы ухудшения его работы, способствующие увеличению риска возникновения аварийных ситуаций.

Целью настоящей работы является попытка создания системы оценки действий водителя транспортного средства на основе его психоэмоционального состояния по составу его реакций на возникающие внешние раздражители, когда поведение водителя может вызвать угрозу безопасности движения.

Теория / расчёт

В качестве основных факторов, определяющих уровень психоэмоционального состояния водителя транспортного средства, использовались следующие показатели.

1. Продольное ускорение транспортного средства j_x , показывающего интенсивность разгона и торможения. Ускорение j_x определяется по модулю и не зависит от направления вектора, поскольку в качестве риска возникновения ДТП рассматриваются как резкие разгоны, так и торможения. Учёт данного фактора осуществляется расчётной системой в виде суммы временных промежутков действия импульсов колебательного процесса ускорения j_x , величина которых превышает логически установленный минимальный порог учёта, например, более $j_{\text{хнач}} > 2,5 \text{ м/с}^2$, когда ускорения или замедления, превышающие данную величину считаются резкими и нарушающими комфорт перевозок. Расчётная система учитывает по данному каналу (1) поступление суммы временных промежутков действия импульсов таких ускорений с последующим их суммированием в течение подконтрольно устанавливаемого временного интервала $t_{\text{инт}}$, например, 300 секунд. По данному каналу в расчётную формулу поступает сумма временных промежутков действия импульсов, зарегистрированных в течение установленного временного интервала $t_{\text{инт}}$, импульсов колебаний продольного ускорения $\sum_0^{t_{\text{инт}}} t_{j_{xi}}$ при $j_{xi} > j_{\text{хнач}}$.

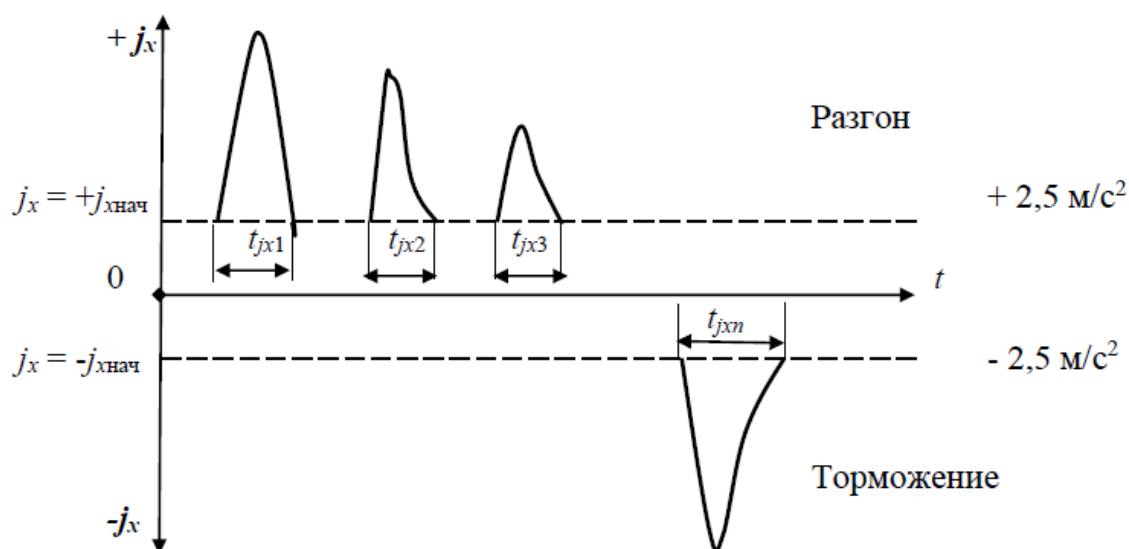


Рисунок 1 – Схема к определению суммы временных промежутков учёта импульсов продольного ускорения транспортного средства

В данном случае $\sum_0^{t_{\text{инт}}} t_{j_{xi}} = t_{j_{x1}} + t_{j_{x2}} + t_{j_{x3}} + \dots + t_{j_{xn}}$.

2. Боковое ускорение транспортного средства j_y , показывающее интенсивность изменения боковой силы, приложенной к центру масс транспортного средства, при прохождении

крутых поворотов с большой скоростью. Ускорение j_y определяется по модулю и не зависит от направления вектора боковой силы, поскольку в качестве риска возникновения ДТП одинаково рассматриваются резкие повороты, как вправо, так и влево. Учёт данного фактора осуществляется расчётной системой в виде суммы временных промежутков действия импульсов колебательного процесса бокового ускорения j_y , величина которых превышает логически установленный минимальный порог учёта, например, более $j_{yнач} > 0,5 \text{ м/с}^2$, когда боковые ускорения, превышающие данную величину считаются резкими и нарушающими комфорт перевозок. Расчётная система учитывает по данному каналу (2) поступление суммы временных промежутков $\sum t_{jyi}$ действия импульсов боковых ускорений j_y с последующим их суммированием в течение подконтрольно устанавливаемого временного интервала $t_{инт}$, например, 300 секунд. По данному каналу (2) в расчётную формулу поступает сумма временных промежутков, зарегистрированных в течение установленного временного интервала $t_{инт}$, импульсов колебаний продольного ускорения $\sum_0^{t_{инт}} t_{jyi}$ при $j_{yi} > j_{yнач}$.

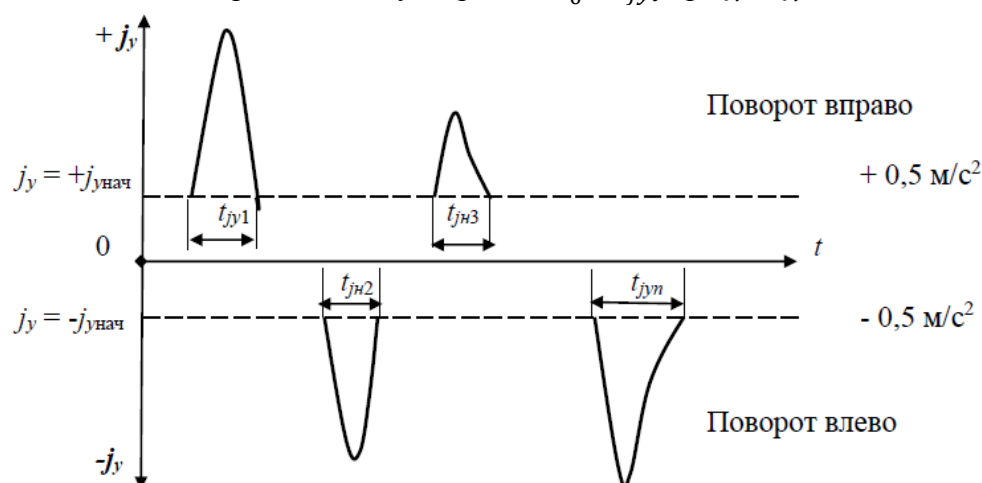


Рисунок 2 - Схема к определению суммы временных промежутков учёта импульсов бокового ускорения транспортного средства

В данном случае $\sum_0^{t_{инт}} t_{jyi} = t_{jy1} + t_{jy2} + t_{jy3} + \dots + t_{jyn}$.

3. Вертикальное ускорение поддрессоренной массы транспортного средства j_z , показывающее пульсации вертикальной силы при прохождении дорожных неровностей с большой скоростью. Ускорение j_z определяется по модулю и не зависит от направления вектора вертикальной силы, поскольку в качестве риска возникновения ДТП одинаково рассматриваются проезды с большой скоростью дорожные неровности как в виде выступов, так и углублений.

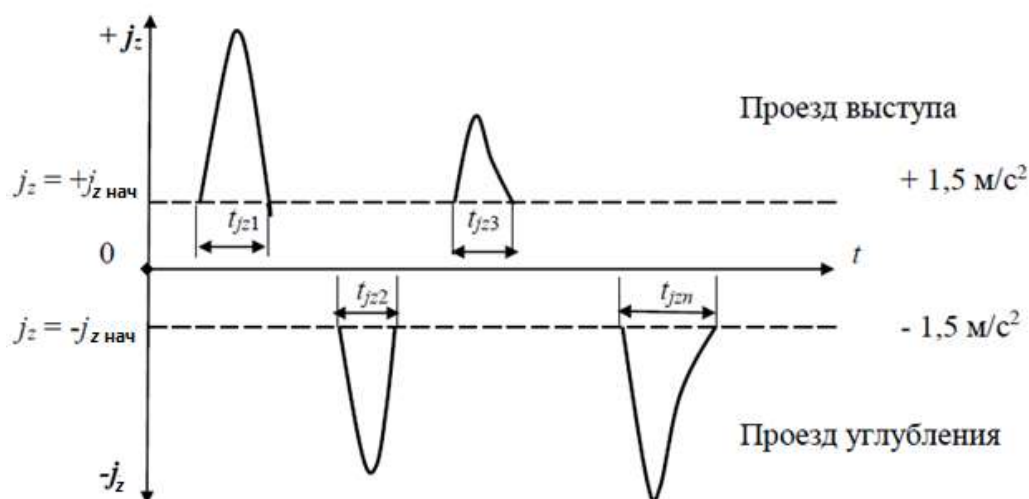


Рисунок 3 - Схема к определению суммы временных промежутков учёта импульсов вертикального ускорения транспортного средства

Учёт данного фактора осуществляется расчётной системой в виде суммы временных промежутков действия импульсов колебательного процесса вертикального ускорения j_z , величина которых превышает логически установленный минимальный порог учёта, например, более $j_{z\text{нач}} > 1,5 \text{ м/с}^2$, когда вертикальные ускорения, превышающие данную величину считаются резкими и нарушающими комфорт перевозок. Расчётная система учитывает по данному каналу (3) поступление импульсов вертикальных ускорений с последующим суммированием промежутков времени превышения установленной величины $j_{z\text{нач}}$ в течение подконтрольно устанавливаемого временного интервала $t_{\text{инт}}$, например, 300 секунд. По данному каналу (3) в расчётную формулу поступает сумма временных промежутков, зарегистрированных в течение установленного временного интервала $t_{\text{инт}}$, импульсов колебаний продольного ускорения $\sum_0^{t_{\text{инт}}} t_{jzi}$ при $j_{zi} > j_{z\text{нач}}$.

В данном случае $\sum_0^{t_{\text{инт}}} t_{jzi} = t_{jz1} + t_{jz2} + t_{jz3} + \dots + t_{jzn}$.

4. Превышение скорости относительно установленного ограничения, оцениваемое коэффициентом превышения скорости k_v , определяемого по отношению фактической скорости транспортного средства V_ϕ к величине установленного для данного участка дороги ограничения $V_{\text{огр}}$,

$$k_v = \frac{V_\phi}{V_{\text{огр}}}.$$

Фактическая скорость транспортного средства V_ϕ и величина установленного ограничения скорости $V_{\text{огр}}$ для данного участка дороги определяется по показаниям навигатора, связанного с системами ГЛОНАСС или GPS. По данным показаниям навигатора определяется текущая величина коэффициента k_v . По данному каналу (4) в расчётную систему поступает сумма временных промежутков в секундах $\sum t_{kv}$, когда $k_v > 1,0$ в течение установленного временного интервала $t_{\text{инт}}$, например, 300 секунд.

5. Курение водителя во время движения транспортного средства рассматривается как нежелательный дискомфортный фактор, снижающий безопасность движения. Учёт данного фактора по данному каналу (5) расчётной системой принимается в виде постоянного логически задаваемого коэффициента $c_{\text{кур}}$, снижающего показатель психоэмоциональной надёжности водителя и повышающего уровень риска возникновения ДТП. Учёт данного фактора осуществляется по показаниям датчика, регистрирующего наличие дыма в выдыхаемом водителем воздухе. Ориентировочная величина коэффициента $c_{\text{кур}}$ с учётом проводимых ранее исследований в данном случае может быть принята $c_{\text{кур}} = 0,05$.

6. Разговор водителя во время движения транспортного средства. Фактор регистрируется посредством датчика звуковой частоты. Учёт данного фактора по данному каналу (6) осуществляется в виде постоянного логически задаваемого коэффициента $c_{\text{раз}}$, повышающего уровень риска возникновения ДТП. Данный коэффициент поступает в расчётную систему при длительности разговора водителя t_r более 60 секунд в течение подконтрольно устанавливаемого расчётной системой промежутка времени $t_{\text{инт}}$, например, 300 секунд. Ориентировочная величина коэффициента $c_{\text{раз}}$ с учётом ранее проводимых исследований в данном случае может быть принята $c_{\text{раз}} = 0,05$. Расчётная система прибора предусматривает поступление исходных данных по следующим шести каналам, регистрации показателей, представленных в таблице 1.

Таблица 1 - Перечень регистрируемых показателей

Канал	Обозначение	Наименование показателей
1	j_x	Продольное ускорение (или замедление)
2	j_y	Боковое ускорение
3	j_z	Вертикальное ускорение
4	k_v	Превышение скоростного режима относительно установленного ограничения
5	$c_{\text{кур}}$	Курение водителя
6	$c_{\text{раз}}$	Разговоры водителя

Каждый канал регистрирует поступление данных в течение заданного временного интервала, например, $t_{\text{инт}} = 300$ секунд.

Цикличность расчёта производится по истечении заданного временного интервала $t_{\text{инт}}$, например, производится один расчётный цикл по истечении каждых 300 секунд.

Расчётная формула определения коэффициента психоэмоциональной надёжности водителя имеет следующий вид

$$C_{\text{пэн}} = 1 - \left(\frac{\sum_0^{t_{\text{инт}}} t_{jx}}{t_{\text{инт}}} + \frac{\sum_0^{t_{\text{инт}}} t_{jy}}{t_{\text{инт}}} + \frac{\sum_0^{t_{\text{инт}}} t_{jz}}{t_{\text{инт}}} + \frac{\sum_0^{t_{\text{инт}}} t_{kv>1}}{t_{\text{инт}}} + c_{\text{кур}} + c_{\text{раз}} \right),$$

где $\sum_0^{t_{\text{инт}}} t_{jx}$ – время в секундах регистрации поступления импульсов продольного ускорения по каналу 1 при $j_x > j_{\text{знач}}$ в течение временного интервала $t_{\text{инт}}$;

$\sum_0^{t_{\text{инт}}} t_{jy}$ – время в секундах регистрации поступления импульсов бокового ускорения по каналу 2 при $j_y > j_{\text{знач}}$ в течение временного интервала $t_{\text{инт}}$;

$\sum_0^{t_{\text{инт}}} t_{jz}$ – время в секундах регистрации поступления импульсов вертикального ускорения по каналу 3 при $j_z > j_{\text{знач}}$ в течение временного интервала $t_{\text{инт}}$;

$\sum_0^{t_{\text{инт}}} t_{kv>1}$ – время в секундах регистрации поступления величины k_v по каналу 4 при $k_v > 1,0$ в расчётную систему;

$t_{\text{инт}}$ – длительность заданного временного расчётного интервала; для данного случая предложено $t_{\text{инт}} = 300$ секунд;

$c_{\text{кур}}$ – постоянный коэффициент учёта курения водителем, для данного случая предложено $c_{\text{кур}} = 0,05$;

$c_{\text{раз}}$ – постоянный коэффициент учёта разговора водителем, для рассматриваемого случая предложено при суммарной длительности разговора водителем более 60 секунд в течение временного интервала 300 секунд $c_{\text{раз}} = 0,05$.

Данная формула предусматривает, что, если водитель транспортного средства не допускает резкие разгоны и торможения по величине продольного ускорения более $2,5 \text{ м/с}^2$, не допускает резкие боковые повороты транспортного средства с боковыми ускорениями более $0,5 \text{ м/с}^2$, проезжает дорожные неровности с вертикальными ускорениями до $1,5 \text{ м/с}^2$, не превышает установленные дорожные ограничения скорости, не курит и не ведёт разговоры при движении длительностью более 60 секунд на интервале 300 секунд, его коэффициент психоэмоциональной надёжности $C_{\text{пэн}}$ будет равен единице или 100 %.

Цикличность расчёта коэффициента $C_{\text{пэн}}$ производится при движении транспортного средства по истечении каждого временного интервала через 300 секунд. По окончании поездки или рабочей смены можно получить зависимость изменения коэффициента психоэмоциональной надёжности водителя в течение рабочего времени, по которой можно осуществлять соответствующий анализ соответствия действий водителя относительно возникновения риска ДТП в его работе. Алгоритм работы прибора может быть представлен в виде следующей функциональной схемы, представленной на рисунке 4.

В качестве датчиков ускорений в данном случае были использованы авиационные датчики перегрузок типа МП-95 с потенциометрическим аналоговым выходом. Применяемые три таких датчика располагаются соответственно по координатным осям: продольной j_x , поперечной j_y и вертикальной j_z . С учётом того, что датчик МП-95 в вертикальном положении показывает величину ускорения земного притяжения, за нулевую точку отсчёта принимается величина $j_{z0} = 1g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

Показатели скоростного режима текущей скорости V и действующего на данном участке дороги, проходимым транспортным средством $V_{\text{огр}}$, определяются по системе ГЛОНАСС или GPS посредством навигатора или тахографа. По текущим значениям V и $V_{\text{огр}}$ определяется коэффициент превышения скорости k_v .

Датчик курения работает в режиме двоичного кода, когда при отсутствии курения он не срабатывает, а при наличии курения, выдаёт в расчётный блок сигнал на уменьшение коэффициента $C_{\text{пэн}}$ психоэмоциональной надёжности водителя на величину 0,05.

При наличии разговора водителем за время до 60 секунд в течение расчётного временного интервала 300 секунд, сигнал на снижение коэффициента $C_{\text{пэн}}$ в расчётный блок не поступают. При разговоре водителя более 60 секунд в течение расчётного временного интер-

вала 300 секунд в расчётный блок поступает сигнал на уменьшение коэффициента психоэмоциональной надёжности водителя на величину 0,05.

В качестве первичных расчётных данных интерфейс программы запрашивает следующие величины:

- длительность расчётного интервала $t_{\text{инт}}$ (по умолчанию $t_{\text{инт}} = 300$ с;
- величину начала отсчёта продольного ускорения $j_{\text{хнач}}$ (по умолчанию $j_{\text{хнач}} = 2,5$ м/с²);
- величину начала отсчёта бокового ускорения $j_{\text{унач}}$ (по умолчанию $j_{\text{унач}} = 0,5$ м/с²);
- величину начала отсчёта вертикального ускорения $j_{\text{знач}}$ (по умолчанию $j_{\text{знач}} = 1,5$ м/с²);
- величину $C_{\text{кур}}$ снижения коэффициента $C_{\text{пэн}}$ при наличии курения водителем (по умолчанию $C_{\text{кур}} = 0,05$);
- величину допустимой длительности разговора $C_{\text{раз}}$ (по умолчанию $C_{\text{раз}} = 0,05$);
- нормативную величину коэффициента психоэмоциональной надёжности водителя $C_{\text{нор}}$ (по умолчанию $C_{\text{нор}} 0,5$).

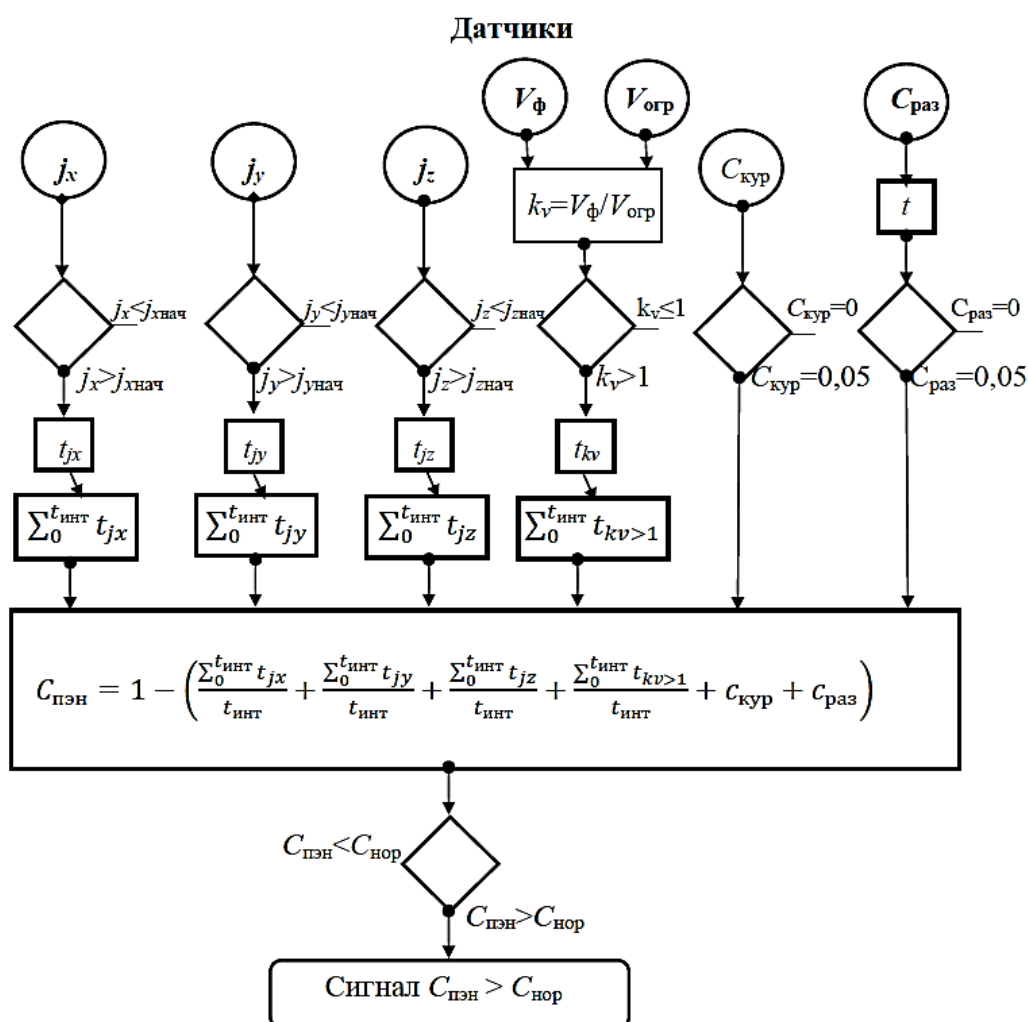


Рисунок 4 – Схема алгоритма прибора для определения психоэмоциональной надёжности водителя транспортного средства

В итоговом расчёте по истечении времени установленного интервала $t_{\text{инт}}$ в качестве выходного сигнала выдаётся текущая величина коэффициента психоэмоциональной надёжности водителя $C_{\text{пэн}}$, косвенно характеризующая склонность водителя к совершению опасных маневров и определяющего наличие угрозы безопасности дорожного движения. При убывании величины коэффициента психоэмоциональной надёжности водителя ниже нормативно установленного уровня, когда $C_{\text{пэн}} < C_{\text{нор}}$, система выдаёт сигнал об опасности продолжения работы водителя в таком режиме, когда возрастает риск ДТП.

Теоретически коэффициент психоэмоциональной надёжности водителя $C_{\text{пэн}}$ может изменяться в диапазоне от 1 (водитель абсолютно психоэмоционально надёжен) до -3,2 (во-

дитель абсолютно ненадёжен). Однако, нормативно устанавливаемая величина такого коэффициента подлежит уточнению и для рассматриваемого случая была принята его ориентировочная величина равная $C_{\text{нор}} = 0,5$, ниже которой водитель может считаться психоэмоционально ненадёжным и ему не рекомендуется продолжать работу в прежнем режиме.

Экспериментальная проверка работы прибора и мониторинг изменения психоэмоционального состояния водителей осуществлялась на базе АТП-3 г. Воронежа. Эксперимент проводился в двух случаях: когда водитель не знает о нахождении подключённого прибора в автомобиле и когда водитель знает, что его действия контролируются. Были собраны данные о работе восьми водителей в течение времени осуществления ими циклов перевозок длительностью от 1,5 до 3,5 часов. Сведения о водителях приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Сведения о водителях транспортных средств

Водитель	Возраст	Стаж работы
1	46	28
2	32	13
3	36	18
4	63	35
5	67	35
6	58	40
7	27	9
8	24	6

Полученные данные об изменении индивидуальных значений коэффициентов психоэмоциональной надёжности водителей представлены на рисунке 5 в вариантах А, когда водитель не знает о контроле его действий и Б, когда водитель знает о контроле его действий. При этом заметно, что водитель 1 со стажем работы 28 лет осуществляет свои действия в наиболее спокойном режиме, что можно рассматривать как наиболее безопасный режим движения. Работа водителя 4, имеющего стаж 35 лет также характеризуется незначительными колебаниями коэффициента психоэмоциональной надёжности, однако, средняя величина этого коэффициента у него ниже, что свидетельствует о присутствии в его работе некоторых действий по выходу за установленные пределы контролируемых параметров, представленных в таблице 1. Практически у всех водителей наблюдается снижение коэффициента психоэмоциональной надёжности после двух часов непрерывной работы, что можно объяснить появлением их утомлённости и необходимости отдыха. Работа водителей 7 и 8 характеризуется низкими значениями коэффициента психоэмоциональной надёжности, и их транспортная работа может рассматриваться как процесс с большой долей риска ДТП.

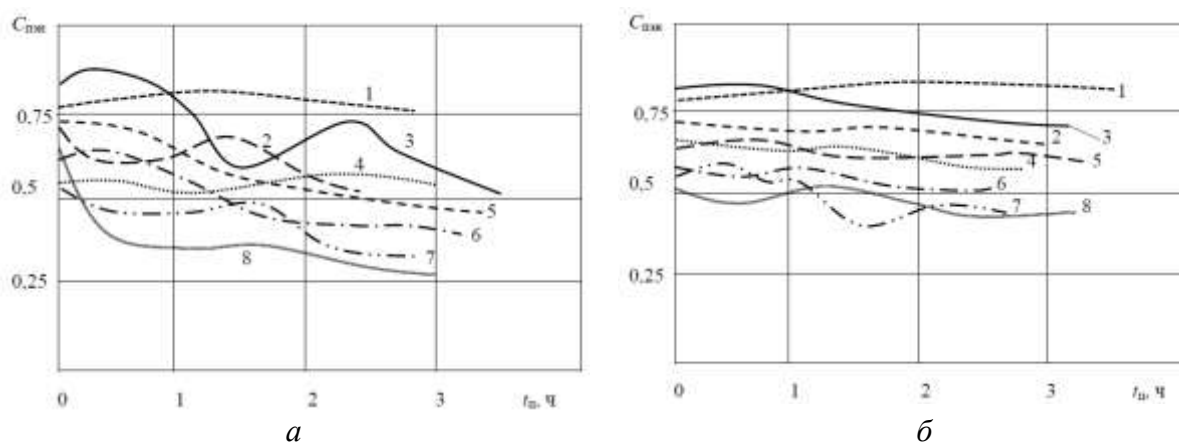


Рисунок 5 – Зависимость коэффициента $C_{\text{пн}}$ психоэмоциональной надёжности водителей от времени $t_{\text{ц}}$ цикла перевозки груза: А - водитель не знает о регистрации его действий; Б – водитель знает о контроле его действий; 1...8 – номера водителей

После того, как водителю сообщается, что при выполнении следующего рейса будут регистрироваться и оцениваться, зависимости, показанные на рисунке 5 (Б), приобретают изменённый характер. Как видно из рисунка 5 (Б), после получения информации о регистра-

ции оценке принимаемых действий, водитель 1 практически не меняет стиль своей транспортной работы. Работа водителей 2, 3, 4 и 5 приобретает более спокойный характер и может оцениваться как достаточно безопасная. То же самое можно отнести к работе водителя 6, однако его действия определяют меньшую величину коэффициента психоэмоциональной надёжности. Водители 7 и 8, несмотря на то, что они знают о регистрации и контроле своих действий, допускают значительные колебания и низкие значения коэффициента психоэмоциональной надёжности. После 2,5 часов непрерывной работы у большинства водителей наблюдается снижение коэффициента психоэмоциональной надёжности, свидетельствующее о их потребности в отдыхе.

Во всех случаях осознание водителем информации о контроле и последующей оценке его действий способствует перемещению характеристик его вождения в область более высоких показателей безопасности транспортной работы. При этом отсутствие резких разгонов и торможений, значительных боковых сил, действующих на транспортное средство при прохождении дорожных кривых малого радиуса, значительных вертикальных динамических нагрузок при переезде дорожных неровностей, а также превышения установленного скоростного режима способствует, кроме повышения безопасности движения, снижению износа нагружаемых деталей и продлению срока службы транспортного средства.

Результаты и обсуждение

Результаты работы по оценке влияния психоэмоционального состояния водителя на безопасность работы лесотранспортных машин обсуждались на научно-практических конференциях, проводимых в Воронежском государственном лесотехническом университете имени Г.Ф. Морозова в 2019-2021 годах и в Орловском государственном университете в 2020 и 2021 годах. При этом было отмечено, что осознание водителем присутствия прибора, контролирующего его действия, способствует снижению его агрессивных действий, отмечаемых авторами [1, 2]. Кроме этого авторам данной работы было указано, что на дорогах, содержащих значительные уклоны и подъёмы, на которые будет реагировать датчик продольного ускорения. При этом для повышения точности показаний прибора, возникает необходимость коррекции положения нулевой линии показания датчика j_x , либо введение логической поправки по уровню электрического сигнала датчика. Авторами работы было выражено согласие с данным замечанием, однако при этом было пояснено, что уклоны и подъёмы на дорогах обычно не превышают 10^0 , что не оказывает существенного влияния на изменения продольного ускорения до установленной величины начала регистрации $j_{\text{нор}} = 2,5 \text{ м/с}^2$. При обсуждении результатов работы отмечалось, что по результатам, показанным на рисунке 5, может быть осуществлён анализ качества работы водителей и их профессиональный подбор для выполнения перевозочных операций. В виде сопутствующего вопроса затрагивалась возможность замещения водителя отмеченным в работе [6] мобильным роботом, однако, по современному уровню развития таких систем было указано, что их использование затруднительно на дорогах с труднопроходимыми участками. Было высказано мнение о целесообразности совмещения конструкции прибора контроля психоэмоционального состояния водителя с конструкциями выпускаемых тахографов.

Выводы

1. Психофизиологическое состояние водителя оказывает существенное влияние на производительность транспортных средств и безопасность их рабочих процессов.
2. Предлагаемый в работе коэффициент психоэмоциональной надёжности водителя может служить показателем качества его работы по управлению транспортным средством и, по величине такого коэффициента может осуществляться подбор водителей для совершения конкретных видов транспортных работ.
3. По изменению величины коэффициента психоэмоциональной надёжности ниже 0,5 в пути следования водитель может ориентироваться на наступление состояния его усталости и необходимости отдыха.
4. Конструкция предлагаемого прибора для контроля психоэмоционального состояния водителя может рассматриваться как первичный вариант данного этапа исследований и в дальнейшем может служить элементом дополнения конструкции тахографа или мобильного робота, рассматриваемого в работах [6, 7].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Dula C.S., Ballard M.E. Development and evaluation of a measure of dangerous, aggressive, negative emotional, and risky driving // Journal of applied social psychology. - 2003. - Vol. 33. - №2. - P. 263-282.

2. Dula C.S, Geller E.S. Risky, aggressive, or emotional driving: addressing the need for consistent communication in research // Journal of safety research. - 2003. - Vol. 34. - №5. - P. 559-566.
3. Dittmann M. Anger on the road [Электронный ресурс] // Monitor on Psychology. - 2005. - Vol. 36. - №7. - P. 26. - Режим доступа: <http://www.apa.org/monitor/jun05/anger>.
4. Sansone R.A., Sansone L.A. Road rage: What's Driving It? [Электронный ресурс] // Psychiatry (Edgmont). - 2010. - Vol. 7. - №7. - P. 14-18. - Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2922361>.
5. Shamo-Nir L., Koslowsky M. Aggression on the Road as a Function of Stress, Coping Strategies and Driver Style // Psychology. - 2010. - Vol. 1. - №1. - P. 35-44.
6. Hafez O.A., Arana G.D., Spenko M. Integrity risk-based model predictive control for mobile robots // 2019 International conference on Robotics and Automation (ICRA), Montreal, Canada. - 2019. - P. 5793-5799.
7. Gill G.S., Pisu P., Krovi V. N., Schmid M. J. Behavior identification and prediction for a probabilistic risk framework // arXiv:1905.08332v1. - 2019. - 10 p.
8. Romanov, A.N. Motor transport psychology: studies. Stipend (in Russian) - Moscow: Publishing Center Academy, 2002. - 224 s.
9. Методическое пособие по курсу подготовки специалистов по безопасности движения – М.: ННПФ Трансколсантинг, 2000. - 360 с.
10. Волков В.С. Расчет вероятностных оценок опасности конфликтных точек на дорожных пересечениях // Мир транспорта и технологических машин. - №4(55). - 2016. - С. 105-110.
11. Евтюков, С.А. Дорожно-транспортные происшествия: расследование, реконструкция, экспертиза - СПб.: ДНК, 2008. - 392 с.
12. Живолядов, В.Г. Теория пропуска транспортных и пешеходных потоков // Известия ВУЗов. Сев-Кав. Регион. - 2003. - 412 с.
13. Затворнический, А.П. Алгоритм поиска оптимального пути в дорожной сети в условиях неопределённости // Транспортное дело России. - 2006. - Т. 7. - С. 32.
14. Ильина И.Е., Буркин В.И. Исследование возможности предотвращения дорожно-транспортного происшествия при использовании пограничных значений // Мир транспорта и технологических машин. - Орёл: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК». - №3(50). - 2015. - С.77-83.
15. Корчагин В.А., Клявин В.Э., Симаков А.В. Классификация наземных пешеходных переходов // Иркутск: Вестник ИГТУ. - 2012. - №1. - С. 103-108.
16. Озорнин С.П., Ким П.А. Обеспечение безопасности пешеходов в условиях интенсивного городского движения автотранспортных средств // Вестник СГТУ: Научно-технический журнал. – Саратов. – 2013. - №2(71). - Вып. 2. - С. 21-26.
17. Рябоконь, Ю.А. Государственное управление безопасностью дорожного движения: учебное пособие – Омск: СибАДИ, 2013. - 280 с.
18. An Auto-tuning Assisted Power-Aware Study of Iris Matching Algorithm on Intel's SCC // Gildo Torres, Chen Liu, Jed Kao-Tung Chang, Fang Hua, Stephanie Schuckers // Journal of signal processing systems. - 2015. - Vol. 80. - P. 261-276.
19. Foltýn V., Šatra P.: Study of assessment of the technical feasibility and performance of safe roads in 2+1 standard in first class road network of Hradec Králové Region. AF-City Plan. Praha. 2013.
20. Weber R., Löhe U. Verkehrssicherheit und Verkehrsablauf auf b2+1 Strecken. Bundesanstalt für Straßenwesen. Bergisch Gladbach. 2004.

Волков Владимир Сергеевич

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова
Адрес: Россия, 394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8
Д.т.н., профессор кафедры автомобилей и сервиса
E-mail: vl.volkov@yandex.ru

Лебедев Евгений Григорьевич

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова
Адрес: Россия, 394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8
Аспирант
E-mail: lebedev-rti@mail.ru

Набатникова Екатерина Александровна

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова
Адрес: Россия, 394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8
Аспирант
E-mail: nabatnikova48@yandex.ru

V.S. VOLKOV, E.G. LEBEDEV, E.A. NABATNIKOVA

**IMPROVING THE SAFETY OF THE TRANSPORT OPERATION
OF THE CAR BASED ON THE CONTROL
OF THE PSYCHOEMOTIONAL STATE OF THE DRIVER**

***Abstract.** A method for assessing the psychoemotional state of a car driver is proposed based on monitoring his actions according to the following six indicators: longitudinal, lateral and verti-*

cal accelerations, exceeding the speed limit, smoking the driver and his conversations distracting from tracking traffic safety. As an evaluation parameter, the coefficient of psychoemotional reliability of the driver is proposed, which provides information about the output of controlled indicators for the constants of the established values when the driver's actions cause a threat to traffic safety. A constructive scheme of the device is proposed that collects and processes information on the specified indicators of the driver's actions with the issuance of a warning signal to him or the controlling entity about the occurrence of danger when the driver continues to work in the previous mode.

Keywords: *psychoemotional state of the driver, emergency condition, acceleration, braking, acceleration*

BIBLIOGRAPHY

1. Dula C.S., Ballard M.E. Development and evaluation of a measure of dangerous, aggressive, negative emotional, and risky driving // Journal of applied social psychology. - 2003. - Vol. 33. - №2. - P. 263-282.
2. Dula C.S., Geller E.S. Risky, aggressive, or emotional driving: addressing the need for consistent communication in research // Journal of safety research. - 2003. - Vol. 34. - №5. - P. 559-566.
3. Dittmann M. Anger on the road [Elektronnyy resurs] // Monitor on Psychology. - 2005. - Vol. 36. - №7. - P. 26. - Rezhim dostupa: <http://www.apa.org/monitor/jun05/anger>.
4. Sansone R.A., Sansone L.A. Road rage: What's Driving It? [Elektronnyy resurs] // Psychiatry (Edmont). - 2010. - Vol. 7. - №7. - P. 14-18. - Rezhim dostupa: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2922361>.
5. Shamo-Nir L., Koslowsky M. Aggression on the Road as a Function of Stress, Coping Strategies and Driver Style // Psychology. - 2010. - Vol. 1. - №1. - P. 35-44.
6. Hafez O.A., Arana G.D., Spenko M. Integrity risk-based model predictive control for mobile robots // 2019 International conference on Robotics and Automation (ICRA), Montreal, Canada. - 2019. - P. 5793-5799.
7. Gill G.S., Pisu P., Krovi V. N., Schmid M. J. Behavior identification and prediction for a probabilistic risk framework // arXiv:1905.08332v1. - 2019. - 10 p.
8. Romanov, A.N. Motor transport psychology: studies. Stipend (in Russian) - Moscow: Publishing Center Academy, 2002. - 224 s.
9. Metodicheskoe posobie po kursu podgotovki spetsialistov po bezopasnosti dvizheniya - M.: NNPF Transkolsanting, 2000. - 360 s.
10. Volkov V.S. Raschet veroyatnostnykh otsenok opasnosti konfliktnykh tochek na dorozhnykh peresecheniyakh // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - №4(55). - 2016. - C. 105-110.
11. Evtyukov, S.A. Dorozhno-transportnye proissheshestviya: rassledovanie, rekonstruktsiya, ekspertiza - SPb.: DNK, 2008. - 392 s.
12. Zhivoglyadov, V.G. Teoriya propuska transportnykh i peshekhodnykh potokov // Izvestiya VUZov. Sev-Kav. Region. - 2003. - 412 s.
13. Zatvornitskiy, A.P. Algoritmy poiska optimal'nogo puti v dorozhnoy seti v usloviyakh neopredelennosti // Transportnoe delo Rossii. - 2006. - T. 7. - S. 32.
14. Il'ina I.E., Burkin V.I. Issledovanie vozmozhnosti predotvrashcheniya dorozhno-transportnogo proissheshestviya pri ispol'zovanii pogranichnykh znacheniy // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - Oriol: FGBOU VPO «Gosuniversitet - UNPK». - №3(50). - 2015. - S.77-83.
15. Korchagin V.A., Klyavin V.E., Simakov A.V. Klassifikatsiya nazemnykh peshekhodnykh perekhodov // Irkutsk: Vestnik IGTU. - 2012. - №1. - S. 103-108.
16. Ozornin S.P., Kim P.A. Obespechenie bezopasnosti peshekhodov v usloviyakh intensivnogo gorodskogo dvizheniya avtomototransportnykh sredstv // Vestnik SGTU: Nauchno-tekhnicheskii zhurnal. - Saratov. - 2013. - №2(71). - Vyp. 2. - S. 21-26.
17. Ryabokon', Yu.A. Gosudarstvennoe upravlenie bezopasnost'yu dorozhnogo dvizheniya: uchebnoe posobie - Omsk: SibADI, 2013. - 280 s.
18. An Auto-tuning Assisted Power-Aware Study of Iris Matching Algorithm on Intel's SCC // Gildo Torres, Chen Liu, Jed Kao-Tung Chang, Fang Hua, Stephanie Schuckers // Journal of signal processing systems. - 2015. - Vol. 80. - P. 261-276.
19. Folton V., Catra P.: Study of assessment of the technical feasibility and performance of safe roads in 2+1 standard in first class road network of Hradec Kralov Region. AF-City Plan. Praha. 2013.
20. Weber R., Lohe U. Verkehrssicherheit und Verkehrsablauf auf b2+1 Strecken. Bundesanstalt für Straßenwesen. Bergisch Gladbach. 2004.

Volkov Vladimir Sergeevich
Voronezh State Forestry Engineering University
Address: Russia, 394087, Voronezh, Timiryazev str., 8
Doctor of technical sciences
E-mail: vl.volkov@yandex.ru

Nabatnikova Ekaterina Alexandrovna
Voronezh State Forestry Engineering University
Address: Russia, 394087, Voronezh, Timiryazev str., 8
Graduate student
E-mail: nabatnikova48@yandex.ru

Lebedev Evgeniy Grigoryevich
Voronezh State Forestry Engineering University
Address: Russia, 394087, Voronezh, Timiryazev str., 8
Graduate student
E-mail: lebedev-rti@mail.ru

Научная статья

УДК 343.148.63

doi:10.33979/2073-7432-2022-2(78)-3-95-103

С.А. ЕВТЮКОВ, И.В. ВОРОЖЕЙКИН

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ РАСЧЕТА СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ТС ПО ФОТО- И ВИДЕОМАТЕРИАЛАМ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ДТП

Аннотация. Рассмотрено применение различных методов расчета скорости движения ТС по видеозаписям. Рассмотрены примеры применения одного из методов на практике, а также выполнено сопоставление полученных значений с фактическими значениями скорости движения ТС, а также с расчетными значениями скорости движения ТС, полученными другими методами

Ключевые слова: реконструкция ДТП, определение скорости движения ТС

Введение

Автомобильный транспорт является одним из основных элементов экономической системы Российской Федерации. В настоящее время трудно представить себе человеческую жизнь без автомобиля. Естественное стремление человека к свободе передвижения, усложнение функций в производственной деятельности и сфере услуг, жизнь в больших городах - все это обуславливает рост числа легковых автомобилей индивидуального пользования. В последние годы наблюдается стремительный рост числа транспортных средств индивидуального пользования, приходящегося на 1000 жителей – это обуславливается стремлением граждан страны к свободному перемещению, в связи с этим на территории нашей страны наблюдается высокий уровень аварийности [1, 2]. На рисунке 1 приведен график динамики уровня автомобилизации, исходя из которого наблюдаются тенденции роста на территории Санкт-Петербурга, Северо-Запада и Российской Федерации в целом.

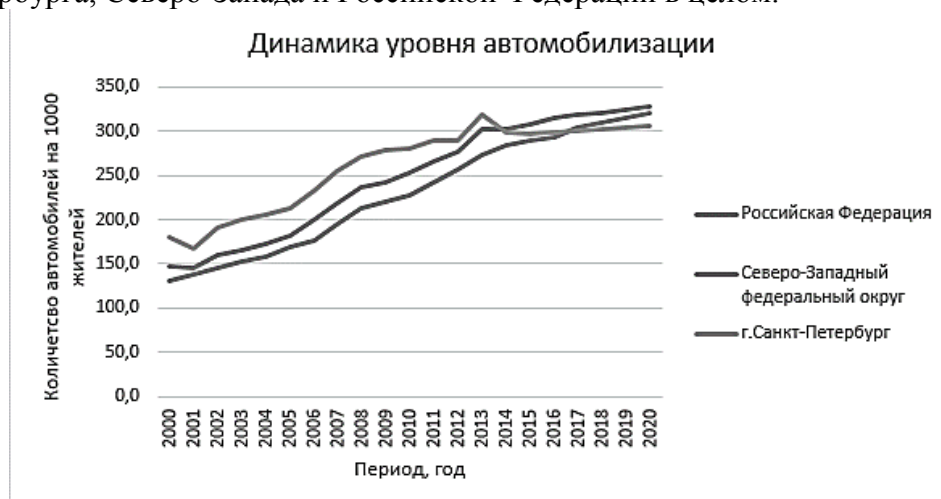


Рисунок 1 – Динамика уровня автомобилизации на территориях: РФ, Северо-Западного федерального округа и г. Санкт-Петербург

На сегодняшний день применяется все больше различных методов для снижения уровня аварийности на дорожной сети РФ, необходимо отметить, что одним из ожидаемых общесоциальных итогов Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года является снижение аварийности, число погибших за год в ДТП должно снизиться с 23,5 до 8 человек в расчете на 100 тысяч человек населения, что свидетельствует о том, что снижение аварийности является одной из приоритетных задач нашей страны.

На рисунке 2 приведена динамика основных показателей аварийности на территории РФ, исходя из которой усматривается позитивная тенденция снижения количества ДТП на территории Российской Федерации, но необходимо отметить, что уровень аварийности оста-

ётся достаточно высоким в связи с тем, что согласно статистике – каждое одиннадцатое ДТП приводит к смертельному исходу.



Рисунок 2 – Динамика основных показателей аварийности на территории РФ

Высокий уровень травматизма на дорогах мира и дорожно-транспортные происшествия (ДТП) обуславливают реализацию действенных мер относительно оптимизации системы обеспечения безопасности. К мерам, которые обеспечивают качество экспертных исследований, относят обеспечение высокого уровня объективности выводов автотехнических экспертов с высоким уровнем применения компьютерных технологий, а также исходных материалов, полученных при помощи современных технических средств фото- и видеосъемки [3, 4].

Количество произошедших ДТП, из-за основных видов нарушений ПДД водителями ТС

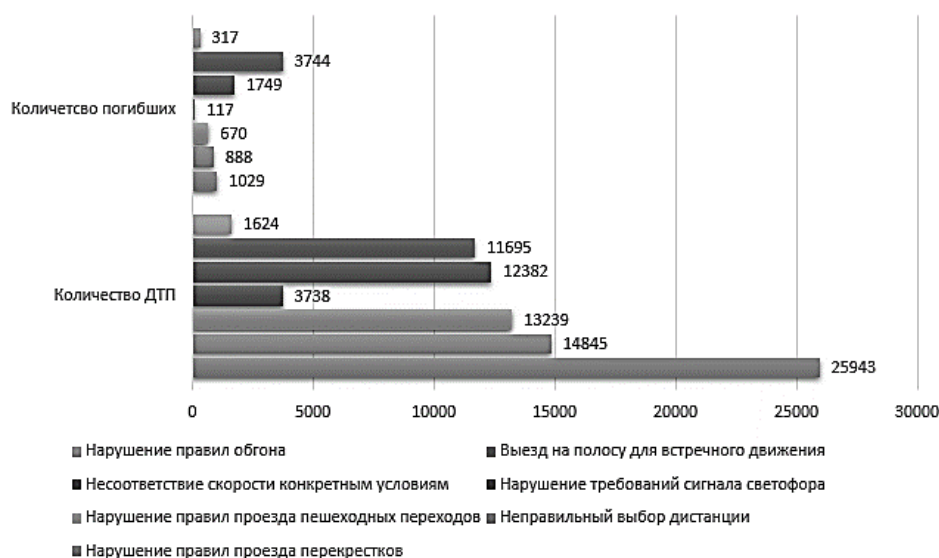


Рисунок 3 – количество произошедших ДТП, из-за основных видов нарушений ПДД водителями ТС [6]

Компьютерные технологии можно рассматривать в качестве факторов, ослабляющих влияние ошибок экспертов на его объективность и достоверность исследований, автоматизирующих процедуры реконструкции ДТП, обеспечивающих возможности сравнений и просмотров различных вариантов обоснования и анализа оптимального относительно параметров достоверности решений, снижающих требования относительно квалификации последних и т.д. Существующие процедуры реконструкции ДТП обладают рядом существенных недостатков, в

состав которых входят низкий уровень объективности исходных данных, например, для ДТП, которые связаны со столкновением транспортных средств (ТС) возможна недостоверная качественная оценка параметров, например, скорости движения ТС и т.п. Значительное влияние на повышение точности реконструкции ДТП оказывают фото- и видеоматериалы, полученные как в ходе происшествия, так и после – в процессе проведения экспертизы ДТП.

В ходе исследований проанализированы основные виды нарушений ПДД, вызвавшие ДТП, одним из основных таких нарушений является несоответствие скорости движения ТС конкретным условиям. При реконструкции ДТП экспертам требуется определить скорость с которой двигалось ТС, для этого им необходим исходный материал, которым все чаще выступают фото- и видеоматериалы, полученные с помощью быстро развивающихся и получивших широкое применение средств фото- и видеосъемки [5].

На сегодняшний день, в мировой практике существует несколько способов определения скорости движения ТС по видеозаписи в зависимости от местоположения ТС в кадре, качества видеозаписи, окружающих объектов и т.д. К сожалению, на сегодняшний день, на практике не очень широко применяются методы определения скорости движения ТС по фото- и видеоматериалам, что достаточно часто усложняет возможность определения скорости движения ТС во время ДТП, как следствие, может привести к неправильным выводам при установлении причин возникновения ДТП. Кроме этого, необходимо отметить, что согласно вышеприведенной статистике видно, что несоответствие скоростного режима является одной из главных причин возникновения ДТП на территории РФ, что еще раз подтверждает необходимость повышения уровня точности определения скорости движения ТС при реконструкции ДТП по фото- и видеоматериалам [7, 8].

Далее в статье будут рассмотрены различные методы определения скорости движения ТС по видеозаписям. В регистрирующих устройствах есть несколько параметров, определяющих возможность расчетов, к таким параметрам относятся: время, скорость записи изображения, параметры оптической системы и выбор соответствующей характерной точки.

Материалы и методы

На сегодняшний день, можно выделить несколько основных типов расположения исследуемого ТС относительно ТС в котором находится записывающее устройство. Первый случай – два автомобиля приближаются с противоположных сторон. Знание конструкции оптической системы и размеров характерной точки, которой в данном случае является регистрационный знак, позволяет проводить анализ видеозаписи. Используя пропорции размера характерного элемента в реальности и видимого размера (на записи) того же элемента, фокусного расстояния и размеров светочувствительной матрицы, расстояние между точками О и О' определяется согласно рисунку 5 [9, 10].

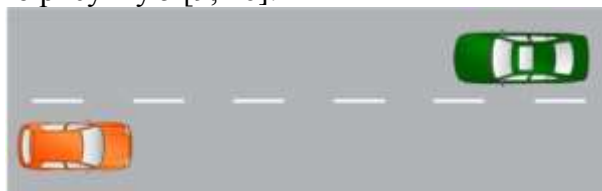


Рисунок 4 – ТС, движущиеся навстречу друг другу

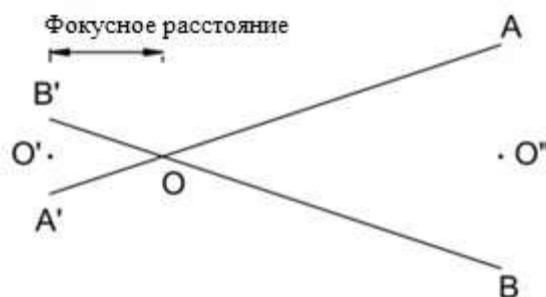


Рисунок 5 – Оптическая схема записывающего устройства

Скорость движения транспортного средства в данном случае рассчитывается по формуле:

$$v = \frac{(L_1 - L_2)}{t}, \quad (1)$$

где L_1 – расстояние до транспортного средства на первом снимке;

L_2 – расстояние до транспортного средства на втором снимке;

t – время между первым и вторым снимками.

Положение транспортного средства в следующих кадрах видеозаписи описывается с помощью геометрических величин пластины государственного регистрационного знака и определяется по формуле:

$$L = \frac{(W_{TAB} \times f \times W_{FR})}{(W_F \times W_M \times 1000)}, \quad (2)$$

где W_{TAB} – фактическая ширина пластины ГРЗ;

f – фокусное расстояние используемого видеорегистратора;

W_{FR} – ширина кадра;

W_F – ширина пластины ГРЗ при приближении;

W_M – ширина датчика изображения [11-13].

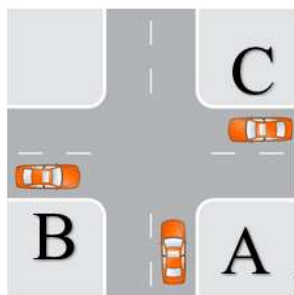


Рисунок 6 – ТС, движущиеся перпендикулярно относительно друг друга

Во втором случае транспортные средства движутся перпендикулярно относительно друг друга.

Во втором случае (Рис. 6) скорость и ускорение транспортного средства А определяются способом, описанным в первом случае. Для определения параметров движения транспортного средства В следует анализировать видеозапись с максимально возможной четкостью и качеством, так как в этом методе расчета оценка размеров транспортного средства и окружающей среды имеет существенное значение, скорость в данном случае рассчитывается по следующей формуле:

$$v = \frac{\frac{L_{ORtn} \times S_{Ptn} - L_{ORtn-1} \times S_{Ptn-1}}{L_{OPtn} - L_{OPtn-1}}}{t_n - t_{n-1}}, \quad (3)$$

где v – скорость автомобиля;

L_{OR} – реальная колесная база;

L_{OP} – фактическая колесная база;

S_p – кажущееся расстояние;

t_n – время записи анализируемого кадра пленки.

Помимо этого, существует еще один метод определения скорости движения ТС, находящихся под прямым углом относительно друг друга. С помощью данного метода возможно установить скорость с которой двигалось ТС относительно объекта с известной длиной. Под известной длиной понимается любой объект длину которого можно измерить фактически или узнать данные из нормативных справочников [14, 15].

В данном методе скорость движения ТС определяется по следующей формуле:

$$V_a = L_{об} \times \frac{f_k}{n}, \quad (4)$$

где $L_{об}$ – длина неподвижного объекта; f_k – частота кадров видеозаписи;

n – количество кадров, за которое автомобиль проезжает вдоль неподвижного объекта [14].

В третьем случае пути ТС изменчивы по отношению ко времени или пересекаются под углом, который трудно определить. В этом случае можно использовать соотношение, описывающее вращение трехмерной системы координат (рис. 8) [16-18].



Рисунок 7 – ТС, пересекающиеся под углом друг к другу

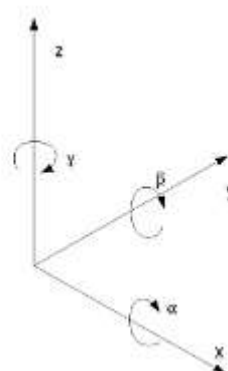


Рисунок 8 – Вращение системы координат относительно каждой из осей

Конечным результатом является матрица, описывающая вращение трехмерной системы относительно каждой из координат:

$$M = \begin{bmatrix} \cos B \times \cos y & \sin a \times \cos B & \cos B \\ -\sin a \times \sin B \times \cos y - \sin y \times \cos a & -\sin^2 a \times \sin B + \cos a \times \cos y & \sin a \times \cos B \\ -\cos a \times \sin B \times \cos y + \sin a \times \sin y & -\sin B \times \sin y \times \cos a - \sin a \times \cos y & \cos a \times \cos B \end{bmatrix}$$

Теория / расчёт

В работе будет рассмотрена возможность применения последнего метода определения скорости движения ТС (относительно неподвижного объекта). В рамках исследования был проведен эксперимент, суть которого заключалась в том, что ТС с записывающим устройством располагалось перпендикулярно относительно исследуемого ТС. В данном случае исследуемое ТС перемещалось относительно неподвижных объектов, которыми являются опоры с желтой вертикальной разметкой (рис. 9).



Рисунок 9 – Общий вид неподвижного объекта

Между опорами с желтой вертикальной разметкой известны три величины:

- от левой опоры до правого края первого парковочного машино-места – 2,5 м;
- между двумя краями парковочного машино-места (с а/м марки KIA SOUL) – 2,5 м;
- от правого края парковочного машино-места до правой опоры – 1,4 м.

Перед началом обработки полученной видеозаписи с помощью программного продукта «MediaInfo» были получены метаданные, исходя из которых установлено, что частота кадров полученной видеозаписи составляет 29,1 кад/сек. Нецелое число значения чистоты кадров обусловлено тем, что видеорегистраторы имеют непостоянную частоту, что вносит существенную ошибку в правильность расчета скорости движения ТС. Для уменьшения вероятности ошибки необходимо выполнить раскадровку видеозаписи, чтобы определить реальную частоту видеозаписи, когда исследуемый объект перемещается относительно не-

подвижного объекта.

MPEG-4 (Base Media / Version 2): 37,9 Мбайт, 2 м. 4 с.	Web
2 501 Кбит/сек, 1280*720 (16:9), в 29,100 кадров/сек, AVC (High@L3.1) (CABAC / 2 Ref Frames)	Web
51,5 Кбит/сек (64,0 Кбит/сек), 44,1 КГц, 2 канала, AAC LC	Web
	Web
	Web
Размер файла	: 37,9 Мбайт
Продолжительность	: 2 м. 4 с.
Общий поток	: 2 558 Кбит/сек
Дата кодирования	: UTC 2022-02-18 16:41:23
Дата пометки	: UTC 2022-02-18 16:41:36

Рисунок 10 – Метаданные исследуемой видеозаписи

Помимо этого, для правильного подсчета количества кадров за которое ТС преодолело известную длину необходимо устранить эффект дисторсии, который возникает в результате применения камер с широкоугольным объективом. Для устранения данного эффекта в программном продукте Amped Five с помощью элемента «линия» были заданы три прямые, для каждой прямой было задано минимум по три точки, которые в реальной жизни должны находиться на одной прямой. Пример полученного изображения после устранения эффекта дисторсии показан на рисунке 11.



Рисунок 11 – Изображение после устранения эффекта дисторсии

Для расчета скорости движения ТС в данном случае было установлено, что ТС преодолело известный участок (между двумя столбами, обозначенными вертикальной разметкой) за 33 кадра, следовательно, расчет по формуле будет иметь следующий вид:

$$V_a = 6,4 \times \frac{29}{33} \cong 5,62 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cong 20,2 \text{ км/ч}$$

Помимо этого, данный метод был также применен для определения скорости движения мотоцикла на открытой местности. В данном случае необходимо определить скорость движения мотоцикла, приближающегося с левой стороны относительно ТС, где установлено записывающее устройство. Из схемы места ДТП (рис. 12) установлено, что расстояние от левого края примыкания до места разлива жидкости составляет 3,8 метра, также из данной схемы видно, что расстояние между местом разлива жидкости мотоцикла и местом первичного контакта участников ДТП очень мало, поэтому при расчете скорости движения мотоцикла расстояние от левого края примыкания до места столкновения было принято равным 3,5 м [19, 20].

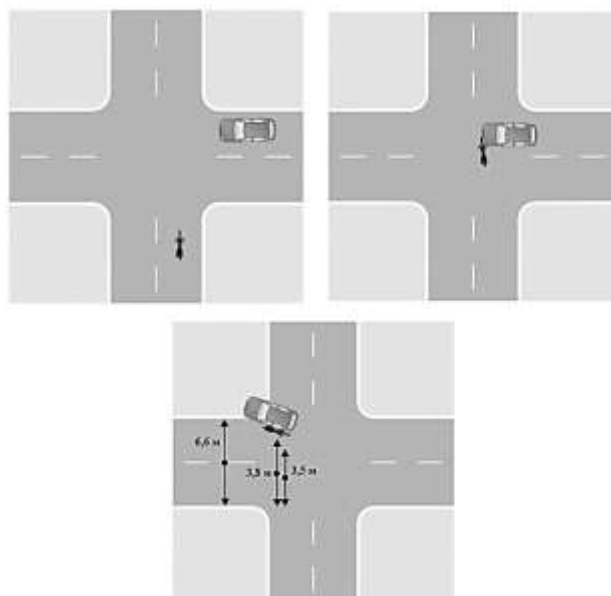


Рисунок 12 – Схема ДТП по заявленным обстоятельствам

В рассматриваемом случае длина неподвижного объекта будет составлять примерно 3,5 м (расстояние от левого края примыкания до места столкновения мотоцикла с автомобилем), частота кадров видеозаписи была установлена исходя из метаданных видеозаписи и составила 30 к/с, количество кадров, за которое мотоцикл проезжает вдоль известного расстояния (в данном случае от левого края примыкания до места столкновения) было рассчитано с помощью раскадровки видеозаписи в программном продукте Amped Five и составила три кадра. Произведем расчет скорости по вышеприведенной формуле:

$$V_a = 3,5 \times \frac{30}{3} = 3,5 \times 10 \cong 35 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cong 126 \text{ км/ч}$$

Результаты и обсуждение

В результате приведенных расчетов было установлено, что скорость движения ТС (в первом исследовании) составила примерно 20,2 км/ч, а скорость движения мотоцикла примерно 126 км/ч. При проведении первого эксперимента в ТС использовался GPS-модуль согласно которому скорость движения ТС составляла 19 км/ч, что свидетельствует о достаточно высокой достоверности полученных результатов, так как погрешность измерений составляет порядка 6 %. Во втором случае полученные результаты скорости движения мотоцикла были сопоставлены с расчетным значением, полученным путем применения метода «по работе сил на перемещение», что также подтверждает достоверность результатов, полученных в результате расчета скорости движения ТС по фото- и видеоматериалам. На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что полученные расчетные значения имеют высокий уровень достоверности и в сравнении с реальными значениями с которыми двигались ТС.

Выводы

Описанные методы показывают, как использовать видео, записанное видеорегистратором (а также любыми другими средствами фото- и видеосъемки) с помощью данных видеозаписей можно анализировать и определять различные параметры, облегчающие реконструкцию дорожно-транспортных происшествий. Приведенные методы позволяют ответить на самый часто задаваемый вопрос экспертам «возможно ли было избежать события, если бы водитель ТС двигался с меньшей скоростью». Таким образом, можно сделать вывод, что использование видеозаписей, полученных с места ДТП, а также современных программных продуктов могут значительно повысить достоверность и корректность выводов при реконструкции ДТП, что еще раз подтверждает актуальность проводимых исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Евтюков, С.А. Реконструкция и экспертиза ДТП в примерах - СПб.: Издательский дом Петрополис, 2012. - 323 с.
2. Евтюков, С.А. Экспертиза ДТП: методы и технологии - СПб., СПбГАСУ, 2012. - 310 с.
3. Степина, П.А. Разработка методики совершенствования автотехнической экспертизы дорожно-транспортных происшествий: Дис. ... канд. техн. наук / СПб., 2010. - 168 с.
4. Кисляков С.В. Использование информации с камер видеонаблюдения на первоначальном этапе расследования дорожно-транспортного преступления // Академическая мысль. - 2018. - №2(3). - С. 72-74.
5. Пинчук Л.В. К вопросу о возможностях судебных экспертиз при расследовании дорожно-транспортных происшествий // Вестник Московского университета МВД России. - 2019. - №4. - С. 196-202.
6. Статистика ДТП в РФ // Дорожно-транспортная аварийность в Российской Федерации за 9 месяцев 2021 года [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.tourismsafety.ru/pic/files/2021/Статистика%20ДТП.pdf>
7. Скляров Н.В. Анализ проблем совершенствования автотехнических экспертиз дорожно-транспортных происшествий // Автомобильный транспорт. - 2011. - Вып. 29. - С. 250-253.
8. M. Abramowski Analysis of the possibility of using video recorder for the assessment speed of vehicle before the accident // Proceedings of the institute of vehicles. - 2015. - №4(104). - P. 87-98.
9. Волков В.С., Кастырин Д.Ю. Совершенствование экспертизы дорожно-транспортных происшествий с применением квадрокоптеров // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. - 2015. - № 4. - Ч. 1. - С. 271-276.
10. Бублик Г.П., Дороватовский Н.В. Возможность графического построения плана места происшествия по фотоснимку // Экспертная практика и новые методы исследования. - 1988. - М.: ВНИИСЭ. - Вып. 9. - С. 4-7.
11. Жарких С.С. Использование графического редактора coreldraw в транспортно-трасологической экспертизе // Теория и практика судебной экспертизы. - 2016. - №1(41).
12. Морозов А.А. Распознавание трехмерных объектов по стереоскопическим наблюдениям // Радиотехника. - 2012. - №9. - С. 72-75.
13. Петров С.М., Бояров А.Г. Определение по видеозаписям, фиксирующим событие дорожно-транспортного происшествия, положения и параметров движения его участников Москва // ФБУ РФЦСЭ при Минюсте России. - 2016. - 87 с.
14. Петров С.М. Исследование материалов видеозаписи с целью установления обстоятельств дорожно-транспортного происшествия // Теория и практика судебной экспертизы. - 2013. - №4. - С. 62-82.
15. Блюмин, С.Л. Модели и методы принятия решений в условиях неопределенности. - Липецк: ЛЭГИ, 2001.
16. Куракина Е.В. Об эффективности проведения исследований мест концентрации ДТП // Вестник гражданских инженеров СПбГАСУ. - 2018. - №2 (67). - С. 231-237.
17. Пучкин В.А. Основы экспертного анализа дорожно-транспортных происшествий: Базы данных. Экспертная техника. Методы решений // Ростов н/д: ИПО ЮФУ, 2010. - С. 181-192.
18. Евтюков С.А., Брылев И.С. Алгоритм корректировки нормативных значений времени нарастания замедления, установившегося замедления двухколесных механических транспортных средств // Мир транспорта и технологических машин. - №3(50). - 2015. - С. 3-12.
19. Евтюков С.А., Брылев И.С. Проблемы проведения автотехнических экспертиз с участием мотоциклистов/Фундаментальные и прикладные науки NorthCharleston, SC, USA. - 2013. - б/н - С. 125-129.
20. Брылев И.С. Экспериментальные исследования параметров замедления транспортных средств категории L3 // Вестник гражданских инженеров СПбГАСУ. - 2015. - №2(49). - С. 131-137.

Евтюков Сергей Аркадьевич

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

Ворожейкин Игорь Вячеславович

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

S.A. EVTYUKOV, I.V. VOROZHEIKIN

APPLICATION OF METHODS FOR CALCULATING THE SPEED OF A VEHICLE BASED ON PHOTO AND VIDEO MATERIALS DURING THE RECONSTRUCTION OF AN ACCIDENT

Abstract. The application of various methods for calculating the vehicle speed from video recordings is considered. Examples of the application of one of the methods in practice are considered, and the obtained values are compared with the actual values of the vehicle speed, as well as with the calculated values of the vehicle speed obtained by other methods

Keywords: reconstruction of an accident, determination of vehicle speed

BIBLIOGRAPHY

1. Evtyukov, S.A. Rekonstruktsiya i ekspertiza DTP v primerakh - SPb.: Izdatel'skiy dom Petropolis, 2012. - 323 s.
2. Evtyukov, S.A. Ekspertiza DTP: metody i tekhnologii - SPb., SPbGASU, 2012. - 310 s.
3. Stepina, P.A. Razrabotka metodiki sovershenstvovaniya avtotekhnicheskoy ekspertizy dorozhno-transportnykh proisshestviy: Dis. ... kand. tekhn. nauk / SPB., 2010. - 168 s.
4. Kislyakov S.V. Ispol'zovanie informatsii s kamer videonablyudeniya na pervonachal'nom etape rassledovaniya dorozhno-transportnogo prestupleniya // Akademicheskaya mysl'. - 2018. - №2(3). - S. 72-74.
5. Pinchuk L.V. K voprosu o vozmozhnostyakh sudebnykh ekspertiz pri rassledovanii dorozhno-transportnykh proisshestviy // Vestnik Moskovskogo universiteta MVD Rossii. - 2019. - №4. - S. 196-202.
6. Statistika DTP v RF // Dorozhno-transportnaya avariynost' v Rossiyskoy Federatsii za 9 mesyatsev 2021 goda [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <https://www.tourismsafety.ru/pic/files/2021/Statistika%20DT P.pdf>
7. Sklyarov N.V. Analiz problem sovershenstvovaniya avtotekhnicheskikh ekspertiz dorozhno-transportnykh proisshestviy // Avtomobil'nyy transport. - 2011. - Vyp. 29. - S. 250-253.
8. M. Abramowski Analysis of the possibility of using video recorder for the assessment speed of vehicle before the accident // Proceedings of the institute of vehicles. - 2015. - №4(104). - R. 87-98.
9. Volkov V.S., Kastyrin D.YU. Sovershenstvovanie ekspertizy dorozhno-transportnykh proisshestviy s primeneniem kvadropteroz // Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy xxi veka: teoriya i praktika. - 2015. - № 4. - Ch. 1. - S. 271-276.
10. Bublik G.P., Dorovatovskiy N.V. Vozmozhnost' graficheskogo postroeniya plana mesta proisshe-stviya po fotosnimku // Ekspertnaya praktika i novye metody issledovaniya. - 1988. - M.: VNIIE. - Vyp. 9. - S. 4-7.
11. ZHarkikh S.S. Ispol'zovanie graficheskogo redaktora soreldraw v transportno-trasologicheskoy ekspertize // Teoriya i praktika sudebnoy ekspertizy. - 2016. - №1(41).
12. Morozov A.A. Raspoznavanie trekhmernykh ob'ektov po stereoskopicheskim nablyudeniya // Radio-tekhnika. - 2012. - №9. - S. 72-75.
13. Petrov S.M., Boyarov A.G. Opredelenie po videozapisyam, fiksiruyushchim sobytie dorozhno-transportnogo proisshestviya, polozheniya i parametrov dvizheniya ego uchastnikov Moskva // FBU RFTSSE pri Minyuste Rossii. - 2016. - 87 s.
14. Petrov S.M. Issledovanie materialov videozapisi s tsel'yu ustanovleniya obstoyatel'stv dorozhno-transportnogo proisshestviya // Teoriya i praktika sudebnoy ekspertizy. - 2013. - №4. - S. 62-82.
15. Blyumin, S.L. Modeli i metody prinyatiya resheniy v usloviyakh neopredelennosti. - Lipetsk: LEGI, 2001.
16. Kurakina E.V. Ob effektivnosti provedeniya issledovaniy mest kontsentratsii DTP // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov SPBGASU. - 2018. - №2 (67). - S. 231-237.
17. Puchkin V.A. Osnovy ekspertnogo analiza dorozhno-transportnykh proisshestviy: Bazy dannykh. Ekspertnaya tekhnika. Metody resheniy // Rostov n/d: IPO YUFU, 2010. - S. 181-192.
18. Evtyukov S.A., Brylev I.S. Algoritm korrektyrovki normativnykh znacheniy vremeni narastaniya zamedleniya, ustanovivshegosya zamedleniya dvukhkolesnykh mekhanicheskikh transportnykh sredstv // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - №3(50). - 2015. - S. 3-12.
19. Evtyukov S.A., Brylev I.S. Problemy provedeniya avtotekhnicheskikh ekspertiz s uchastiem mototsiklistov/Fundamental'nye i prikladnye nauki NorthCharleston, SC, USA. - 2013. - b/n - S. 125-129.
20. Brylev I.S. Eksperimental'nye issledovaniya parametrov zamedleniya transportnykh sredstv kategorii L3 // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov SPBGASU. - 2015. - №2(49). - S. 131-137.

Evtyukov Sergey Arkadyevich

St. Petersburg state University of architecture and civil engineering
Address: Russia, 190005, St. Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya str., 4
Doctor of technical sciences
E-mail: s.a.evt@mail.ru

Vorozheikin Igor Vyacheslavovich

St. Petersburg state University of architecture and civil engineering
Address: Russia, 190005, St. Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya str., 4
Graduate student
E-mail: igor.vorozheikin@mail.ru

Научная статья

УДК 629.35

doi:10.33979/2073-7432-2022-2(78)-3-104-112

П.А. БУЙВОЛ

УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМОЙ ФИРМЕННОГО СЕРВИСА АВТОМОБИЛЕЙ ПРИ ВНЕДРЕНИИ РЕЦИКЛИНГА ДЕФЕКТНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Аннотация. Увеличение экологической нагрузки со стороны современной техносферы на фоне роста потребления актуализировало задачу расширения концепции повторного использования. Анализ исследований по построению систем обратной логистики выявил ограниченность существующих подходов: рассмотрение только отработавших транспортных средств и слабый учет стохастического характера протекающих в системе процессов. В этой связи была составлена математическая модель фирменной сети обратной логистики, учитывающей доходы от реализации восстанавливаемых дефектных узлов, образующихся при обращении автомобиля в сервисный центр для ремонта. На ее основе разработана имитационная модель сервисного центра, в котором налажено хранение и восстановление дефектных деталей. Данная модель может быть использована как инструмент принятия решений для управления фирменными сервисными системами, когда автомобильные производители внедряют рециклинг.

Ключевые слова: фирменный сервис, автомобили, рециклинг, математическая модель, имитационная модель.

Введение

В связи с растущим потреблением особенно в промышленно развитых странах многие исследователи обозначили снижение отходов как одну из главных проблем человечества XXI века. Поэтому в течение последних десятилетий восстановление и повторное использование продуктов и материалов становилось все более важным в силу экономических причин и озабоченности по поводу окружающей среды [1]. При данном подходе требуется разработка систем обратной логистики, также называемых системами обратной цепочки поставок (RSC), или цепочек поставок с замкнутым циклом. Система обратной логистики включает в себя операции по сбору, очистке, разборке, испытанию, сортировке, хранению, транспортировке, ремонту, восстановлению потребительских свойств или утилизации возвращаемых продуктов целиком или их частей.

Ввиду роста экологического самосознания самих потребителей, конкурентоспособность производителей зависит от их позиции относительно повторного использования дефектных или ненужных изделий. Поэтому разработка методологий для эффективного проектирования и эксплуатации обратных цепочек поставки с целью достижения рентабельности, а не только выполнения минимальных экологических требований является актуальной задачей на сегодняшний день.

Материал и методы

Рециклинг автомобилей: обзор существующих исследований

Анализ состояния вопроса в системе рециклинга автомобилей

Нужно заметить, что автомобили утилизировались в промышленных масштабах в течение многих десятилетий, начиная с 1958 года, когда начала работать первая шредерная установка для автомобилей [2]. К сожалению, в настоящее время небольшой процент непосредственных производителей занимается восстановлением собственных компонентов. Так, в США на долю производителей приходится менее 5 % операций по восстановлению [3]. Объяснить это можно в том числе диверсификацией модельного ряда и компонентов, и как следствие невозможностью воспользоваться преимуществами эффекта масштаба. Кроме того, существует значительная неопределенность в обратной цепочке поставок, связанная с ка-

чеством возвращаемых деталей и различным временем восстановления. Таким образом, переработчики вынуждены хранить большие запасы, чтобы нивелировать эту стохастичность. Однако, при должной организации процессов в обратной логистической системе, разборку отработавших автомобилей можно с успехом использовать для увеличения прибыли, а также, что еще более ценно – получать сведения о режимах и параметрах отказов и долговечности. Так Ford, и BMW создали в Европе центры утилизации и демонтажа, для анализа старых деталей автомобилей с истекшим сроком годности и учета полученных результатов при проектировании. Учитывая это, европейские автопроизводители в начале века запустили системы по использованию восстановленных деталей, примером которой является система обмена Volvo Cars. Более 2000 наименований различных компонентов, от коробок передач до консолей, восстанавливаются и продаются потребителям с полной гарантией. BMW, Mercedes-Benz и Ford, также собирают и продают запасные части [3].

Развивающиеся страны так же начинают задумываться о вопросах рециклинга. Например, Китай, который является крупнейшим в мире производителем и рынком автомобилей с 2009 года, встал на путь устойчивого развития, приняв в указанный год соответствующий нормативный документ. Jinan Fuqiang Power Co., Ltd. является первой в Китае компанией по восстановлению, специализирующейся на восстановлении двигателей. Shanghai Volkswagen Joint Development Ltd. продают более 3000 единиц восстановленных продуктов в год [4]. В этой стране производители автомобилей составляют основную часть системы утилизации, чтобы соответствовать требованиям степени извлечения [5]. Однако, как отмечено в [6], данная сфера находится преимущественно в зачаточном состоянии, но имеет огромный потенциал. Так, если большая часть ценных деталей и материалов будет повторно использована или восстановлена, это принесет огромные экономические и экологические выгоды согласно оценкам исследователей.

Существующие концептуальные модели обратных логистических каналов

Анализ исследований показал наличие достаточно большого количества исследований, посвященных построению концептуальных моделей и оптимизации обратных логистических каналов для отработавших транспортных средств [7-11]. Так в исследовании [12] была смоделирована проблема обратной логистики для автомобилей с истекшим сроком эксплуатации в немецких замкнутых цепях поставок. В данной работе оценивались концепции проектирования сетей для разделения и переработки пластиковых компонентов в центрах сбора и переработки. Авторы исследования [13] представили модель сети утилизации отработавших транспортных средств, в которой учитывается выручка от реализации повторно используемых деталей и металлолома, при этом учитываются затраты на настройку сети и транспортировку. Была построена прогностическая структура логистической сети, ориентированная на ожидаемый объем списываемых транспортных средств в 2022 году. В работе [14] рассмотрена проблема распределения местоположения центров утилизации в сети восстановления транспортных средств с истекшим сроком эксплуатации, создана математическая модель и найдено оптимальное решение с применением метода искусственной пчелиной колонии.

При всем разнообразии затрагиваемых аспектов при организации обратной логистики существующие исследования ограничиваются рассмотрением отработавших транспортных средств, не учитывая дефектные детали, которые в большом количестве возникают непосредственно во время эксплуатации автомобиля.

Поэтому первой целью данной работы было сформулировать математическую модель фирменной сети обратной логистики, которая учитывала бы доходы от реализации восстанавливаемых дефектных узлов.

Ограниченность существующих моделей обратных логистических каналов

Главной проблемой и отличием системы обратной логистической сети от традиционных производственно-распределительных цепей является неопределенность [15]. Существуют различные источники неопределенности такие как качество, цена, время и количество возвращаемых компонентов, поэтому при разработке и планировании обратной цепочки по-

ставок доступность достаточной информации о параметрах является главной проблемой. Хотя в литературе, посвященной проектированию сетей обратной логистики, а также сетей с замкнутым циклом, признается существование всех этих неопределенностей, существует очень мало исследований, в которых они учитываются [16, 17] с использованием главным образом аналитических моделей и редко имитационных моделей.

Некоторыми исследователями предпринимались попытки учесть неопределенности, выраженные в виде распределений вероятностей и дискретных интервалов. Исследователи в [10] использовали многослойное дерево сценариев с конечным набором сценариев. Авторы в [18] сформулировали вероятностную модель смешанного целочисленного линейного программирования и нашли оптимальное решение с использованием генетических алгоритмов на основе приоритетов. Таким образом им удалось определить не только поднаборы центров разборки и обрабатывающих центров, которые должны быть открыты, но также и стратегию транспортировки. В [19] применено стохастическое двухэтапное программирования, а также впервые учтена условная величина риска.

Авторы [11] разработали сетевую модель, учитывающую все операции восстановления для автомобилей с истекшим сроком эксплуатации. С помощью данной модели на основе тестовых данных и реального примера показана возможность определения количества и расположения объектов в сети и потоков материалов между этими объектами. Для устранения неопределенности в отношении количества автомобилей с истекшим сроком эксплуатации, возвращенных в центры сбора и переработки, были определены пессимистичные, ожидаемые и оптимистичные сценарии для трех периодов планирования.

В работе [20] неопределенности, связанные с качеством и количеством дефектных деталей моделируются с использованием нечетких трапециевидных чисел. Для оптимизации рассматриваемой сети обратной логистики авторы используют нечеткую модель смешанного целочисленного программирования и преобразуют ее в четкую модель, которую можно решить с помощью доступных решателей.

В [21] предложена многоцелевая модель нелинейного программирования для задачи маршрутизации экологически чистого транспортного средства, включая распределение оригинальных и восстановленных продуктов с истекшим сроком эксплуатации. Однако в ней также поток возвращенных продуктов является детерминированным.

Ввиду того, что стохастический характер возникновения дефектных деталей невозможно в полной мере учесть в математической модели, второй целью настоящей работы было построить имитационную модель сервисного центра, являющуюся первичным звеном, образующим обратный логистический поток и являющегося промежуточным складом хранения. Поскольку результаты предыдущих смежных работ подтвердили отличную способность имитационных моделей учитывать различные неопределенности, имеющиеся в реальных системах [22-25].

Теория: математическая модель фирменной системы обратной логистики

Для формулировки математической модели фирменной системы обратной логистики введем некоторые условные обозначения:

- r_{ps} – цена запасной части р-вида, восстановленной в рамках сервисной сети,
- r_{pf} – цена запасной части р-вида, восстановленной в рамках завода-изготовителя,
- n_{pk} – количество запасных частей р-вида, появившихся в результате дефектовки автомобиля, обратившегося в k-сервисный центр,
- r_p – стоимость дефектной детали р-вида, сданной на переработку,
- u_p – стоимость утилизации дефектной детали р-вида,
- $\%_{pk}$ – доля дефектных деталей р-вида, подлежащих сбору в k-сервисном центре;
- $\%s_{pk}$ – доля дефектных деталей р-вида, пригодных для восстановления в k-сервисном центре;
- $\%f_{pk}$ – доля дефектных деталей р-вида, собранных в k-сервисном центре пригодных для восстановления на заводе-изготовителе;

$\%p_{pk}$ – доля дефектных деталей р-вида, собранных в к-сервисном центре и пригодных для переработки;
 $\%u_{pk}$ – доля дефектных деталей р-вида, собранных в к-сервисном центре и пригодных для утилизации;
 df_{pk} – стоимость транспортировки дефектных деталей р-вида, собранных в к-сервисном центре пригодных для восстановления на заводе-изготовителе;
 dp_{pk} – стоимость транспортировки дефектных деталей р-вида, собранных в к-сервисном центре и пригодных для переработки;
 du_{pk} – стоимость транспортировки дефектных деталей р-вида, собранных в к-сервисном центре и пригодных для утилизации;
 ts_p – время, необходимое для восстановления дефектной детали р-вида, пригодных для восстановления в сервисном центре;
 tf_p – время, необходимое для восстановления дефектной детали р-вида, пригодных для восстановления на заводе-изготовителе;
 $equipTS_p$ – количество нормо-часов обработки детали р-вида на оборудовании в сервисной сети;
 $equipSS_p$ – площадь, занимаемая оборудованием для восстановления деталей р-вида в сервисном центре;
 QS_{pk} – количество оборудования для восстановления деталей р-вида в к-сервисном центре;
 $FundQS_{pk}$ – фонд рабочего времени единицы оборудования для восстановления деталей р-вида в к-сервисном центре;
 $PriceQS_p$ – цена единицы оборудования для восстановления деталей р-вида в сервисной сети;
 SS_k – резервная площадь в к-сервисном центре;
 $equipTF_p$ – количество нормо-часов обработки детали р-вида на оборудовании на заводе-изготовителе;
 $equipSF_p$ – площадь, занимаемая оборудованием для восстановления деталей р-вида на заводе-изготовителе;
 QF_p – количество оборудования для восстановления деталей р-вида на заводе-изготовителе;
 $FundQF_p$ – фонд рабочего времени единицы оборудования для восстановления деталей р-вида на заводе-изготовителе;
 $PriceQF_p$ – цена единицы оборудования для восстановления деталей р-вида на заводе-изготовителе;
 SF – резервная площадь на заводе-изготовителе;
 l_k – количество работников, занимающихся восстановлением в к-сервисном центре;
 car_k – фонд рабочего времени одного работника, занимающегося восстановлением в к-сервисном центре;
 l_f – количество работников, занимающихся восстановлением на заводе-изготовителе;
 car_f – фонд рабочего времени одного работника, занимающегося восстановлением на заводе-изготовителе;
 car_m – мощность m-центра по переработке;
 car_w – мощность w-центра по утилизации;
 v_p – объем, необходимый для складирования дефектной детали р-вида;
 S_k – объем склада к-сервисного центра;
 K_m – множество сервисных центров, отправляющих дефектные детали в m-центр по переработке;
 K_u – множество сервисных центров, отправляющих дефектные детали в u-центр по утилизации;
 c_k – ставка нормо-часа ремонтного рабочего в к-сервисном центре;
 c – ставка нормо-часа ремонтного рабочего на заводе-изготовителе.

С приведенными обозначениями модель обратной логистической сети может быть сформулирована следующим образом:

Целевая функция представляет собой общую прибыль обратной логистики:

$$Z = P_s + P_p - S_{QS} - S_{QF} - C_u - C_{tf} - C_{tp} - C_{tu} - C_{ws} - C_{wf} \rightarrow \max, \quad (1)$$

где P_s – доход от продаж восстановленных дефектных деталей:

$$P_s = \sum_{k=1}^K \sum_{p=1}^P n_{pk} \cdot \%_{pk} \cdot (\%_{f_{pk}} \cdot r_{pf} + \%_{s_{pk}} \cdot r_{ps}); \quad (2)$$

P_p – доход от сдачи дефектных деталей на переработку:

$$P_p = \sum_{k=1}^K \sum_{p=1}^P n_{pk} \cdot \%_{pk} \cdot \%_{p_{pk}} \cdot p_p; \quad (3)$$

C_{ws} – трудовые затраты на восстановление дефектных деталей в сервисной сети:

$$C_{ws} = \sum_{k=1}^K \sum_{p=1}^P n_{pk} \cdot \%_{pk} \cdot \%_{s_{pk}} \cdot ts_p \cdot c_k; \quad (4)$$

S_{QS} – затраты на покупку оборудования для восстановления в сервисной сети:

$$S_{QS} = \sum_{k=1}^K \sum_{p=1}^P QS_{pk} \cdot Price_{QS_p}; \quad (5)$$

C_{wf} – трудовые затраты на восстановление дефектных деталей на заводе-изготовителе:

$$C_{wf} = \sum_{k=1}^K \sum_{p=1}^P n_{pk} \cdot \%_{pk} \cdot \%_{f_{pk}} \cdot tf_p \cdot c; \quad (6)$$

S_{QF} – затраты на покупку оборудования для восстановления на заводе-изготовителе:

$$S_{QF} = \sum_{p=1}^P QF_p \cdot Price_{QF_p}; \quad (7)$$

C_u – затраты на утилизацию дефектных деталей:

$$C_u = \sum_{k=1}^K \sum_{p=1}^P n_{pk} \cdot \%_{pk} \cdot \%_{u_{pk}} \cdot u_p; \quad (8)$$

C_{tf} – затраты на транспортировку дефектных деталей для восстановления на завод-изготовитель:

$$C_{tf} = \sum_{k=1}^K \sum_{p=1}^P n_{pk} \cdot \%_{pk} \cdot \%_{f_{pk}} \cdot df_{pk}; \quad (9)$$

C_{tp} – затраты на транспортировку дефектных деталей в центр переработки:

$$C_{tp} = \sum_{k=1}^K \sum_{p=1}^P n_{pk} \cdot \%_{pk} \cdot \%_{p_{pk}} \cdot dp_{pk}; \quad (10)$$

C_{tu} – затраты на транспортировку дефектных деталей в центр утилизации:

$$C_{tu} = \sum_{k=1}^K \sum_{p=1}^P n_{pk} \cdot \%_{pk} \cdot \%_{u_{pk}} \cdot du_{pk}; \quad (11)$$

Ограничение на производственную мощность сервисной сети по восстановлению:

$$n_{pk} \cdot \%_{pk} \cdot \%_{s_{pk}} \cdot equipTS_p \leq QS_{pk} \cdot fundQS_{pk}, k = (1, K), p = (1, P). \quad (12)$$

Ограничение на трудовую мощность сервисной сети по восстановлению:

$$\sum_{p=1}^P n_{pk} \cdot \%_{pk} \cdot \%_{s_{pk}} \cdot ts_p \leq l_k \cdot cap_k, k = (1, K). \quad (13)$$

Ограничение на площадь для размещения оборудования для восстановления в сервисной сети:

$$\sum_{p=1}^P QS_{pk} \cdot equipSS_p \leq SS_k, k = (1, K). \quad (14)$$

Ограничение на производственную мощность завода-изготовителя по восстановлению:

$$\sum_{k=1}^K n_{pk} \cdot \%_{pk} \cdot \%_{fk} \cdot equipTF_p \leq QF_p \cdot fundQF_p, p = (1, P). \quad (15)$$

Ограничение на трудовую мощность завода-изготовителя по восстановлению:

$$\sum_{k=1}^K \sum_{p=1}^P n_{pk} \cdot \%_{pk} \cdot \%_{fk} \cdot tf_p \leq l_f \cdot cap_f. \quad (16)$$

Ограничение на площадь для размещения оборудования для восстановления на заводе-изготовителе:

$$\sum_{p=1}^P QF_{pk} \cdot equipSF_p \leq SF. \quad (17)$$

Ограничение на мощность центров по переработке

$$\sum_{k \in K_m} \sum_{p=1}^P n_{pk} \cdot \%_{pk} \cdot \%_{pk} \leq cap_m. \quad (18)$$

Ограничение на мощность центров по утилизации:

$$\sum_{k \in K_u} \sum_{p=1}^P n_{pk} \cdot \%_{pk} \cdot \%_{uk} \leq cap_u. \quad (19)$$

Ограничение на складские площади сервисных центров:

$$\sum_{p=1}^P v_p \cdot n_{pk} \cdot \%_{pk} \leq S_k. \quad (20)$$

Расчет: имитационная модель сервисного центра

По причинам, приведенным выше, было принято решение о построении имитационной модели. Для этого в среде AnyLogic с использованием гибридного подхода была построена модель сервисного центра (рис. 1).

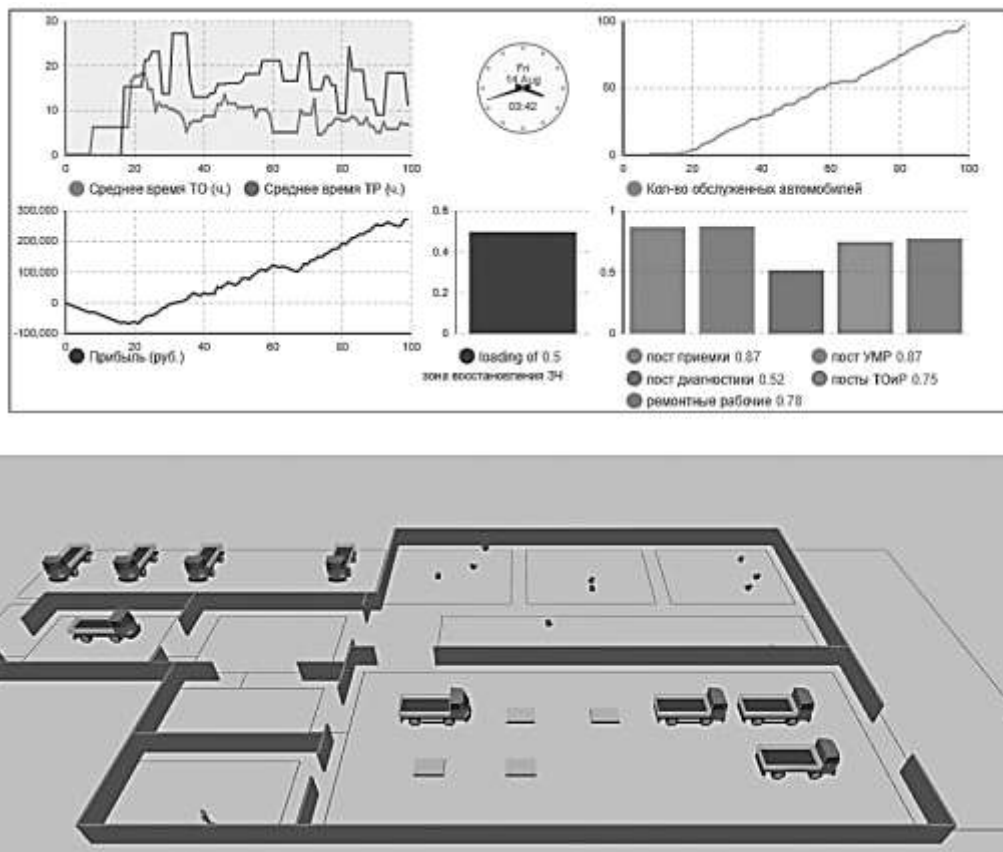


Рисунок 1 – Имитационная модель сервисного центра

В имитационной модели кроме целевой функции рассчитываются такие показатели эффективности работы системы, как количество обслуженных автомобилей, среднее время пребывания машины в сервисе при прохождении технического осмотра и выполнении текущего ремонта, загруженность постов и ремонтных рабочих. Средствами среды моделирования можно провести оптимизационный компьютерный эксперимент, подобрав оптимальные значения параметров: количество рабочих постов, мест для хранения готовых к выдаче автомобилей, ремонтных рабочих.

Результаты и обсуждение

Анализ существующих исследований показал, что они ограничиваются рассмотрением отработавших транспортных средств, не учитывая дефектные детали, которые в большом количестве возникают непосредственно во время эксплуатации автомобиля. Поэтому сформулированная описательная математическая модель фирменной сети обратной логистики, которая учитывает доходы от реализации восстанавливаемых дефектных узлов, заполняет научный пробел в данной области. Поскольку стохастический характер возникновения дефектных деталей невозможно в полной мере учесть в математической модели, на ее основе была построена имитационная модель сервисного центра, являющегося первичным звеном, образующим обратный логистический поток и являющегося промежуточным складом хранения. Поэтому разработанная имитационная модель сервисного центра, в котором формируется и первично накапливается обратный логистический поток, может рассматриваться как инструмент принятия решений для управления фирменными сервисными системами, когда автомобильные производители внедряют рециклинг дефектных деталей. Это важный шаг к реализации принципов устойчивого развития в автомобильной промышленности, позволяющий повторно использовать дефектные детали и сократить потребление природных ресурсов.

Выводы

В эпоху роста потребления важно расширять и внедрять концепцию повторного использования продукции с истекшим сроком жизненного цикла как часть системы обратной логистики. Ввиду масштабности большинства современных автомобилестроительных предприятий и глобальный характер их деятельности управление процессом рециклинга в системе фирменного сервиса может быть эффективно реализовано только при использовании научно-обоснованных методик, реализованных в цифровых инструментах поддержки принятия решений. В данном исследовании приведено описание разработанной имитационной модели сервисного центра, в котором помимо стандартных процессов ремонта и технического обслуживания налажено восстановление дефектных деталей, а также хранение той их части, что не может быть восстановлена на месте и требует отправки в специализированные центры рециклинга. Данная модель может быть использована как интеллектуальное ядро системы поддержки принятия решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Makarova I., Shubenkova K., Buyvol P., Shepelev V., Gritsenko A. The role of reverse logistics in the transition to a circular economy: case study of automotive spare parts logistics // FME Transactions. – 2021. – Т. 49(1). – С. 173-185.
2. Vermeulen I., Van Caneghem, Block C., Baeyens J., Vandecasteele C. Automotive shredder residue (ASR): Reviewing its production from end-of-life vehicles (ELVs) and its recycling, energy or chemicals' valorisation // Journal of hazardous materials. – 2011. – Т. 190(1-3). – С. 8-27.
3. Gerrard J., Kandlikar M. Is European end-of-life vehicle legislation living up to expectations? Assessing the impact of the ELV Directive on «green» innovation and vehicle recovery // Journal of cleaner production. – 2007. – Т. 15. – С. 17-27.
4. Tian G., Zhang H., Feng Y., Jia H., Zhang C., Jiang Z., Li Z., Li P. Operation patterns analysis of automotive components remanufacturing industry development in China // Journal of cleaner production. – 2017. – Т. 164. – С. 1363-1375.
5. Xiang W., Ming C. Implementing extended producer responsibility: vehicle remanufacturing in China // Journal of cleaner production. – 2011. – Т. 19(6-7). – С. 680-686.
6. Chen Z.D. Chen, T. Wang, S.Hu. Policies on end-of-life passenger cars in China: dynamic modeling and cost-benefit analysis // Journal of cleaner production. – 2015. – Т. 108. – С. 1140-1148.
7. Guranowska, A.M. End-of-life vehicles recycling network design // J. KONES Powertrain Transp. – 2011. – Т. 18(3). – С. 261-268.

8. Zarei M., Mansour S., Kahsan A.H., Karimi B. Designing a reverse logistics network for end-of-life vehicles recovery // Math. Prob. Eng. – 2010.
9. Spicer A., Johnso M. Third-party demanufacturing as a solution for extended producer responsibility // Journal of cleaner production. – 2004. – T. 12. – C. 37-45.
10. Simic, V. A multi-stage interval-stochastic programming model for planning end-of-life vehicles allocation // Journal of cleaner production. – 2016. – T. 115. – C. 366-381.
11. Ene S., Öztürk N. Network modeling for reverse flows of end-of-life vehicles // Waste Management. – 2015. – T. 38. – C. 284-296.
12. Schultmann F., Zumkeller M., Rentz O. Modeling reverse logistics tasks within closed loop supply chains: an example from the automobile industry // European journal of operational Research. – 2006. – T. 171. – C. 1033-1050.
13. Demirel E., Demirel N., Gökçen H. A mixed integer linear programming model to optimize reverse logistics activities of end-of-life vehicles in Turkey // Journal of cleaner production. – 2016. – T. 112(3) – C. 2101-2113.
14. Lin Y., Jia H., Yang Y., Tian G., Tao F., Ling L. An improved artificial bee colony for facility location allocation problem of end-of-life vehicles recovery network // Journal of cleaner production. – 2018. – T. 205. – C. 134-144.
15. Fleischmann M., Beullens P., Bloemhof-Ruwaard J.M., Wassenhove L.N.V. The impact of product recovery on logistics network design // Production and operations management. – 2001. – T. 10. – C. 156-173.
16. Logistics systems: design and optimization. Edited by Andre Langevinger and Ecole Polytechnique de Montreal, Montreal, Canada. – 2005. – 387 C.
17. Akçali E., Çetinkaya S., Üster H. Network design for reverse and closedloop supply chains: An annotated bibliography of models and solution approaches // Networks. – 2009. – T. 53. – C. 231-248.
18. Roghanian E., Pashoheshfar P. An optimization model for reverse logistics network under stochastic environment by using genetic algorithm // Journal of manufacturing systems. – 2014. – T. 33. – C. 348-356.
19. Soleimani H., Govindan K. Reverse logistics network design and planning utilizing conditional value at risk // European journal of operational research. – 2014. – T. 237. – C. 487-497.
20. Niknejad A., Petrovic D. Optimisation of integrated reverse logistics networks with different product recovery routes // European journal of operational research. – 2014. – T. 238(1). – C. 143-154.
21. Soleimani H., Chaharlang Y., Ghaderi H. Collection and distribution of returned-remanufactured products in a vehicle routing problem with pickup and delivery considering sustainable and green criteria // Journal of cleaner production. – 2018. – T. 172. – C. 960-970.
22. Макарова И.В., Буйвол П.А., Габсалихова Л.М., Мухаметдинов Э.М. Управление техническим обслуживанием и ремонтом на автотранспортном предприятии с использованием имитационного моделирования // АвтоГазоЗаправочный комплекс + Альтернативное топливо. – 2020. – Т. 19(1). – С. 10-15.
23. Макарова И.В., Хабибуллин Р.Г., Беляев А.И., Беляев Э.И., Буйвол П.А. Применение современных методов моделирования и управления для повышения эффективности системы фирменного сервиса автомобилей // Вестник Ижевского государственного технического университета. – 2011. – Т. 1(49). – С. 118-121.
24. Макарова И.В., Буйвол П.А., Якупова Г.А. Совершенствование транспортной системы города с использованием имитационного моделирования ее отдельных сегментов // АвтоГазоЗаправочный комплекс + Альтернативное топливо. – 2020. – Т. 19(1). – С. 29-33.
25. Макарова И.В., Буйвол П.А., Габсалихова Л.М., Мухаметдинов Э.М. Разработка имитационной модели пункта технического осмотра транспортных средств // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2018. – Т. 10. – С. 52-55.

Буйвол Полина Александровна

Набережночелнинского института Казанского федерального университета

Адрес: 423812, Россия, г. Набережные Челны, пр. Суюмбике, 10а

К.т.н., доцент, доцент кафедры сервиса транспортных систем

E-mail: skyeyes@mail.ru, PABujvol@kpfu.ru

P.A. BUYVOL

MANAGEMENT OF THE VEHICLE BRANDED SERVICE SYSTEM IN THE IMPLEMENTATION OF DEFECTIVE PARTS' RECYCLING

Abstract. *The increase in the environmental burden from the modern technosphere against the background of increased consumption has actualized the task of expanding the "reuse" concept. An analysis of studies on reverse logistics systems revealed the limitations of existing approaches: consideration of only end-of-life vehicles and poor consideration of the stochastic nature of the processes occurring in the system. In this regard, we have compiled mathematical model of a branded reverse logistics network. It considers income from the sale of repairable defective units that are formed when a vehicle is sent to a service center for repair. On its basis, we have developed a simulation model of a service center, in which the storage and restoration of defective parts is organized. This model can be used as a decision-making tool to manage branded service systems when automotive manufacturers introduce recycling.*

Keywords: *branded service, vehicles, recycling, mathematical model, simulation model*

BIBLIOGRAPHY

1. Makarova I., Shubenkova K., Buyvol P., Shepelev V., Gritsenko A. The role of reverse logistics in the transition to a circular economy: case study of automotive spare parts logistics // *FME Transactions*. - 2021. - T. 49(1). - S. 173-185.
2. Vermeulen I., Van Caneghem, Block C., Baeyens J., Vandecasteele C. Automotive shredder residue (ASR): Reviewing its production from end-of-life vehicles (ELVs) and its recycling, energy or chemicals' valorisation // *Journal of hazardous materials*. - 2011. - T. 190(1-3). - S. 8-27.
3. Gerrard J., Kandlikar M. Is European end-of-life vehicle legislation living up to expectations? Assessing the impact of the ELV Directive on «green» innovation and vehicle recovery // *Journal of cleaner production*. - 2007. - T. 15. - S. 17-27.
4. Tian G., Zhang H., Feng Y., Jia H., Zhang C., Jiang Z., Li Z., Li P. Operation patterns analysis of automotive components remanufacturing industry development in China // *Journal of cleaner production*. - 2017. - T. 164. - S. 1363-1375.
5. Xiang W., Ming C. Implementing extended producer responsibility: vehicle remanufacturing in China // *Journal of cleaner production*. - 2011. - T. 19(6-7). - S. 680-686.
6. Chen Z.D. Chen, T. Wang, S.Hu. Policies on end-of-life passenger cars in China: dynamic modeling and cost-benefit analysis // *Journal of cleaner production*. - 2015. - T. 108. - S. 1140-1148.
7. Guranowska, A.M. End-of-life vehicles recycling network design // *J. KONES Powertrain Transp.* - 2011. - T. 18(3). - S. 261-268.
8. Zarei M., Mansour S., Kahsan A.H., Karimi B. Designing a reverse logistics network for end-of-life vehicles recovery // *Math. Prob. Eng.* - 2010.
9. Spicer A., Johnso M. Third-party demanufacturing as a solution for extended producer responsibility // *Journal of cleaner production*. - 2004. - T. 12. - S. 37-45.
10. Simic, V. A multi-stage interval-stochastic programming model for planning end-of-life vehicles allocation // *Journal of cleaner production*. - 2016. - T. 115. - S. 366-381.
11. Ene S., Oztork N. Network modeling for reverse flows of end-of-life vehicles // *Waste Management*. - 2015. - T. 38. - S. 284-296.
12. Schultmann F., Zumkeller M., Rentz O. Modeling reverse logistics tasks within closed loop supply chains: an example from the automobile industry // *European journal of operational Research*. - 2006. - T. 171. - S. 1033-1050.
13. Demirel E., Demirel N., G?k?en H. A mixed integer linear programming model to optimize reverse logistics activities of end-of-life vehicles in Turkey // *Journal of cleaner production*. - 2016. - T. 112(3) - S. 2101-2113.
14. Lin Y., Jia H., Yang Y., Tian G., Tao F., Ling L. An improved artificial bee colony for facility location allocation problem of end-of-life vehicles recovery network // *Journal of cleaner production*. - 2018. - T. 205. - S. 134-144.
15. Fleischmann M., Beullens P., Bloemhof-Ruwaard J.M., Wassenhove L.N.V. The impact of product recovery on logistics network design // *Production and operations management*. - 2001. - T.10. - S. 156-173.
16. Logistics systems: design and optimization. Edited by Andre Langevingerad and Ecole Polytechnique de Montreal, Montreal, Canada. - 2005. - 387 S.
17. Akal E., ?etinkaya S., ?ster H. Network design for reverse and closedloop supply chains: An annotated bibliography of models and solution approaches // *Networks*. - 2009. - T. 53. - S. 231-248.
18. Roghanian E., Pazhoheshfar P. An optimization model for reverse logistics network under stochastic environment by using genetic algorithm // *Journal of manufacturing systems*. - 2014. - T. 33. - S. 348-356.
19. Soleimani H., Govindan K. Reverse logistics network design and planning utilizing conditional value at risk // *European journal of operational research*. - 2014. - T. 237. - S. 487-497.
20. Niknejad A., Petrovic D. Optimisation of integrated reverse logistics networks with different product recovery routes // *European journal of operational research*. - 2014. - T. 238(1). - S. 143-154.
21. Soleimani H., Chaharlang Y., Ghaderi H. Collection and distribution of returned-remanufactured products in a vehicle routing problem with pickup and delivery considering sustainable and green criteria // *Journal of cleaner production*. - 2018. - T. 172. - S. 960-970.
22. Makarova I.V., Buyvol P.A., Gabsalikhova L.M., Mukhametdinov E.M. Upravlenie tekhnicheskimi obsluzhivaniem i remontom na avtotransportnom predpriyatii s ispol'zovaniem imitatsionnogo modelirovaniya // *AvtoGazoZapravochnyy kompleks + Al'ternativnoe toplivo*. - 2020. - T. 19(1). - S. 10-15.
23. Makarova I.V., Habibullin R.G., Belyaev A.I., Belyaev E.I., Buyvol P.A. Primenenie sovremennykh metodov modelirovaniya i upravleniya dlya povysheniya effektivnosti sistemy firmennogo servisa avtomobiley // *Vestnik Izhevskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. - 2011. - T. 1(49). - S. 118-121.
24. Makarova I.V., Buyvol P.A., Yakupova G.A. Sovershenstvovanie transportnoy sistemy goroda s ispol'zovaniem imitatsionnogo modelirovaniya ee otidel'nykh segmentov // *AvtoGazoZapravochnyy kompleks + Al'ternativnoe toplivo*. - 2020. - T. 19(1). - S. 29-33.
25. Makarova I.V., Buyvol P.A., Gabsalikhova L.M., Mukhametdinov E.M. Razrabotka imitatsionnoy modeli punkta tekhnicheskogo osmotra transportnykh sredstv // *Transport: nauka, tekhnika, upravlenie. Nauchnyy informatsionnyy sbornik*. - 2018. - T.10. - S. 52-55.

Buyvol Polina Alexandrovna

Naberezhnye Chelny Institute of Kazan Federal University

Address: 423812, Russia, Naberezhnye Chelny, Syuyumbike Ave., 10a

Candidate of technical science

E-mail: skyeyes@mail.ru, PABujvol@kpfu.ru

Научная статья

УДК 656.113

doi:10.33979/2073-7432-2022-2(78)-3-113-118

Е.В. АГЕЕВ, Е.С. ВИНОГРАДОВ

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПОДСИСТЕМЫ «КУРСАНТ-АВТОМОБИЛЬ»

Аннотация. Рассмотрены характеристики, оказывающие влияние на надежность работы подсистемы «Курсант-Автомобиль» (К-А), «Водитель-Автомобиль» (В-А), определены типы возможных отказов, проявляемых у курсантов, (водителей) связанных с управлением транспортным средством. Представлена методика диагностики критерия надежности курсанта при выполнении операторской работы, которая определяется безошибочностью считывания информации при помощи цифрового тренажерного комплекса в зависимости от времени которым располагает курсант при выполнении упражнений, на первоначальном этапе практической подготовки в учебном центре.

Ключевые слова: надежность, курсант, автомобиль, дорога, среда движения, безошибочность цифровой тренажерный комплекс.

Введение

Надежность работы подсистемы (К-А), (В-А) ставиться как частный в плане общей проблемы надежности водителя-оператора транспортного средства, при этом ошибочные действия, совершаемые водителем, связанные с приемом информации в условиях дорожного движения определяют надежность работы системы «Водитель-Автомобиль-Дорога-Среда» (ВАДС) в целом [1-3]. В тоже время эффективность и надежность профессиональной деятельности курсанта на этапе теоретической и практической подготовки в учебном центре зависит от профессиональной пригодности и определяется комплексом характеристик:

- анатомо-физиологические показатели;
- психофизиологические показатели, которыми обладает курсант (возраст, гендерные признаки, тип темперамента);
- профессиональная подготовленность (уровень развития водительских знаний, умений, навыков, уровень личностных качеств, влияющих на безопасность дорожного движения) [4-7].

Развитие последних характеристик осуществляется в процессе совершенствования водительских знаний умений и навыков. Оценка надежности работы курсанта окажется невозможной если не определить параметры, которые принимаются за отказ. В работах [8-12] отказ представляет собой состояние при котором требуется выполнение функций безошибочного управляющего воздействия на органы управления транспортного средства, при этом курсант не всегда может выполнить операторскую деятельность ввиду утомления, утраты работоспособности, невнимательности и т.д.. Выделим три типа возможных отказов (рис. 1)

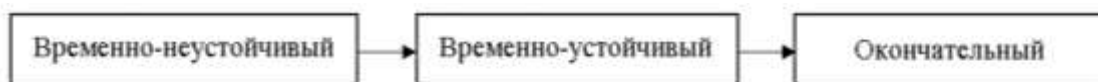


Рисунок 1 – Типы отказов работы подсистемы «Курсант-Автомобиль»

Отказ в применении к техническим средствам называют «сбоем», который приводит к возникновению аварийной ситуации. К отказам относятся ошибки, совершаемые курсантом при выполнении учебных упражнений (ошибочное считывание показателей с панели приборов, неправильно принятое решение или неправильная реализация принятого алгоритма действий). Последствия ошибок могут проявляться в невозможности дальнейшего использования технических средств, что оказывает существенное влияние на эффективность работы системы «ВАДС».

Материал и методы

При управлении транспортным средством курсанту-водителю непрерывно приходится реагировать на изменения дорожной ситуации. Основными характеристиками влияющих на реакцию выполняемых действий является: время, скорость, точность, надежность. Скорость реакции определяется временем с момента начала поступления сигнала до начала ответного действия, чем меньше время реакции, тем больше скорость. Быстрота реакции позволяет действовать в сложных дорожных ситуациях. Точность реакции характеризуется величиной допущенной ошибки при оценке относительно заданного параметра, чем меньше данная величина, тем выше точность реакции. Под надежностью курсанта подразумевается стабильность реакции не подверженная изменениям при наличии внешних (неожиданное изменения дорожной ситуации, типа покрытия, технического состояния транспортного средства) и внутренних (изменения состояния водителя, отрицательно влияющее на управление транспортным средством) помех [13-15].

В данной работе безотказная работа автомобиля и надежность считывания показаний определяется в зависимости от времени которым располагает курсант. В качестве надежности критериев введем параметр вероятность безошибочного считывания (P_b), средняя частота ошибочных считываний (w), среднее время работы курсанта между двумя соседними считываниями (t_{cp}). Расчет средних показаний выполнялся при помощи, цифрового тренажерного комплекса «Методика упражнений по оценке скорости, точности и надежности реакции водителя» [16], где курсант в основном меню выбирает область исследования «Реакция на движущийся объект» (рис. 2).

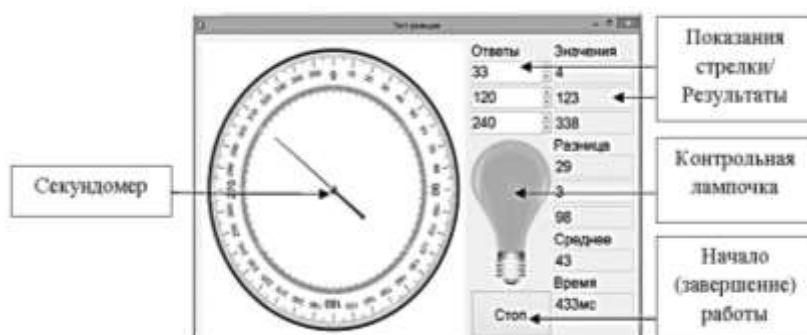


Рисунок 2 – Фрагмент электронной обучающей программы «Реакция на движущийся объект»

При включении кнопки старт секундомер приводят в движение. Лампочка на экране включается в определенном положении на круге при соответствующем положении стрелки (75, 156, 194, 237°); положения для упражнения (3: 123, 237, 308°); положения для упражнения (4: 75, 156, 194°). Продолжительность свечения лампочки составляет 0,1 с. Курсант наблюдает за положением стрелки и при включении лампочки фиксирует положение и заносит результаты в бланк ответов основного меню.

Характеристика класса точности приборов определяется выражением приведенной и относительной погрешностью (1), (2)

$$\beta_{пр} = \frac{A - A_d}{A_{max}} 100\%, \quad (1)$$

$$\beta = \frac{A - A_d}{A_d} 100\%, \quad (2)$$

где $\beta_{пр}$ – приведенная погрешность;

β – относительная погрешность;

A – показание приборов;

A_d – действительное значение показателя прибора;

A_{max} – предельное значение измеряемой величины прибора;

Согласно ГОСТ 8.401-80 и технических условиях на приборы нормируется приведенная, а не относительная погрешность. Необходимость введения приведенной погрешности объясняется в постоянстве абсолютной погрешности по всей шкале прибора при этом относительная погрешность по мере уменьшения значений измеряемой величины не остается постоянной, а увеличивается стремясь к бесконечности.

Теория / расчет

Критерием надежности подсистемы К-А справедливо для выполнения конкретных условий и является количественной характеристикой, расчет надежности в работе является снятие параметров с панели приборов автомобиля в частности данные о скорости движения или окружающей действительности и осуществляется согласно аналитической зависимости (3), (4)

$$P_k(\Delta_k \leq \Delta_d) = P_{in} P_b + \sum_{i=1}^n q_i P_i, \quad (3)$$

$$Q_k(\Delta_k > \Delta_d) = 1 - P_k(\Delta_k \leq \Delta_d), \quad (4)$$

где Δ_k – погрешность приборов или ошибки курсанта при снятии показателей с панели приборов;

Δ_d – допустимая погрешность подсистемы «К-А» не приводящая к возникновению аварийной ситуации;

$P_k(\Delta_k \leq \Delta_d)$ – надежность комплекса подсистемы «К-А», т.е. заданная допускаемая вероятность не будет превышена;

$Q_k(\Delta_k > \Delta_d)$ – надежность комплекса подсистемы «К-А», т.е. заданная допускаемая вероятность будет превышена;

P_{in} – вероятность безотказной работы панели приборов в транспортном средстве;

P_b – вероятность безошибочного считывания курсантом данных с приборов;

q_i – вероятность отказа прибора i -типа;

n – общее число разновидностей отказов;

P_i – вероятность безошибочного выполнения операторской деятельности при отказе работы панели приборов.

При управлении транспортным средством, курсант выбирает соответствующую стратегию поведения, чтобы добиться выполнения условия ($\Delta_k \leq \Delta_d$), при этом надежность комплекса подсистемы К-А будет определяться вероятностью безошибочного считывания показаний приборной панели если $q_i=0$, и соответственно $P_{in}=1$, то надежность комплекса подсистемы «К-А» определяется безошибочным считыванием курсантом данных с приборов, расчет надежности сводится к определению временных характеристик считывания и зависят от многих переменных: соответствия индикаторной части прибора, современным инженерным требованиям, состоянием курсанта, освещенности, полем видимости около дорожного пространства и панели приборов и др. [17].

Для каждого эксперимента n составляется протокол, где вносят показания (A_3) значение показания прибора, (A_n) результат считывания курсантом, (ΔA) абсолютная погрешность. При $\Delta A=0$ курсант осуществляет безошибочное считывание показаний прибора, в случае допущенной ошибки данные вносят в протокол. Расчет безошибочного считывания P_b при $t=0,1$ (время работы лампы) выражается формулой (5)

$$P_b = \frac{m}{N}, \quad (5)$$

где m – число правильно выполненных считываний ($\Delta A=0$);

N – общее число считываний курсантом при заданном времени t .

Обязательным условием эффективности количественных оценок надежности является их достаточная точность и достоверность.

Результаты

Контроль результатов осуществляется путем сравнения с эталоном. После выполнения диагностики курсанты определяют время реакции разницу показателей при этом преподава-

тель обращает внимание на большое разнообразие результатов, объясняя это индивидуальными различиями и недостаточной тренированностью в реагировании на движущийся объект.

Проведенное исследование на базе учебного центра по подготовки кандидатов в водители, позволило установить динамику изменения формирования навыков надежности операторской деятельности связанного с управлением транспортным средством.

Исследование показало, что курсанты на первоначальном этапе подготовки испытывают значительные затруднения по при этом количество ошибок составляет 90% по мере формирования навыков количество ошибок уменьшается таблица 1, $A_{31} = (75, 156, 194, 237^\circ)$, $A_{32} = (3: 123, 237, 308^\circ)$, $A_{33} = (4: 75, 156, 194^\circ)$.

Таблица 1 – Результаты исследования «Реакция на движущийся объект»

№ п/п	Возраст														
	17-25			25-35			35-45			45-55			55-65		
	A_n	ΔA	tcp (мс)	A_n	ΔA	tcp (мс)	A_n	ΔA	tcp (мс)	A_n	ΔA	tcp (мс)	A_n	ΔA	tcp (мс)
Входной контроль															
A_{31}	382 - 465	43	433	391 - 472	48	446	439 - 502	53	488	486 - 523	58	501	499 - 578	61	547
A_{32}	390 - 445	41	426	398 - 453	44	437	446 - 492	51	473	469 - 512	54	493	473 - 553	59	535
A_{33}	400 - 438	39	420	385 - 443	41	431	449 - 495	52	467	458 - 498	55	479	471 - 532	59	527
Выходной контроль															
A_{31}	356 - 408	32	397	378 - 450	37	426	418 - 489	47	458	438 - 498	50	489	478 - 514	53	502
A_{32}	340 - 400	37	391	377 - 432	34	416	424 - 467	43	448	426 - 490	47	471	457 - 504	52	496
A_{33}	328 - 398	30	387	366 - 412	31	406	419 - 465	40	439	424 - 486	43	462	436 - 498	49	482

В профессиональной деятельности водителя высокий уровень скорости, точность и надежности реакции достигается в результате строгого соблюдения правил дорожного движения, режима труда и отдыха, систематическом выполнении учебных упражнений, и в дальнейшем накопленном опыте управления автомобилем в условиях интенсивного движения.

Обсуждение

Эксплуатация автомобильного транспорта показывает, что большая часть отказов системы «ВАДС» происходит вследствие недостаточной подготовки кандидатов в водители. Минимизация коэффициента надёжности технической системы, напрямую зависит от надежности водителя. Во время подготовки курсанты допускают ошибки, применяя алгоритмы принятия решения на соответствующий заявленным целям, пропуская важные операции, выполняет в иной последовательности; в ряде случаев причиной ошибочных действий является неполное или неправильное предвидение их последствий. Многообразие ошибок является следствием недостатков организации обучения, однако, при изменении методов подготовки [18-20] существенно изменяется качество выполнения действий, формируются необходимые умения с заданными характеристиками.

Особенности, выявленные в процессе наблюдения за группами кандидатов в водители позволяют сформировать определенный запас знаний о безопасном поведении на дороге, оперативном мышлении, умении решать нестандартные задачи в условиях ограниченного времени и высокого нервного напряжения.

Выполненное исследование с использованием входного контроля профессиональных качеств необходимых для безопасного управления транспортным средством позволяет осуществлять контроль выполнения операторами транспортных средств упражнений, связанных с

ознакомлением с психофизиологическими основами труда водителя, которые ориентированы на их будущую профессиональную деятельность и определения основных функций организма.

Вывод

Надежность работы курсантов на первоначальном этапе подготовки по полученным характеристикам безошибочного считывания, средней частоты ошибок и наработке на отказ в зависимости от времени на считывание показаний позволило установить, что порядка 90% курсантов нуждаются в необходимости построения индивидуальной траектории подготовки с применением адаптивных электронно-цифровых тренажеров направленных на формирования навыка считывания показателей приборов и анализа дорожной ситуации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Savchenko V.V., Librovič V.V. Classification of table semantically binary relevant information for drivers in highly automated vehicles // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Automobile Scientific Forum, IASF 2019 «Technologies and Components of Land Intelligent Transport Systems». – 2020. – P. 012042.
2. Скворцова, Т.В. Повышение надежности звена «Водитель» в системе «Водитель-автомобиль-Дорога среда» // Воронежский научно-технический Вестник. – 2012. – Т. 1. - №1. – С. 26-33.
3. Ротенберг, Р.В. Основы надежности системы водитель – автомобиль – дорога – среда – М.: Машиностроение, – 1986. – 216 с.
4. Мишури́н, В.М., Надёжность водителя и безопасность движения – М.: Транспорт, – 1990. – 167 с.
5. Жураев М., Юсуфханов Z., Akhmedov D. Modeling the system of vehicle and activity // Universum: технические науки. –2022. – №1-3 (94). – С. 71-73.
6. Гудков В.А., Федотов В.Н., Жирков Р.А., Богданова Е.В. Подготовка водителей пассажирского автотранспорта и безопасность дорожного движения // Безопасность жизнедеятельности. – 2008. – №2. – С. 12–15.
7. Jamous Wael, Chandra Balijepalli. Assessing travel time reliability implications due to roadworks on private vehicles and public transport services in urban road networks // Journal of traffic and transportation engineering. – 2018. – Vol. 5. – P. 296-308.
8. Гусаров, М.В. Исследование надежности водителя как элемента комплексной системы дорожного движения города // Новые информационные технологии в научных исследованиях: материалы XXI Всерос. науч.-техн. конф. - Рязань: Рязанский государственный радиотехнический университет. – 2016. – С. 63-64.
9. Шатунова О.В., Искандарова Г.К. Надежность водителя как фактор безопасности дорожного движения // Транспортное дело России. – 2016. - №3(124). – С. 116-118.
10. Романов А.Н., Пегин П.А. Надёжность водителя // – Хабаровск: ТОГУ, – 2006. – 376 с.
11. Клебельсберг, Д. Транспортная психология / под ред. Мазуркевича В.Б. – М.: Транспорт, 1989. - пер. с нем. – 368 с.
12. Щербинин, Ю.Ф. Наука и безопасность движения // Автотранспортное предприятие. – 2011. – №3. – С. 51-53.
13. Rothe, J.P. Driving lessons: exploring systems that make traffic safer Edmonton // University of alberta press. – 2002. – 32 p.
14. Коноплянко, В.И. Основы управления автомобилем и безопасность движения // М.: ДОСААФ, 1989. – 224 с.
15. Алексеев Л.А., Кузнецов Ю.А. Физиология водителя и ее влияние на безопасность дорожного движения // Автотранспортное предприятие. – 2014. – №1. – С. 16-18.
16. Виноградов, Е.С. Методика упражнений по оценке скорости, точности и надежности реакции водителя: Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2021681806, 27.12.2021. Заявка № 2021681032 от 16.12.2021.
17. Кузнецов, В.А. Проблема надежности при подготовке водителей // Вестник Удмуртского университета. – 2017. – Т.27 (2). – С. 233–240
18. Агеев Е.В., Новиков А.Н., Виноградов Е.С. Методика определения оптимального времени тренажерной подготовки кандидатов в водители» // Мир транспорта и технологических машин. – 2021. – №3(74). – С. 94-101.
19. Агеев Е.В., Новиков А.Н., Виноградов Е.С. Модель восприятия дорожной ситуации на первоначальном этапе подготовки // Мир транспорта и технологических машин. – 2021. – №2(73). – С. 99-105.
20. Ageev E., Vinogradov E., Novikov A. Application of digital learning in the vehicle operator training system // IOP Conference series: earth and environmental science. – 2021. – Vol. 666 (6). – P. 062001.

Агеев Евгений Викторович

Юго-Западный государственный университет

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

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

E-mail: ageev_ev@mail.ru

Виноградов Евгений Сергеевич

Юго-Западный государственный университет

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

Аспирант

E-mail: ganek09@rambler.ru

E.V. AGEEV, E.S. VINOGRADOV

METHODOLOGY FOR THE STUDY OF PARAMETERS OF THE CADET-CAR SUBSYSTEM

Abstract. This article discusses the characteristics that affect the reliability of the subsystem «Cadet-Car» (C-C), «Driver-Car» (D-C), defines the types of possible failures manifested in cadets associated with driving a vehicle. The method of diagnostics of the criterion of reliability of a cadet when performing operator work is presented, which is determined by the error-free reading of information using a digital simulator complex, depending on the time that the cadet has when performing exercises, at the initial stage of practical training in the training center.

Keywords: reliability, cadet, car, road, traffic environment, error-free digital training complex

BIBLIOGRAPHY

1. Savchenko V.V., Librovich V.V. Classification of table semantically binary relevant information for drivers in highly automated vehicles // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Automobile Scientific Forum, IASF 2019 «Technologies and Components of Land Intelligent Transport Systems». - 2020. - R. 012042.
2. Skvortsova, T.V. Povyshenie nadezhnosti zvena «Voditel» v sisteme «Voditel'-avtomobil'-Doroga sreda» // Voronezhskiy nauchno-tekhnicheskii Vestnik. - 2012. - T. 1. - №1. - S. 26-33.
3. Rotenberg, R.V. Osnovy nadezhnosti sistemy voditel' - avtomobil' - doroga - sreda - M.: Mashinostroenie, - 1986. - 216 s.
4. Mishurin, V.M., Nadzhnost' voditelya i bezopasnost' dvizheniya - M.: Transport, - 1990. - 167 s.
5. Zhuraev M., Yusufkhanov Z., Akhmedov D. Modeling the system of vehicle and activity // Universum: tekhnicheskie nauki. -2022. - №1-3 (94). - S. 71-73.
6. Gudkov V.A., Fedotov V.N., Zhirkov R.A., Bogdanova E.V. Podgotovka voditeley passazhirskogo avto-transporta i bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya // Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti. - 2008. - №2. - C. 12-15.
7. Jamous Wael, Chandra Balijepalli. Assessing travel time reliability implications due to roadworks on private vehicles and public transport services in urban road networks // Journal of traffic and transportation engineering. - 2018. - Vol. 5. - P. 296-308.
8. Gusarov, M.V. Issledovanie nadezhnosti voditelya kak elementa kompleksnoy sistemy dorozhnogo dvizheniya goroda // Novye informatsionnye tekhnologii v nauchnykh issledovaniyakh: materialy XXI Vseros. nauch.-tekhn. konf. - Ryazan': Ryazanskii gosudarstvennyi radiotekhnicheskii universitet. - 2016. - S. 63-64.
9. Shatunova O.V., Iskandarova G.K. Nadezhnost' voditelya kak faktor bezopasnosti dorozhnogo dvi-zheniya // Transportnoe delo Rossii. - 2016. - №3(124). - S. 116-118.
10. Romanov A.N., Pegin P.A. Nadiozhnost' voditelya // - Habarovsk: TOGU, - 2006. - 376 s.
11. Klebel'sberg, D. Transportnaya psikhologiya / pod red. Mazurkevicha V.B. - M: Transport, 1989. - per. s nem. - 368 s.
12. Shcherbinin, YU.F. Nauka i bezopasnost' dvizheniya // Avtotransportnoe predpriyatie. - 2011. - №3. - S. 51-53.
13. Rothe, J.P. Driving lessons: exploring systems that make traffic safer Edmonton // University of alberta press. - 2002. - 32 r.
14. Konoplyanko, V.I. Osnovy upravleniya avtomobilem i bezopasnost' dvizheniya // M.: DOSAAF, 1989. - 224 s.
15. Alekseev L.A., Kuznetsov YU.A. Fiziologiya voditelya i ee vliyaniye na bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya // Avtotransportnoe predpriyatie. - 2014. - №1. - S. 16-18.
16. Vinogradov, E.S. Metodika uprazhneniy po otsenke skorosti, tochnosti i nadezhnosti reaktivnoy voditelya: Svidetel'stvo o registratsii programmy dlya EVM 2021681806, 27.12.2021. Zayavka № 2021681032 ot 16.12.2021.
17. Kuznetsov, V.A. Problema nadezhnosti pri podgotovke voditeley // Vestnik Udmurtskogo universiteta. - 2017. - T.27 (2). - S. 233-240
18. Ageev E.V., Novikov A.N., Vinogradov E.S. Metodika opredeleniya optimal'nogo vremeni trenazhernoy podgotovki kandidatov v voditeli // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2021. - №3(74). - S. 94-101.
19. Ageev E.V., Novikov A.N., Vinogradov E.S. Model' vospriyatiya dorozhnoy situatsii na pervonachal'nom etape podgotovki // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2021. - №2(73). - S. 99-105.
20. Ageev E., Vinogradov E., Novikov A. Application of digital learning in the vehicle operator training system // IOP Conference series: earth and environmental science. - 2021. - Vol. 666 (6). - P. 062001.

Ageev Evgeny Viktorovich

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

Vinogradov Evgeny Sergeevich

South-West State University
Address: 305040, Russia, Kursk, 50 years of October str., 94
Postgraduate
E-mail: ganek09@rambler.ru

Научная статья
УДК 656.052, 629.3
doi:10.33979/2073-7432-2022-2(78)-3-119-124

Г.П. БЫКОВА

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ СТАНДАРТЫ ЛОГИСТОВ ЗА РУБЕЖОМ КАК ОДИН ИЗ ИНСТРУМЕНТОВ ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ТРАНСПОРТЕ

Аннотация. Исследованы данные о профессиональных стандартах в логистике за рубежом: действующие стандарты различного уровня, участники формирования стандартов, структура профессиональных стандартов, уровни профессиональной квалификации и минимальные (не уменьшаемые) требования к компетенциям, структурированные по уровням квалификации. Приведен критический анализ применимости зарубежного опыта формирования профессиональных стандартов в логистике.

Ключевые слова: профессиональный стандарт, логистика, логистическая операция, профессиональные компетенции

Введение

Целью работы является систематизация данных о профессиональных стандартах в сфере логистики за рубежом. В перечень искомых данных включены: действующие профессиональные стандарты общегосударственного уровня; профессиональные стандарты корпоративного уровня; участники формирования профессиональных стандартов; сфера транспорта и логистики, для которой сформированы профессиональные стандарты; структура профессиональных стандартов; введенный в действие документ, систематизирующий профессиональные стандарты в сфере логистики; уровни профессиональной квалификации; минимальные (не уменьшаемые) требования к компетенциям, структурированные по уровням квалификации.

Профессиональные стандарты используются в любой сфере деятельности, включая логистику. В сфере логистики профессиональные стандарты позволяют ввести единообразные требования работодателей к работникам, а также систематизировать и классифицировать условия выполнения трудовых функций. Тем самым работодатели получают удобную, единообразно понимаемую, прозрачную основу для оценивания квалификации работников, в том числе их пригодность к выполнению логистических операций с использованием цифровых технологий. Кроме того, профессиональные стандарты (по сути представляющие систему требований работодателей к компетенциям работников в сфере транспорта) целесообразно использовать в сфере профессионального образования и повышения квалификации работников – как основу для последующей (после введения стандартов в действие) разработки программ и курсов.

Важно отметить, что образовательный контент, программы подготовки персонала в сфере логистики и методики проверки квалификации работников не равны профессиональным стандартам. Более того, имеет место жесткая и логичная последовательность – вначале формируется профессиональный стандарт на основе требований работодателей, а уже затем – на основе стандарта разрабатывается содержание и методики профессиональной подготовки или повышения квалификации персонала.

Профессиональные стандарты разрабатываются во всех странах, в том числе и у нас. К сожалению, профессиональные стандарты в сфере логистики, действующие в настоящее время в нашей стране (принятые в 2014 году) [4-6] не отвечают в полной мере ни действующим нормативным правовым актам (НПА) [1-3], ни нынешнему состоянию требований к транспортной отрасли и логистике.

В связи с этим анализ зарубежного опыта помог бы выявить порядок формирования профессиональных стандартов, их структуру и уровень действия в сфере логистики.

Материал и методы

Материалы исследования включали анализ НПА в нашей стране [1-3, 12-13], в сфере разработки профессиональных стандартов. Согласно им, профессиональные стандарты должны разрабатываться работодателями, а не образовательными организациями. Это крайне важный аспект, поскольку в противном случае в стандарт включается то, чему привыкли учить, а не то, что действительно нужно работодателям. В частности, склад в современной логистике может эффективнее работать при использовании WMS (Система управления складом), то есть ра-

ботники склада должны обладать компетенциями: знать, понимать, владеть, использовать цифровые технологии при выполнении логистических операций.

В работе также использован собственный опыт участия в выполнении государственных контрактов по профессиональным стандартам в сфере транспорта (стандартам водителей автотранспортных средств различных категорий и подкатегорий) и соответствующие публикации, а также опыт работы в Международном союзе автомобильного транспорта, объединяющем ассоциации международных автомобильных перевозчиков более 70 стран мира (включая АСМАП – российскую ассоциацию международных автомобильных перевозчиков) и аналитику барьеров на пути развития международных автомобильных перевозок (одной из причин которых является отсутствие единых профессиональных стандартов работников, в частности, водителей) [7-11].

В работе использованы методы системного анализа материалов зарубежных организаций, включая ассоциации работодателей, бизнес, профсоюзы, социальные организации, органы регулирования в сфере транспорта, органы регулирования в сфере труда и защиты интересов работников [14-20].

Теория

В результате анализа профессиональных стандартов в сфере логистики, действующих в настоящее время в нашей стране [4-6], была получена аргументация потребности в их существенной переработке в силу не соответствия в полной мере:

- действующим НПА, поскольку они разработаны образовательной организацией и не являются систематизированными требованиями работодателей;
- современной логистике (характеризующейся длинными цепями поставок и использованием нескольких видов транспорта), поскольку она невозможна без операций складирования (в стандартах отсутствуют трудовые функции работников склада, требования к выполнению логистических операций на складе и, соответственно, к компетенциям работников склада);
- нынешнему состоянию требований к транспортной отрасли и логистике, поскольку работникам нужны компетенции использования цифровых технологий при выполнении логистических операций.

Очевидно, что все эти недостатки ныне действующих профессиональных стандартов в сфере логистики обусловлены тем, что не работодатели разрабатывали стандарты, их вовлечение было косвенным, их требования к работникам не стали основой стандартов. Тем полезнее исследовать зарубежный опыт использования работодателей при разработке профессиональных стандартов.

Оценка приемлемости этого опыта и соответствующее его использование заложит основу для дальнейшей работы по совершенствованию или даже кардинальной переработке профессиональных стандартов в сфере логистики.

Анализ документации по профессиональным стандартам работников, занятых в службах логистики за рубежом (по 25 странам Европейского Союза и по странам Северной Америки) позволил прийти к следующим выводам: национальных (то есть общегосударственных) стандартов в сфере логистики нет ни в одной стране. Но при этом активно разрабатываются и принимаются профессиональные стандарты в сфере логистики на корпоративном уровне, а также ассоциациями транспортных операторов, профессиональными союзами и другими объединениями работодателей в разных секторах транспорта и логистики.

Интерес как крупных логистических компаний, так и ассоциаций в сфере логистики за рубежом к профессиональным стандартам работников очевиден и, безусловно, имеет под собой экономическую основу.

Прежде всего, ассоциации логистов и крупные «игроки» рынка логистических услуг заинтересованы в создании и поддержании условий честной конкуренции в данном секторе хозяйственной деятельности, а одним из условий этого является разработка и принятие для всех «игроков» равных, то есть унифицированных условий и требований, в частности – требований к персоналу логистических служб. Кроме того, принятие корпоративных профессиональных стандартов позволяет менеджерам логистических служб оценивать работников по объективным критериям, коими являются требования профессионального стандарта, а также осуществлять профессиональный отбор и подбор персонала логистических служб. И логиче-

ский и экономический интерес именно работодателей, а не образовательных организаций, обусловлен тем, что от качества работы персонала зависит имидж логистической компании, спрос на ее услуги на рынке и, следовательно, устойчивость и живучесть этого бизнеса.

Выполненный анализ документации, упомянутый выше, также позволил выявить общее ядро корпоративных профессиональных стандартов, типичное для подавляющего большинства ассоциаций логистики не зависимо от страны, в которой ведется логистический бизнес. В связи с этим далее, для примера, изложим подробнее основные положения профессионального стандарта Ассоциации логистики Великобритании, как типичного представителя данного бизнеса за рубежом.

Общие положения. Ассоциацией логистики введена специальным документом «Национальная профессиональная квалификация в сфере логистики (NPQ)». Она охватывает все логистические процессы, начиная от погрузки товаров, доставки грузов, складирования, заканчивая распределением (дистрибуцией) и другими логистическими процессами и операциями. NPQ является документом, признаваемым подавляющим большинством работников сферы логистики, поскольку они состоят в Ассоциации. Эта квалификация присваивается тем работникам, которые доказали, что их знания, навыки, умения и другие компетенции достаточны для понимания всех особенностей порученной им работы. Такое доказательство осуществляется посредством тестирования (или экзаменов – выбор формы доказательства зависит от вида работы специалиста в сфере логистики) и позволяет судить об уровне компетентности работника в определенной области логистики. Перечень знаний, навыков и умений разработан и периодически модернизируется Ассоциацией логистов не только с учетом современных требований к работникам, но и с прицелом на перспективу в связи с изменением технологий логистических операций, применяемой техники, оборудования и т.п., а также потребности в компетенциях использования цифровых технологий, особенно в сфере логистики складирования.

Описание национальной профессиональной квалификации в сфере логистики. Национальная профессиональная квалификация в сфере логистики подразделяется на три уровня и охватывает требования как к персоналу логистических компаний, работающих в сфере распределения грузов (доставки, дистрибуции), так и в сфере логистики складирования. NPQ имеет универсальную сферу применения, поэтому применима к выполнению логистических операций и с обычными коммерческими грузами (то есть при выполнении процессов доставки за плату или вознаграждение), и с «внутренней» продукцией производственно-сбытовых предприятий (то есть при выполнении трансформационных операций и процессов перемещения материальных потоков на производстве от сырья и материалов до готовой продукции), и с перемещением готовой продукции в сферу оптовой и розничной торговли.

Первый квалификационный уровень присваивается специалистам, которые работают в качестве помощника логиста. Эти специалисты должны показать достаточный уровень компетентности (набрать определенное число баллов в ходе экзамена или тестирования) по трем обязательным темам и не менее чем по трем из шести дополнительных тем, чтобы получить соответствующий квалификационный сертификат. Перечень тем утверждается Ассоциацией логистов и охватывает, как минимум, три самых важных:

- приемы и технологии эффективной работы;
- охрана труда и соблюдение правил безопасности на рабочем месте;
- режим труда и отдыха.

Второй квалификационный уровень присваивается специалистам, которые работают в качестве операционного (производственного) логиста. Поскольку принцип построения квалификаций – модульный, то второй квалификационный уровень представляет собой расширение требований предыдущего квалификационного уровня. Эти специалисты должны показать достаточный уровень компетентности (набрать определенное число баллов в ходе экзамена или тестирования) по четырем обязательным темам и не менее чем по пяти из пятнадцати дополнительных тем, чтобы получить соответствующий квалификационный сертификат. Краткая характеристика содержания четырех обязательных тем:

- приемы и технологии эффективной работы в коллективе с выполнением управленческих функций среднего уровня сложности;

- компетентность (знание, понимание, умения, навыки) в сфере применяемой техники и технологий в логистике, включая компетентность в сфере цифровых технологий;
- охрана труда и соблюдение правил безопасности на рабочем месте;
- режим труда и отдыха.

Третий квалификационный уровень присваивается специалистам, которые работают в качестве менеджера по логистике или в качестве супервайзера (контролера) выполнения логистических операций. Следуя тому же модульному принципу – третий квалификационный уровень представляет собой расширение требований предыдущего квалификационного уровня. Эти специалисты должны показать достаточный уровень компетентности (набрать определенное число баллов в ходе экзамена или тестирования) по трем обязательным темам и не менее чем по шести из пятнадцати дополнительных тем, чтобы получить соответствующий квалификационный сертификат. Краткая характеристика содержания четырех обязательных тем:

- налаживание и поддержание эффективных (с точки зрения ведения логистического бизнеса) связей и с работниками, и клиентами и потребителями услуг логистической компании;
- компетентность в сфере применяемой техники и технологий в логистике, включая компетентность в сфере цифровых технологий;
- охрана труда и соблюдение правил безопасности на рабочем месте;
- режим труда и отдыха.

Как видим из проведенного анализа документации по профессиональным стандартам работников, занятых в службах логистики за рубежом, в значительной мере эти стандарты опираются на действующий в стране перечень специальностей (профессий) работников. Так перечень профессий рабочих, занятых в сфере логистики за рубежом, гораздо более подробный, чем в России, и однозначно связан с охватом полного спектра логистических работ.

В связи с этим, разработка и принятие профессиональных стандартов логистов в нашей стране потребует вначале разработку и согласование с Министерством труда и социальной защиты Российской Федерации расширенного перечня специальностей (профессий) работников, занятых в сфере логистики, с последующим внесением в ныне действующие квалификационные справочники – Единый тарифно-квалификационный справочник работ и профессий рабочих (ЕТКС) и другие нормативные правовые акты в сфере труда.

Результаты и обсуждение

Исследован зарубежный опыт формирования профессиональных стандартов логистов за рубежом, с акцентом на использование стандартов в качестве одного из возможных инструментов внедрения цифровых технологий на транспорте посредством проверки и обеспечения соответствующих компетенций специалистов в логистике.

В исследовании раскрыта структура профессиональных стандартов логистов за рубежом (подробности приведены на примере одной из стран). Продемонстрирована нормативная правовая основа разработки профессиональных стандартов логистов.

Значимость результатов исследования обусловлена тем, что в настоящее время в нашей стране нет профессиональных стандартов работников, занятых в сфере логистики, основанных на систематизации требований работодателей (логистического бизнеса). В связи с этим зарубежный опыт использования экспертизы работодателей (в виде не только их непосредственного участия, но и явного учета их требований к компетенциям работников) при формировании профессиональных стандартов в сфере логистики, компактно изложенный в исследовании, дает еще одну из возможностей совершенствования профессиональных стандартов.

Негативный аспект проанализированного зарубежного опыта связан с тем, что профессиональные стандарты пока разрабатываются только для грузового автотранспорта. Поскольку логистика пассажирских перевозок, имея социальный аспект, важна для нашей страны, использование проанализированного зарубежного опыта имеет ограниченное применение.

Выводы

Профессиональные стандарты в сфере логистики одновременно разрабатываются в большинстве развитых стран, включая нашу страну.

В любых странах законодательство однозначно предусматривает разработку профессиональных стандартов на основе систематизированных требований работодателей. В нашей стране имеет место противоречие действующим НПА, а именно профессиональные стандарты в сфере логистики разработаны образовательной организацией.

За рубежом общегосударственных стандартов в сфере логистики нет ни в одной стране. Но при этом активно разрабатываются и принимаются профессиональные стандарты в сфере логистики на корпоративном уровне, а также ассоциациями транспортных операторов, профессиональными союзами и другими объединениями работодателей в разных секторах транспорта и логистики. Открытые зарубежные публикации и сайты участников разработки профессиональных стандартов логистов позволили выявить структуру стандартов, состав профессиональной квалификации логистов и ее уровни, а также соответствующие компетенции работников.

В целом из анализа зарубежного опыта извлечены полезные подробности разработки профессиональных стандартов, но при этом выявлено, что они пригодны только для грузового автотранспорта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О правилах разработки и утверждения профессиональных стандартов: Постановление Правительства Российской Федерации от 22.01.2013 №23.
2. О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 22 января 2013 г. №23: Постановление Правительства Российской Федерации от 13.05.2016 №406.
3. О внесении изменений в Правила разработки и утверждения профессиональных стандартов: Постановление Правительства Российской Федерации от 27.10.2021 №1843.
4. Об утверждении профессионального стандарта «Специалист по логистике на транспорте: Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2014 №616н.
5. О внесении изменений в некоторые профессиональные стандарты, утвержденные Приказами Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации: Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 12.12.2016 №727н.
6. Изменения, вносимые в некоторые профессиональные стандарты, утвержденные Приказами Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации: Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 22.10.2021 №273н.
7. Быкова, Г.П. Системный анализ зарубежного опыта регулирования подготовки профессиональных водителей автотранспортных средств // Прогрессивные технологии в транспортных системах: Евразийское сотрудничество: сб. материалов XV междунар. научно-практической конф. – Оренбург. - 2020. – С. 108-116.
8. Быкова, Г.П. Разработка профессиональных стандартов водителей как одна из мер по упрочению безопасности дорожного движения // Автотранспортное предприятие. - 2013. - №8. – С. 9-11.
9. Быкова, Г.П. Разработка профессиональных стандартов водителей транспортных средств всех видов // Автотранспортное предприятие. - 2013. - №12. – С. 3-7.
10. Быкова, Г.П. Компетенции профессиональных водителей как целевой блок программ их подготовки // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах. Инновации: ресурс и возможности: сб. докладов десятой междунар. научно-практической конф. – СПб.: СПб гос. архит.-строит. ун-т, 2012. – С. 247-250.
11. Быкова, Г.П. Подходы к оценке коэффициента открытости рынка международных автомобильных перевозок в государствах-участниках СНГ // Вестник Московского автомобильно-дорожного института (государственного технического университета) МАДИ (ГТУ). - 2005. - №4. – С. 84-89.
12. Сайт Министерства транспорта Российской Федерации, раздел документы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mintrans.gov.ru/documents>
13. Сайт Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации, раздел документы, подраздел Приказы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://mintrud.gov.ru/docs#tab_doc_2
14. European Association for Forwarding, Transport, Logistics and Customs Services (CLECAT) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.clecat.org/organisation>
15. IRU - International Road Transport Union (World Road Transport Organisation) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.iru.org>
16. ETUC - European Trade Union Confederation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.etuc.org>
17. UNICE - Union of Industrial and Employer's Confederations of Europe - Council of the European Union Directive 96/34/EC of 3 June 1996 on the Framework Agreement on Parental Leave concluded between the Union of Industrial and Employers' Confederations of Europe (UNICE), the European Centre of Enterprises with Public Participation (CEEP) and the European Trade Union Confederation (ETUC)
18. FTA - Freight Transport Association [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://logistics.org.uk>
19. ASCM – Association for Supply Chain Management [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ascm.org>
20. UNECE – The United Nations Economic Commission for Europe [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://unece.org>

Быкова Галина Павловна

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

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

К.т.н., доцент, доцент кафедры

E-mail: rdcd@mail.ru

G.P. BYKOVA

PROFESSIONAL STANDARDS IN LOGISTICS ABROAD AS AN INSTRUMENT TO ENFORCE DIGITAL TECHNOLOGIES IN TRANSPORT

Abstract. Information about professional standards in logistics abroad was investigated: being in force standards for different levels, participants that have created standards, structure of professional standards, levels of professional qualification, as well as minimal (irreducible) requirements for competences that were structured per qualification levels. Critical overview analysis is submitted as far as applicability of foreign experience in creation of professional standards in logistics.

Keywords: professional standard, logistics, logistic operation, professional competences

BIBLIOGRAPHY

1. O pravilakh razrabotki i utverzhdeniya professional'nykh standartov: Postanovlenie Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 22.01.2013 №23.
2. O vnesenii izmeneniy v postanovlenie Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 22 yanvarya 2013 g. №23: Postanovlenie Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 13.05.2016 №406.
3. O vnesenii izmeneniy v Pravila razrabotki i utverzhdeniya professional'nykh standartov: Postanovlenie Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 27.10.2021 №1843.
4. Ob utverzhdenii professional'nogo standarta «Spetsialist po logistike na transporte: Prikaz Ministerstva truda i sotsial'noy zashchity Rossiyskoy Federatsii ot 08.09.2014 №616n.
5. O vnesenii izmeneniy v nekotorye professional'nye standarty, utverzhdenные Prikazami Ministerstva truda i sotsial'noy zashchity Rossiyskoy Federatsii: Prikaz Ministerstva truda i sotsial'noy zashchity Rossiyskoy Federatsii ot 12.12.2016 №727n.
6. Izmeneniya, vnosimye v nekotorye professional'nye standarty, utverzhdenные Prikazami Ministerstva truda i sotsial'noy zashchity Rossiyskoy Federatsii: Prikaz Ministerstva truda i sotsial'noy zashchity Rossiyskoy Federatsii ot 22.10.2021 №273n.
7. Bykova, G.P. Sistemnyy analiz zarubezhnogo opyta regulirovaniya podgotovki professional'nykh voditeley avtotransportnykh sredstv // Progressivnye tekhnologii v transportnykh sistemakh: Evraziyskoe sotrudnichestvo: sb. materialov XV mezhdunar. nauchno-prakticheskoy konf. - Orenburg. - 2020. - S. 108-116.
8. Bykova, G.P. Razrabotka professional'nykh standartov voditeley kak odna iz mer po uprocheniyu bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya // Avtotransportnoe predpriyatie. - 2013. - №8. - S. 9-11.
9. Bykova, G.P. Razrabotka professional'nykh standartov voditeley transportnykh sredstv vseh vidov // Avtotransportnoe predpriyatie. - 2013. - №12. - S. 3-7.
10. Bykova, G.P. Kompetentsii professional'nykh voditeley kak tselevoy blok programm ikh podgotovki // Organizatsiya i bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya v krupnykh goroda. Innovatsii: resurs i vozmozhnosti: sb. dokladov desyatoy mezhdunar. nauchno-prakticheskoy konf. - SPb.: SPb gos. arkhitekt.-stroit. un-t, 2012. - S. 247-250.
11. Bykova, G.P. Podkhody k otsenke koeffitsienta otkrytosti rynka mezhdunarodnykh avtomobil'nykh perevozk v gosudarstvakh-uchastnikakh SNG // Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo instituta (gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta) MADI (GTU). - 2005. - №4. - S. 84-89.
12. Sayt Ministerstva transporta Rossiyskoy Federatsii, razdel dokumenty [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <https://mintrans.gov.ru/documents>
13. Sayt Ministerstva truda i sotsial'noy zashchity Rossiyskoy Federatsii, razdel dokumenty, pod-razdel Priказы [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: https://mintrud.gov.ru/docs#tab_doc_2
14. European Association for Forwarding, Transport, Logistics and Customs Services (CLECAT) [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <https://www.clecat.org/organisation>
15. IRU - International Road Transport Union (World Road Transport Organisation) [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <https://www.iru.org>
16. ETUC - European Trade Union Confederation [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <https://www.etuc.org>
17. UNICE - Union of Industrial and Employer's Confederations of Europe - Council of the European Union Directive 96/34/EC of 3 June 1996 on the Framework Agreement on Parental Leave concluded between the Union of Industrial and Employers' Confederations of Europe (UNICE), the European Centre of Enterprises with Public Participation (CEEP) and the European Trade Union Confederation (ETUC)
18. FTA - Freight Transport Association [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <https://logistics.org.uk>
19. ASCM - Association for Supply Chain Management [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <https://www.ascm.org>
20. UNECE - The United Nations Economic Commission for Europe [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <https://unece.org>

Bykova Galina Pavlovna

Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI)

Address: 125319, Russia, Moscow, Leningradskiy Prospect, 64

Phd. (tech.), academic rank - associated professor, position - associated professor

E-mail: rdcd@mail.ru

Научная статья

УДК 658.583

doi:10.33979/2073-7432-2022-2(78)-3-125-132

Ж. БИГИРИМАНА, А.П. ПАВЛОВ

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ФОРМИРОВАНИЕ СПРОСА И ПРЕДЛОЖЕНИЯ НА РЫНКЕ АВТОТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА В УСЛОВИЯХ БУРУНДИ

Аннотация. Задачей представленной статьи является исследование факторов, влияющих на формирование спроса и предложения на рынке технического сервиса в условиях Бурунди, с целью создания необходимых технико-экономических условий для оказания услуг по поддержанию и повышению уровня работоспособности НТТС в формате разрабатываемой системы ТО и Р Бурунди. На основании полученных данных было установлено, что в случае, если предложение технического сервиса представляет собой более низкое качество, то происходит его замена на систему самообслуживания автолюбителями, что предопределяет ряд негативных социальных явлений, самым значимым из которых является низкий уровень безопасности эксплуатации НТТС. Эти факторы и все проблемы, непосредственно связанные с функционированием системы ТО и Р, были изучены и оценены. На основании анализа полученной информации удалось сформировать группу критериев для обоснования и разработки эффективной системы ТО и Р для условий Бурунди.

Ключевые слова: размещение авторемонтных предприятий, техническое и технологическое оснащение, работоспособность, надежность, обеспечение запасными частями, трудовые ресурсы, эффективность.

Введение

Эффективность использования транспорта в Бурунди формируется за счет развития: дорожной инфраструктуры; системы автотранспортных услуг, логистического сектора (озерные и речные порты); и терминалов аэропортов. Не имея выхода к морю, а также железных дорог, страна стремится создать систему внутренних и внешних связей через развитие дорожных сетей, и обеспечение необходимой в этом случае инфраструктуры технического сервиса всех видов НТТС. Такое направление решения логистических связей объясняет постоянно растущий спрос на приобретение в личную собственность автомобильного транспорта. Развитие пассажирских и грузопотоков вызывает необходимость увеличения количества автобусов, грузовиков для перевозки грузов и пассажиров не только по территории Бурунди, но и в субрегиональных странах, а это, в свою очередь, вызывает необходимость развития сферы технического сервиса и ремонта НТТС в государственных масштабах. Для обеспечения потребности в услугах по ТО и ремонту даже для уже имеющихся объемов НТТС в стране необходимо развивать и сеть СТО и ремонтных предприятий и модернизировать их техническую и технологическую оснащенность. На основании результатов предыдущих работ [2, 10] и данных официальных государственных источников, был сделан вывод о низком уровне развития в сфере услуг по ТО и Р, как с позиции их доступности, так и с позиции объемов и качества предлагаемых услуг. Для решения поставленной задачи по созданию государственной системы ТО и Р, необходимо выявить и провести оценку влияния различных факторов на формирование разрабатываемой системы ТО и Р для условий Бурунди, что и является целью работы.

Материал и методы

Анализ потребительского спроса является важной частью любого предприятия. Предприниматель, не уделяющий этому достаточного внимания, со временем рискует не только понести убытки из-за лишних запасов на складах, избытка нерентабельных работников и т. д., но и быть вынужденным закрыть свое дело. Поэтому оценивается на первом этапе, насколько продаваемый продукт рискованный, то есть может ли он стать невостребованным. Анализ рынка автосервисных услуг свидетельствует о том, что прогнозирование спроса на услуги этой отрасли является очень сложной задачей. Спрос может измеряться как в натуральных и условно-натуральных показателях (число заявок на ремонт и обслуживание автомобилей, затраты нормо-часов), так и в стоимостном выражении (общая стоимость выполненных услуг) [4]. Оказывается, на потребительский спрос на автотехнические услуги влияет множество различных факторов, поэтому необходимо выделить некоторые из них, и на ос-

новании результатов предыдущих работ [2, 10] и результатов работ, выполненных другими авторами [1, 3, 5, 6, 8, 11, 12] и статистических данных, анализировать их удовлетворенность с учетом осуществимости и возможности предложения автотехнических услуг в условиях Бурунди, и, соблюдая действующие нормативные тексты [15, 17], внести вклад в решение некоторых проблем, выявленных в отчетах [19], и препятствующих успеху установленных планов развития в секторе развития автосервисных услуг [20].

Теория

Эффективность управления спросом представляет собой одну из важных моделей определения эффективности управления маркетингом малого предприятия [7]. Формирование производственных мощностей автосервисных предприятий на основе расчета по наибольшему спросу со стороны потребителей, а не по среднему уровню спроса, способствует в целом удовлетворению спроса и увеличению доходов производителей автосервисных услуг [9].

Установлено что, на формирование спроса на услуги автотехнического сервиса оказывает влияние ряд следующих факторов [13]:

1. Экономический фактор

Современное состояние экономического сектора страны не позволяет вкладывать значительные средства в обновление и расширение парка НТТС, а потребность в этом постоянно увеличивается, без развития логистических процессов в стране практически невозможно обеспечивать требуемый уровень экономического развития. В силу географических условий и существующих традиций основным видом транспорта является автомобильный транспорт.

2. Парк автомобилей

Автомобильный транспорт является доминирующим видом как внутренних, так и внешних перевозок грузов и пассажиров в Бурунди. Это обеспечивается постоянно растущим парком транспортных средств благодаря импорту только подержанных НТТС. Объективно этот парк стареет и стареет очень быстро, а для поддержания его в работоспособном состоянии необходимо обеспечивать его техническое обслуживание и ремонт, что и вызывает необходимость расширения не только количества СТО и ремонтных предприятий, но и их технического совершенствования. Это подтверждается результатами выполненных исследований [2, 10].

Необходимо отметить, что национальное автомобилестроение отсутствует, автомобили всегда импортируются. Современные авторемонтные предприятия тоже отсутствуют, а у имеющихся их технологическая направленность не обеспечивает необходимую номенклатуру видов работ по ТО и Р и требуемые объемы этих услуг. Практически не выполняются капитальные ремонты не только НТТС в целом, но и даже их основных агрегатов, а это приводит к тому, что многие автомобили иногда списываются раньше срока из-за отсутствия возможности проведения капитального ремонта, в связи с отсутствием таких ремонтных предприятий. В Бурунди практически отсутствуют производственные мощности по изготовлению запасных частей для НТТС. Отсутствуют в стране и крупные логистические склады запасных частей, что вызывает значительные трудности со своевременным обеспечением запчастями и, соответственно увеличивает совокупные затраты на ТО и Р, за счет увеличения времени простоя в ожидании и не полноты технологической обеспеченности оказываемых услуг.

3. Интенсивность эксплуатации НТТС

Помимо неблагоприятных условий эксплуатации НТТС и практического отсутствия железнодорожного сообщения, в Бурунди, как отмечено выше, в эксплуатации находятся практически только подержанные автомобили [10]. На примере данных по АТП фирмы OTRACO, пробеги автобусов на момент их приобретения оказались уже значительными, и суточный пробег каждого автобуса также имеет большое значение, от 400 до 500 км. По данным управления эксплуатации фирмы OTRACO, каждый автобус в среднем эксплуатируется 20 дней в месяц, тогда среднегодовой пробег будет находиться в интервале от 96000 до 100000 км, что безусловно доказывает высокий уровень их эксплуатации. Такая интенсивная эксплуатация приводит к быстрому снижению их работоспособности, а ее поддержание и восстановление возможно только при развитой системе ТО и Р, которую необходимо создать. Высокая интенсивность эксплуатации характерна и для грузовиков, где среднесуточный пробег составляет около 300 км, а среднегодовой соответственно около 72000 км. Для легковых автомобилей характерным является среднесуточный пробег до 80 км и среднегодовой пробег соответственно примерно 29000 км. На рисунке 1 представлена гистограмма

среднесуточного и среднегодового пробега автобусов, грузовых автомобилей, и легковых автомобилей.

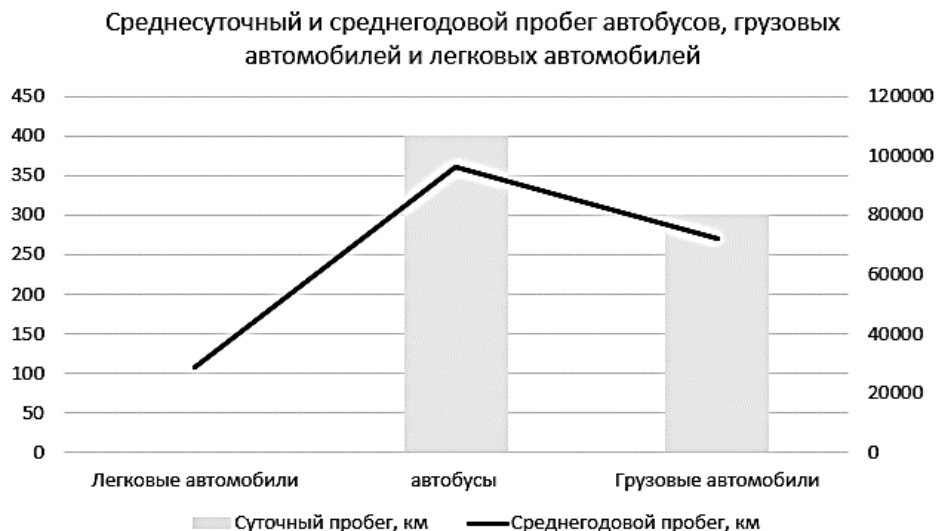


Рисунок 1 – Среднесуточный и среднегодовой пробег автобусов, грузовых автомобилей, и легковых автомобилей

4. Качество и комплектность оказываемых автомобильных сервисных услуг:

Для условий Бурунди на данном этапе развития характерным является формирование парка и изменение его структуры, за счет увеличения покупки дешевых автомобилей с высоким показателем «с пробегом», причем это относится для всех видов НТТС. При этом в Бурунди существует постоянно неудовлетворенный спрос на количество НТТС, который имеет тенденцию к росту, который с ростом экономических успехов постоянно увеличивается. Поэтому, парк НТТС не имеет ограничений по срокам службы их не списывают, а ремонтируют путем замены отдельных деталей и агрегатов, и даже несущего кузова или рамы, но это все производится не подготовленным или плохо подготовленными исполнителями, у которых зачастую отсутствуют профессиональные [10]. Поддержание качественного технического состояния таких автомобилей затруднено, так как практически отсутствует ПТБ, необходимое оборудование в должной номенклатуре, комплектующие и запасные части, и подготовленный персонал. Как известно низкий уровень качества технического сервиса, создает негативные предпосылки для низкого показателя безопасности дорожного движения и надежности самих НТТС. Для примера в таблице 1 представлены основные действующие предприятия автомобильного сервиса с перечнем услуг, которые они оказывают.

Таблица 1 – Существующие предприятия автомобильного сервиса и перечнем услуг, которые они оказывают

АВТОПРЕДПРИЯТИЯ	ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛУГИ
1	2
AUTOTECH	Капитальный ремонт двигателей, смазка, чистка и замена фильтров, чистка и замена свечи зажигания, регулировка или ремонт системы торможения, ремонт или замена амортизаторов, пневматические работы, мойка, замена и ремонт лобового стекла, предоставление и установка спутниковой геолокационной системы, продажа и аренда, техническое обслуживание и ремонт генераторных установок, изготовленный на заказ передний и задний металлический бампер, буксировочный, домашний ремонт (согласно договору), обслуживание и ремонт кондиционеров, компьютерная диагностика, ремонт и балансировка шин, технический предварительный контроль, кузовной ремонт и окраска, кондиционирование.

1	2
OTRACO	Контроль уровня жидкости, клеммы батареи, фонари, фильтры, шины, клаксоны, масла, потолочные светильники, приборную панель, управление: надколенником (подвесной шар, шарнир рулевого управления ...), рулевой кабиной, карданным подвесом, ремнем, тормозной системой, трансмиссионным сильфоном, проверка цапфы, гидравлического насоса, радиатора, распределительной головки, троса управления, трубопровода регулировка: педали, опора двигателя и коробки передач, опора кабины, дорожные испытания; затяжка болтов ... и т.д., замена различных частей и других изношенных деталей следованием инструкциям производителей автобусов, ревизия автобусных механических сборок, снятие и установка различных агрегатов автобусов, ремонт различных агрегатов автобусов, ремонт разных оборудования гаража, чистка различных оборудования, приспособлений и органов, сварка радиаторов, цистерны и других агрегатов автобусов.
TOYOTA	Периодическое техническое обслуживание, ремонт механических подсистем автомобилей, ремонт электрических и электронных подсистем, обслуживание системы кондиционирования, различные виды ремонта шин, балансировка колес, регулировка схождения, электронная диагностика, проверка состояния аккумулятора, зарядка и замена.

5. Плотность размещения СТО и специализированных ремонтных предприятий:

Предприятия автосервиса в Бурунди, только частные и располагаются в столице Бужумбуре. В основном это предприятия фирмы AUTOTECH, которые по своему техническому оснащению в значительной степени не соответствуют требованиям, предъявляемым к предприятиям такого рода. OTRACO – это государственное автомобильное транспортное предприятие (АТП) которое так же обеспечивает организацию услуг по техническому обслуживанию и ремонту исключительно для своих автобусов. Однако в OTRACO так же отсутствует необходимое оборудование в полном комплекте и соответственно не они не могут оказывать все необходимые виды услуг. Таким образом, на территории Бурунди наблюдается печально нехватка на рынке услуг по ТО и ремонту НТТС, да и те предприятия сосредоточены только в столице Бужумбуре, что и развивает направление «сделай сам» или DIY «Do it your self».

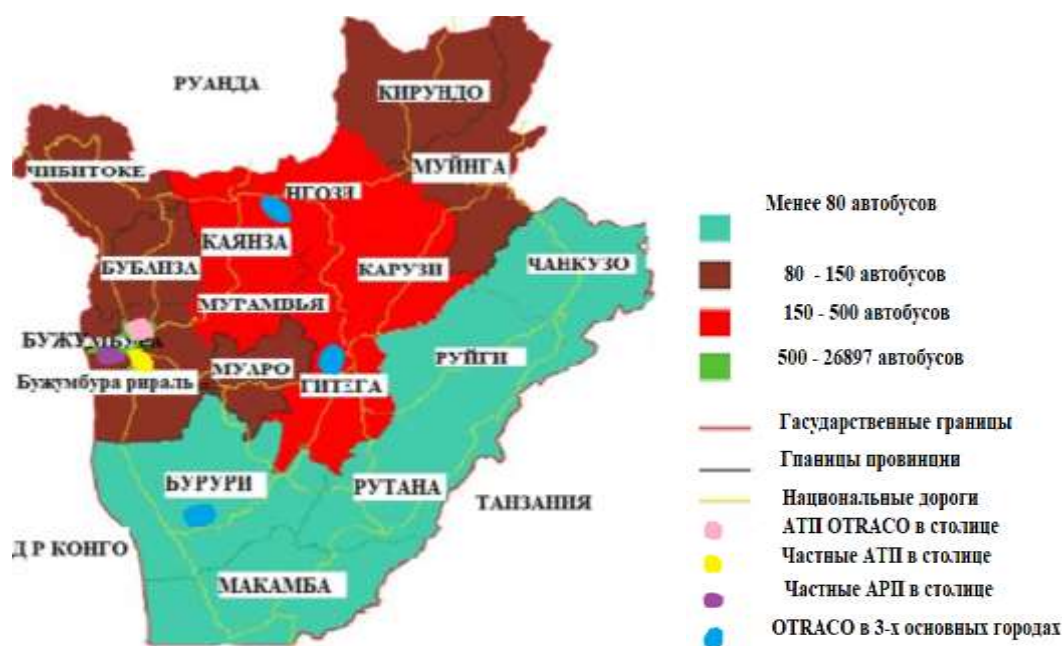


Рисунок 2 - Карта Бурунди с местами размещения предприятий АРП и АТП, плотностью распределения автобусов по провинциям и национальным дорогам

На рисунке 2 на карте Бурунди отмечены места размещения, существующих СТО и АТП в Бурунди, плотность распределения автобусов по провинциям и сеть национальных дорог. А на рисунке 3 представлена в виде гистограммы зависимость плотности населения и плотности распределения автобусов, легковых и грузовых автомобилей по провинциям.

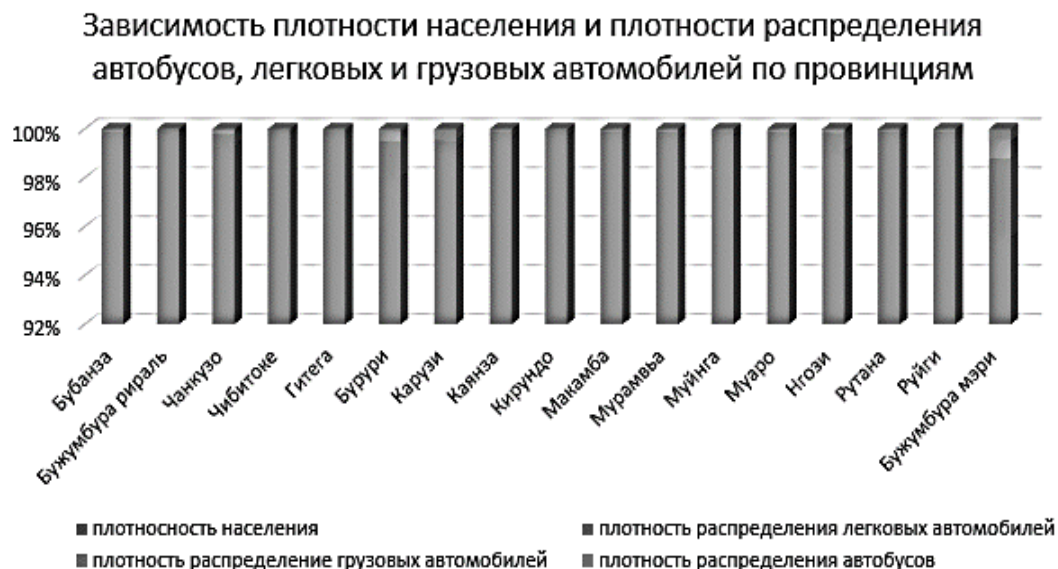


Рисунок 3 – Зависимость плотности населения и плотности распределения автобусов, легковых и грузовых автомобилей по провинциям

6. Доходы потребителей и уровень цены на услуги автосервиса:

Доход на душу населения в Бурунди увеличивался от 175 евро в 2010 г., до 274 евро в 2015 г. и упал до 209 в 2019 году из-за введения экономических санкций, которые страна испытала в этот период [24]. Необходимо отметить, что на территории страны проходят и международные коммерческие автомобили из Танзании, Кении, Демократической Республики Конго и Руанды, а это тоже требует развития технических услуг, так как может быть хорошей статьей дохода государственного бюджета. Ниже на рисунке 4 представлен график изменения доходов на душу населения с 2010 до 2020 год.

Доход на душу населения с 2010 по 2020 г.

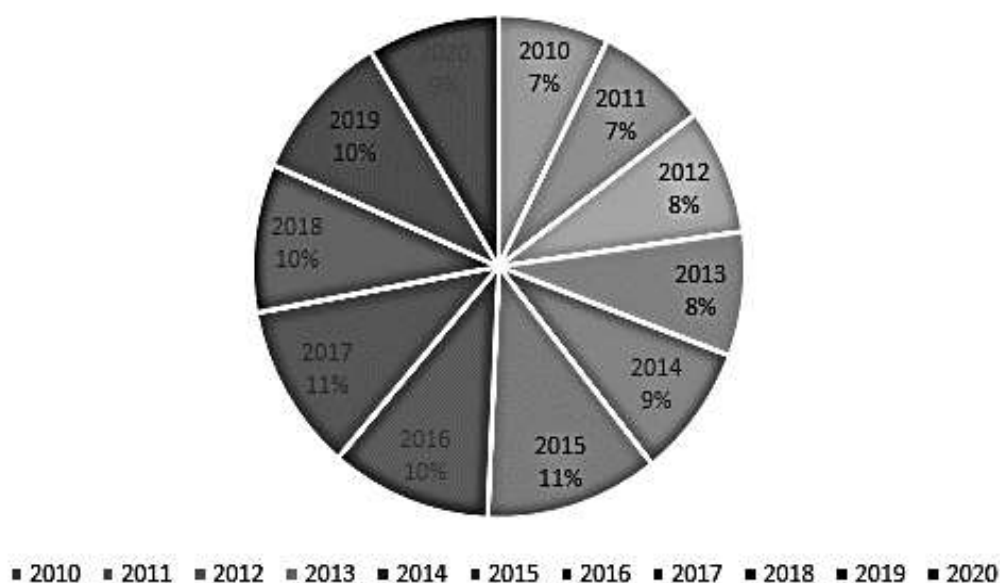


Рисунок 4 – График изменения доходов на душу населения с 2010 до 2020 г.

7. Надежность конструкции и качество автомобилей:

Это направление по обеспечению надежности автопарка страны, как представлено выше обеспечивается в Бурунди только за счет старых моделей НТТС. Т.е. ресурс автомобилей используется в полном объеме и еще больше в зависимости от качественного уровня снабжения запасными частями. Например, количество транспортных средств старше 15 лет и более в Бурунди составляет свыше 37% [2]. Такое положение дел вызывает необходимость роста спроса на услуги технического сервиса.

8. Качество горюче – смазочных материалов и запчастей:

Отсутствие государственного, да и вообще какого-то контроля, за качеством импортируемых горюче-смазочных материалов, так же способствует снижению уровня надежности техники и ускоренному выходу ее из строя. Кроме того, не соблюдение условий их хранения так же приводят к еще большему снижению уровня их качества. Оригинальные запасные части практически почти не доступны, их можно получить только по предварительному заказу, время исполнения которого вызывает не прогнозируемое увеличение простоев автотранспортных средств в ожидании ремонта. Для решения этих вопросов необходима закупка мобильных лабораторий для оценки качества топлива и масел, а также системы «входного контроля» качества запасных частей и создание складов для формирования научно-обоснованных запасов запасных частей.

9. Комплекс социальных условий:

Данный комплекс включает в себя следующие показатели [13]:

- демографическая характеристика населения. Бурунди является одной из самых густонаселенных стран в Африке. Общая численность населения в 2021 году составила 12255433 человек [18], плотность распределения по провинциям представлена на рисунке 3;

- структура занятости. Проект бесплатного начального образования для всех детей был запущен в 2006 году, который дал возможность любому бурундийскому ребенку получить доступ к начальному образованию, что заметно увеличило уровень образования среди молодежи [16]. Имея хороший уровень образования, позволяет организовать и профессиональное обучение на высоком уровне;

- среднее преодолеваемое расстояние и транспортная подвижность населения в совокупности с развитостью сети общественного транспорта. Транспортные связи между различными провинциями недостаточно развиты, автобусы либо отсутствуют, либо находятся на низком уровне технического состояния, когда транспортное средство ломается в этих удалённых от центра местах, практически невозможно найти помощь для ремонта или эвакуации.

На предложение автомобильных услуг, влияет ряд факторов макроуровня, формирующих внешние условия для организации данного бизнеса и его привлекательности [13]. Отсутствие адекватной нормативно-правовой базы, развития технологии, разработки нового оборудования для технического обслуживания и ремонта автомобилей, развития системы подготовки и переподготовки кадров, и др. формируют в условиях Бурунди низкое качество и количество предложений по техническому сервису.

Результаты и обсуждение

В ходе выполненного анализа было выявлено, что действующие условия в Бурунди обуславливают возрастание спроса на автотехнические услуги, а предложений по этим услугам очень минимизированы. Поэтому необходимо подчеркнуть, что увеличение объемов и качества этих услуг в Бурунди является весьма актуальной и масштабной задачей. Для решения поставленной задачи необходимо: наличие производственных помещений; наличие технического и технологического оснащения; наличие системы обеспечения запасных частей в ее полном объеме; наличие трудовых квалифицированных ресурсов, наличие технологического транспорта (тягачей) и распределение предприятий по ТО и Р в зависимости от плотности населения в провинциях, объемов транспорта в них, грузовых и пассажирских потоков и сети благоустроенных дорог.

Вывод

Дальнейшее направление научной работы будет связано с разработкой системы резервирования, разработкой ремонтных комплектов для обеспечения работоспособности НТТС в зависимости от их технического состояния, создания системы для транспортировки НТТС при отказах на ближайшее ремонтное предприятие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абалонин, С.М. Ценообразование - современные подходы: Ценовые факторы в деятельности автотранспортных предприятий: Учеб. пособие - М.: Транспорт, 2001. – 80 с.

2. Бигиримана Ж., Павлов А.П. Особенности условий эксплуатации автомобильного транспорта в Бурунди // Все материалы. Вестник МАДИ. – 2020. – №1(60). – С. 38-42.
3. Геронимус, Б.Л. Экономико-математические методы в планировании на автомобильном транспорте – М.: Транспорт, 1982. – 192 с.
4. Егорова Н.Е. Применение моделей и методов прогнозирования спроса на продукцию сферы услуг - М.: ЦЭМИ РАН, 2000.
5. Ерохина, Л.И. Основы организации обслуживания населения на предприятиях сферы сервиса - Тольятти, 2001.
6. Казакевич, Д.М. Производственно-транспортные модели в перспективном отраслевом планировании – М.: Экономика, 1972. – 294 с.
7. Казнахмедова Ф.М. Организационно-экономические основы управления развитием малого предпринимательства в среде бытовых услуг: Автореф. дис. ... канд. экон. наук. – Махачкала, 2009. – 25 с.
8. Карагодин В.И. Формирование и теоретическое обоснование основных направлений эффективного развития системы фирменного ремонта автомобилей: Дис. ... докт. техн. наук / М, 1997.
9. Караев Р.Х. Организационно-экономические аспекты развития рынка автосервисных услуг в условиях рыночной экономики (на материалах Республики Таджикистан): Автореф. дис. ... канд. экон. наук / Душанбе, 2016. – 26 с.
10. Павлов А.П., Бигиримана Ж. Особенности организации и работы системы технического обслуживания и ремонта автобусов и грузовых автомобилей в Бурунди // Все материалы. Вестник МАДИ. – 2022. – №1(68). – С. 17-21.
11. Перфилов А.С. Обеспечение работоспособности дорожно-строительных машин методом эксплуатационного резервирования с использованием ремонтных комплектов: Автореф. дис. ... канд. техн. наук / МАДИ, 2016. – 22 с.
12. Щетина В.А. Снабжение запчастями на автомобильном транспорте – М.: Транспорт, 1984. – 294 с.
13. Управление автосервисом: учебное пособие для студентов транспортных вузов / под ред. Л.Б. Миротина. – Москва: ЭКЗАМЕН, 2004. – 320 с
14. Country economy.com2027 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fr.countryeconomy.com/gouvernement/pib/burundi>
15. Decret № 100/094 du 09 Novembre 2020 portant réorganisation du ministère du commerce, du transport, de l'industrie et du tourisme.
16. Eduard J. Plan transitoire de l'éducation au Burundi 2018-2020 - Burundi, 2018. - 93 p.
17. Loi № 1/26 du 23 novembre 2012 portant code de la circulation routière.
18. Ndayishimiye N. Projections démographiques au niveau communal 2010-2050. - Burundi, ISTEUBU, 2020. – 422 p.
19. Omae Nyari. Rapport de l'observatoire de transport du corridor Nord, Mombassa, ACTTCN, 2021. – 126 p.
20. Plan national de développement du Burundi. PND Burundi 2018-2027 [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: <https://presidence.gov.bi/strategies-nationales/plan-national-de-developpement-du-burundi-pnd-burundi-2018-2027/>

Бигиримана Жувенал

МАДИ

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

Аспирант

Email: 89777058261@mail.ru

Алексей Петрович Павлов

МАДИ

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

К.т.н., доцент кафедры производства и ремонта автомобилей и дорожных машин

Email: 89037628407@mail.ru

J. BIGIRIMANA, A.P. PAVLOV

ANALYSIS OF THE FACTORS INFLUENCING THE FORMATION OF SUPPLY AND DEMAND ON THE MARKET OF AUTOMOBILE TECHNICAL SERVICE UNDER CONDITIONS OF BURUNDI

Abstract. *The objective of this article is to study the factors that influence the formation of supply and demand in the technical service market in the conditions of Burundi, in order to create the necessary technical and economic conditions for providing services in maintaining and improving performance's level of Ground transport and technological means in the format of the developed system of Maintenance and repairs in Burundi. Based on the data obtained, it was fixed that if the offer of a technical service is of a lower quality, then it is replaced by a self-service system by car*

enthusiasts, which predetermines a number of negative social phenomena, the most significant of which is the low level of safety in the operation of ground transport technological means. These factors and all problems which directly relate to the working of the Maintenance and Repair system have been studied and evaluated. Based on the analysis of the information received, it was possible to form a group of criteria for the justification and development of an effective system of maintenance and repair for the conditions of Burundi.

Keywords: placement of automobile repair enterprises, technical and technological equipment, efficiency, reliability, provision of spare parts, labor resources, performance

BIBLIOGRAPHY

1. Abalonin, S.M. Tsenoobrazovanie - sovremennyye podkhody: Tsenovyye faktory v deyatelnosti avto-transportnykh predpriyatiy: Ucheb. posobie - M.: Transport, 2001. - 80 s.
2. Bigirimana ZH., Pavlov A.P. Osobennosti usloviy ekspluatatsii avtomobil'nogo transporta v Burundi // Vse materialy. Vestnik MADI. - 2020. - №1(60). - S. 38-42.
3. Geronimus, B.L. Ekonomiko-matematicheskie metody v planirovanii na avtomobil'nom transporte - M.: Transport, 1982. - 192 s.
4. Egorova N.E. Primenenie modeley i metodov prognozirovaniya sprosa na produktsiyu sfery uslug - M.: TSEMI RAN, 2000.
5. Erokhina, L.I. Osnovy organizatsii obsluzhivaniya naseleniya na predpriyatiyakh sfery servisa - Tol'yatti, 2001.
6. Kazakevich, D.M. Proizvodstvenno-transportnye modeli v perspektivnom otraslevom planirovanii - M.: Ekonomika, 1972. - 294 s.
7. Kaznakmedova F.M. Organizatsionno-ekonomicheskie osnovy upravleniya razvitiem malogo predprinimatel'stva v srede bytovykh uslug: Avtoref. dis. ... kand. ekon. nauk. - Makhachakala, 2009. - 25 s.
8. Karagodin V.I. Formirovanie i teoreticheskoe obosnovanie osnovnykh napravleniy effektivnogo razvitiya sistemy firemnogo remonta avtomobiley: Dis. ... dokt. tekhn. nauk / M, 1997.
9. Karaev R.H. Organizatsionno-ekonomicheskie aspekty razvitiya rynka avtoservisnykh uslug v usloviyakh rynochnoy ekonomike (na materialakh Respubliki Tadzhikistan): Avtoref. dis. ... kand. ekon. nauk / Dushanbe, 2016. - 26 s.
10. Pavlov A.P., Bigirimana Zh. Osobennosti organizatsii i raboty sistemy tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta avtobusov i gruzovykh avtomobiley v Burundi // Vse materialy. Vestnik MADI. - 2022. - №1(68). - S. 17-21.
11. Perfilov A.S. Obespechenie rabotosposobnosti dorozhno-stroitel'nykh mashin metodom ekspluatatsionnogo rezervirovaniya s ispol'zovaniem remontnykh komplektov: Avtoref. dis. ... kand tekhn. nauk / MADI, 2016. - 22 s.
12. Shchetina V.A. Snabzhenie zapchastymi na avtomobil'nom transporte - M.: Transport, 1984. - 294 s.
13. Upravlenie avtoservisom: uchebnoe posobie dlya studentov transportnykh vuzov / pod red. L.B. Mirotina. - Moskva: EKZAMEN, 2004. - 320 s
14. Country economy.com2027 [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <https://fr.countryeconomy.com/gouvernement/pib/burundi>
15. Decret № 100/094 du 09 Novembre 2020 portant rorganisation du ministre du commerce, du transport, de l'industrie et du tourisme.
16. Eduard J. Plan transitoire de l'education au Burundi 2018-2020 - Burundi, 2018. - 93 p.
17. Loi № 1/26 du 23 novembre 2012 portant code de la circulation routiere.
18. Ndayishimiye N. Projections demographiques au niveau communal 2010-2050. - Burundi, ISTEPU, 2020. - 422 p.
19. Omay Nyari. Rapport de l'observatoire de transport du corridor Nord, Mombassa, ACTTCN, 2021. - 126 p.
20. Plan national de developpement du Burundi. PND Burundi 2018-2027 [Elektronnyy resurs]. - 2018. - Rezhim dostupa: <https://presidence.gov.bi/strategies-nationales/plan-national-de-developpement-du-burundi-pnd-burundi-2018-2027/>

Bigirimana Juvenal

MADI

Address: 125319, Russia, Moscow, Leningradsky prosp., 64

Postgraduate

Email: 89777058261@mail.ru

Aleksey Petrovich Pavlov

MADI

Address: 125319, Russia, Moscow, Leningradsky prosp., 64

Candidat of technical sciences

Email: 89037628407@mail.ru

Научная статья

УДК 656.1/5

doi:10.33979/2073-7432-2022-2(78)-3-133-142

И.В. МАКАРОВА, Г.Р. МАВЛЯУТДИНОВА,
Э.М. МУХАМЕТДИНОВ, Л.М. ГАБСАЛИХОВА

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ ЕДИНОГО ТРАНСПОРТНОГО ПРОСТРАНСТВА РОССИИ ЗА СЧЕТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК

Аннотация. Уровень развития транспортной инфраструктуры влияет на сохранение территориальной целостности России. В статье показано, что для создания единого транспортного пространства на территории РФ необходимо не только развитие дорожной сети, но и совершенствование транспортной инфраструктуры: создание сети автозаправочных станций и сервисных центров по обслуживанию автомобильной техники, в том числе и на газомоторном топливе, а также повышение качества обслуживания автовладельцев.

Ключевые слова: территориальная целостность, транспортная инфраструктура, автомобили на газомоторном топливе, система сервиса

Введение

Негативные процессы, вызванные кризисом мировой финансовой системы, приводят к изменениям товарно-денежных взаимоотношений между странами, что сказывается на функционировании логистической системы. Поиск новых рынков сбыта и формирование цепочек поставок становится важным фактором эффективного экономического развития России. В ответ на санкционное давление, Российская Федерация вынуждена трансформировать подходы к реализации концепции устойчивого развития, отталкиваясь от национальных конкурентных преимуществ.

В апреле текущего года, ввиду сложных отношений со странами Европы, Газпром был вынужден искать новые рынки сбыта и направил газовозы с сжиженным природным газом (СПГ) в Азию, нарастив объемы поставок в Китай и Индию. Азиатский газовый рынок является существенно перспективнее, ежегодные темпы его роста составляют 5-7 %. К 2025 году Газпром и НОВАТЭК должны построить 2 новых крупных завода по производству сжиженного природного газа (СПГ) на Ямале и в Ленинградской области. Это позволит удвоить экспортный потенциал СПГ. К 2025 году на полную мощность должен заработать газопровод «Сила Сибири», по которому Газпром будет поставлять природный газ в Китай в объеме 38 млрд.м³. В 2024 году Газпром должен начать поставки газа по новому газопроводу «Сила Сибири 3», что ещё на 10 млрд. м³ увеличит объем экспорта российского газа в Китай. Таким образом через пять лет объемы экспорта российского газа в Азию сравняются с текущими объемами экспорта голубого топлива в Европу.

Учитывая, что транспорт играет важную роль в стимулировании регионального развития, экономического роста и позволяет диверсифицировать экономику, необходимо инвестировать в развитие транспортной системы страны, обеспечивать реализацию проектов, имеющие кумулятивный эффект и механизмы, способствующие быстрой окупаемости и требующие минимальных затрат [1].

Материал и методы

Основополагающими документами по развитию транспортной системы страны являются «Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года» и государственная программа «Развитие транспортной системы», в которых отражены количественные параметры, показатели и направления развития различных видов транспорта России [2]. При этом важной характеристикой устойчивого развития России обозначено движение в направлении развития экономики/общества с низким уровнем выбросов («Зеленая революция», декарбонизация) [3].

Россия обладает всеми необходимыми ресурсами, чтобы обеспечить безуглеродное будущее с опорой на отечественные технологии и оборудование, с учетом региональных особенностей, для реального повышения качества жизни граждан нашей страны.

Использование природного газа как базового энергоресурса позволит укрепить конкурентоспособность отечественной продукции, снизить стоимость энергии и транспортно-логистических услуг, а также сдерживать рост цен на товары первой необходимости и пассажирские перевозки [4]. Газпром, Национальная газомоторная ассоциация, группа ГАЗ и другие представители отрасли в резолюции Всероссийского газомоторного форума от 21 апреля 2022 года предложили освободить заправки от НДС при продаже СПГ и КСПГ. Также предлагается обнулить транспортный налог для автомобилей, работающих на природном газе [5].

По прогнозам аналитиков, текущий мировой кризис послужит мощным стимулом не только для внешнего, но и для внутреннего развития регионов России, компаний-поставщиков, отечественных производителей и кратно нарастит потребление природного газа в качестве газомоторного топлива (ГМТ) в самое ближайшее время.

Главная задача текущего момента — перенаправить невостребованные на внешних рынках ресурсы на внутренний рынок для развития собственной экономики, включая производство промышленного оборудования для газовой отрасли и транспортных средств на ГМТ, систему сервиса для обеспечения их функционирования, и «тогда природный газ станет доминирующим видом топлива, который позволит соблюсти все поставленные правительством цели как с экологической, так и с экономической точки зрения».

Пути увеличения связанности территорий России

Сегодня доминирующую роль в обеспечении связности территорий России играют транспортные коридоры, как только проектируемые, так и уже существующие, но нуждающиеся в развитии и модернизации в соответствии с новыми целями и стратегией государственного развития. Консолидирующая роль транспортных коммуникаций рассматривается в таких документах, как Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года и Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года. С точки зрения территориальной целостности транспорт рассматривается как инструмент, предназначенный для повышения уровня экономической связанности российских регионов, доступности слаборазвитых и неосвоенных территорий, равномерного расселения, выравнивания уровня социально-экономического развития территорий и т.д.

Уровень развития транспортной инфраструктуры влияет на сохранение территориальной целостности России в более широкой системе социально-экономических предпосылок в целом и инфраструктурных факторов государственного единства в частности [6, 7]. Поскольку природный газ рассматривается в качестве моторного топлива не только для автомобильного, но и для других видов транспорта, в частности, водного, то расширение сети терминалов по его сжижению является одним из главных факторов успешного решения проблемы связанности территорий России.

Расширению парка газомоторных автомобилей способствует:

- реализация проектов по расширению сети КриоАЗС и автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС);
- повышение экологических характеристик отечественных автомобилей на газомоторном топливе и расширение их модельного ряда;
- повышение качества технического обслуживания и ремонта автомобилей на альтернативных видах топлива, за счет создания сервисных центров различных типов и размеров.

Кроме того, при проектировании грузовых транспортных средств необходимо применять методологию повышения эффективности проектирования, которая предполагает формирование компоновок и конструкции транспортных средств как с двигателями внутреннего сгорания, работающими на жидком нефтяном или газовом топливе, так и с электрическими двигателями, при этом размещая кабины водителя за или над двигателем, что повышает приспособленность кузова к различным нагрузкам по показателям удельной плотности и использования объема и площади кузова [8].

Повышение эффективности транспортной инфраструктуры

Транспортная инфраструктура составляет материально-техническую основу транспортно-логистических процессов. При этом эксплуатационные характеристики дорог, провозные и скоростные возможности элементов транспортной сети являются количественными показателями при анализе транспортной инфраструктуры по видам транспорта, а качество и сервисные возможности объектов транспортной инфраструктуры, а также инновационные транспортные технологии позволяют оценить показатели качественного развития.

Качество объектов транспортной инфраструктуры обеспечивается экспертным надзором над строительством и реконструкцией объектов, начиная с планово-изыскательских работ и экспертизы проектов и заканчивая сдачей объекта в эксплуатацию. Сервисные возможности достигаются с помощью обслуживания объектов и предоставления услуг по их содержанию.

Для полноценной связи между объектами инфраструктуры необходимы достаточное количество и хорошее качество дорог, обеспечивающих транспортные коммуникации. При этом качественное взаимодействие между различными видами транспорта и участниками перевозок обеспечивают транспортно-логистические центры [9]. В то же время, недостаточные связи между видами транспорта, высокая загруженность транспортных магистралей и сложные климатические условия оказывают негативное воздействие на деятельность транспортно-логистической инфраструктуры и замедляют соответствующие логистические процессы [10].

В ходе исследования нами был проанализирован ряд работ по повышению надежности, эксплуатации и развитию транспортной инфраструктуры и дорожного хозяйства, связности агломераций, а также безопасности и экологичности транспортной отрасли [11, 12, 13, 14].

Так, авторы статьи [15] для решения проблемы мониторинга состояния транспортного средства в процессе эксплуатации на протяжении его жизненного цикла предлагают применение виртуального и физического моделирования различных систем автомобиля (на примере тормозной системы), что поможет скорректировать цифровую модель автомобиля.

Поскольку обеспечение надежной работы модернизированных двигателей возможно за счет совершенствования системы смазки и качества применяемых масел, а статистический анализ показывает, что более 50% автомобилей выходят из строя из-за износа сопряженных компонентов, то учет механизма и закономерностей старения моторного масла, по мнению авторов статьи [16], позволит получить закономерности изменения технического состояния основных взаимодействующих компонентов ДВС, определяющих его расход. Это позволит прогнозировать рост содержания вредных веществ в отработавших газах двигателя и, как следствие, негативное воздействие на окружающую среду.

Авторами работы [17] предложен метод, реализованный в виде программного модуля, позволяющий учитывать перспективы расширения парка газобаллонных автомобилей (ГБА), а также риски, которые могут возникнуть при реализации долгосрочных стратегий развития этого направления.

Авторы статьи [18] полагают, что для расширения парка грузовых автомобилей, работающих на СПГ, задействованных в отрасли автомобильных грузоперевозок в Шэньчжэне, необходимо создание сети КриоАЗС. Авторы спрогнозировали спрос на строительство КриоАЗС.

Разработка комплексной, но в то же время легко реализуемой мультиэнергетической модели позволяет точно представить взаимодействие между электрической, газовой и водородной подсистемами. С этой целью авторы [19] рассматривают зарядные станции для электрических, газовых и водородных транспортных средств. Различные тарифы и режимы зарядки транспортных средств могут быть легко включены в разработанную структуру. Согласно полученным результатам, разработанная модель способна точно представить эксплуатационное поведение мультиэнергетических микросетей, что может быть ценным для многочисленных исследований.

Теория

Решение проблем экологической безопасности автомобильного транспорта

В транспортной стратегии Российской Федерации поставлены цели развития транспортной системы страны на ближайшую и долгосрочную перспективу. При этом в качестве важнейших задач обозначены меры по снижению негативного воздействия транспортной системы на окружающую среду и обеспечению ее безопасного функционирования. Рассматривая транспортный комплекс страны, следует иметь в виду, что значительная доля негативных последствий с точки зрения безопасности (в том числе, экологической) вызвана эксплуатацией автомобильного транспорта.

Учитывая то, что на долю транспортного сектора приходится 23 % глобальных выбросов парниковых газов, связанных с энергетикой, и 18 % всех антропогенных выбросов в мировой экономике, и при этом почти 1,5 миллиона городских жителей умирают от загрязнения воздуха, необходимы инструменты мониторинга и анализа выбросов твердых частиц не только с выхлопными газами двигателей внутреннего сгорания, но и вследствие износа шин и трансмиссии, а также дорожного покрытия.

Поскольку по данным ВОЗ, ежегодно в мире в результате дорожно-транспортных происшествий (ДТП) погибает до 3,5 млн. человек, при этом наиболее распространенными видами ДТП являются столкновения транспортных средств (42,3 %) и столкновения между транспортными средствами и пешеходами (29.1 %), необходимы меры как технического, так и организационного характера, позволяющие решить проблему безопасности всех участников движения. В соответствии с целями, сформулированными в Транспортной стратегии до 2030 года, одной из важнейших задач является снижение числа погибших в ДТП на 10000 транспортных средств более чем на 60 % в год [2].

Вышеупомянутые проблемы функционирования автомобильного транспорта не могут быть решены без повышения эффективности производства, а также рациональной эксплуатации грузового автотранспорта и формирования оптимальной структуры транспортного парка. Для решения этих проблем планируется внедрять в транспортной отрасли ресурсосберегающие, энергоэффективные и экологически чистые материалы и технологии, альтернативные виды топлива и системы экологической безопасности.

В условиях санкций многие производства испытывают сложности - прежде всего это касается доступа к зарубежным технологиям, оборудованию и материалам. ПАО «КАМАЗ» - крупнейший производитель грузовиков в стране, по итогам 2021 года выпущено порядка 44 тыс. грузовиков. На экспорт поставлено 5,8 тыс. единиц техники, а на российском рынке тяжелых грузовиков доля КАМАЗа составила 44 % [20]. Вице-премьер России Юрий Борисов озвучил готовность Правительства страны содействовать ПАО «КАМАЗ» в производстве транспорта, работающего на альтернативных источниках энергии. В настоящее время КАМАЗ переходит на активное производство лоукост-грузовиков поколения К3, в конструкции которых практически нет импортных комплектующих [21]. В условиях санкций КАМАЗ переориентировался на отечественных поставщиков и намерен в скором времени возобновить выпуск грузовиков нового поколения К5 [22].

Приволжский федеральный округ может стать идеальной площадкой для перевода транспорта на газомоторное топливо (ГМТ), поскольку здесь сконцентрирована мощная производственная база, выпускающая широкую линейку газомоторной техники. При этом Татарстан является в этом плане безусловным лидером. Основная причина активного развития рынка ГМТ в Республике Татарстан – это достаточное количество потребителей техники на ГМТ, начиная от пассажирских автотранспортных компаний, заканчивая парками спецтехники и машин коммунальных служб.

Пути повышения качества и эффективности грузовых перевозок

Для оценки состояния транспортного сектора России необходимо отслеживать факторы, влияющие на его развитие. В качестве основных показателей были рассмотрены, динамика грузооборота (рис. 1) и объемов перевозки грузов автомобильным транспортом (рис. 2).

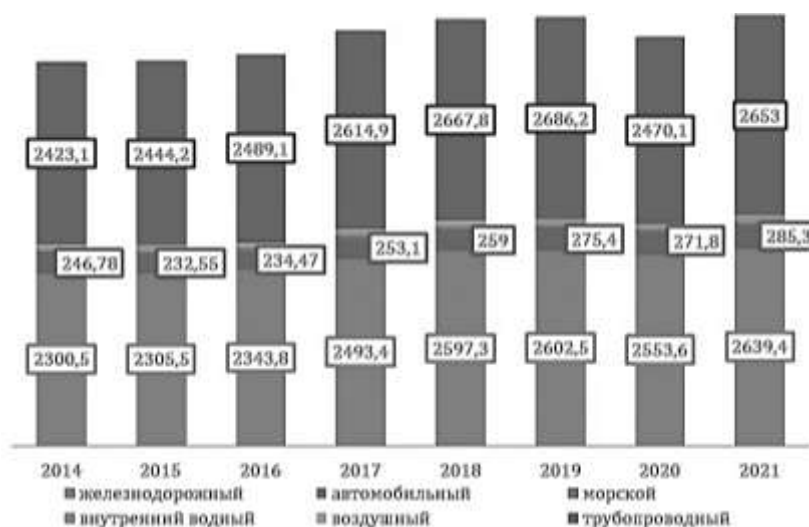


Рисунок 1 - Динамика грузооборота РФ по всем видам транспорта в 2014-2021 годах, млрд. т-км

Согласно статистике грузооборота можно сделать вывод о том, что с 2014 по 2020 годы наблюдалась положительная динамика перевозки грузов всеми видами транспорта, однако в 2020 году ограничения, направленные на борьбу с распространением коронавирусной инфекции, привели к снижению как объема перевозок (на 5,76%), так и грузооборота (на 1,3%). Тем не менее, строительство новых производственных мощностей, логистических центров, реализация национального проекта «Безопасные и качественные дороги», который включает в себя строительство и реконструкцию дорог различного уровня, а также мероприятия по повышению безопасности дорожной инфраструктуры, позволили уже в 2021 году стабилизировать рынок грузоперевозок России всеми видами транспорта, в том числе и автомобильным.



Рисунок 2 - Перевозка грузов и грузооборот автомобильного транспорта в РФ в 2014-2020 годах

Для повышения качества и эффективности грузоперевозок ведущими учеными и специалистами в области транспорта разрабатываются планы рационального развития транспортных систем с использованием новых технологий и средств цифровизации процессов. В ряде фундаментальных работ как российских, так и зарубежных ученых рассмотрены вопросы оптимизации транспортно-логистических систем как совокупности транспортной инфраструктуры, транспортных средств и систем управления [23-27].

Эффективного развития транспортных услуг в сфере грузовых перевозок можно достичь поддержанием конкурентоспособности транспортных компаний за счет внедрения интеллекту-

альных и цифровых технологий организации и управления процессами с учетом унификации, стандартизации и совместимости взаимодополняющих линий, транспортных средств, навигационных спутниковых систем и оборудования логистических центров в мультимодальных транспортных узлах [28]. При этом следует иметь в виду, что повышение качества и эффективности грузовых перевозок невозможно без совершенствования системы сервиса.

Результаты и обсуждение

Совершенствование системы сервиса при расширении парка газомоторных транспортных средств

Использование автотранспортных средств, работающих на природном газе, хорошо зарекомендовало себя с точки зрения безопасности и доступности. Расширение парка техники на ГМТ возможно при создании соответствующей инфраструктуры, включающей сети автосервиса и заправок. При этом следует учитывать, что важно решить вопрос не только общего количества заправок, но и их расположения. Развитие сервисной сети, где могут обслуживаться автотранспортные средства на ГМТ, предполагает учет возможностей существующей сети автосервисных предприятий, поскольку техническое обслуживание и ремонт (ТО и Р) автомобилей на ГМТ имеет свои особенности. На рисунке 3 представлена схема обслуживания автомобилей на ГМТ. ТО и Р автомобилей на ГМТ выполняют на тех же постах, где обслуживают автомобили, работающие на дизельном топливе, исключение составляет газовая система питания автомобилей, для этого предусмотрен отдельный пост.

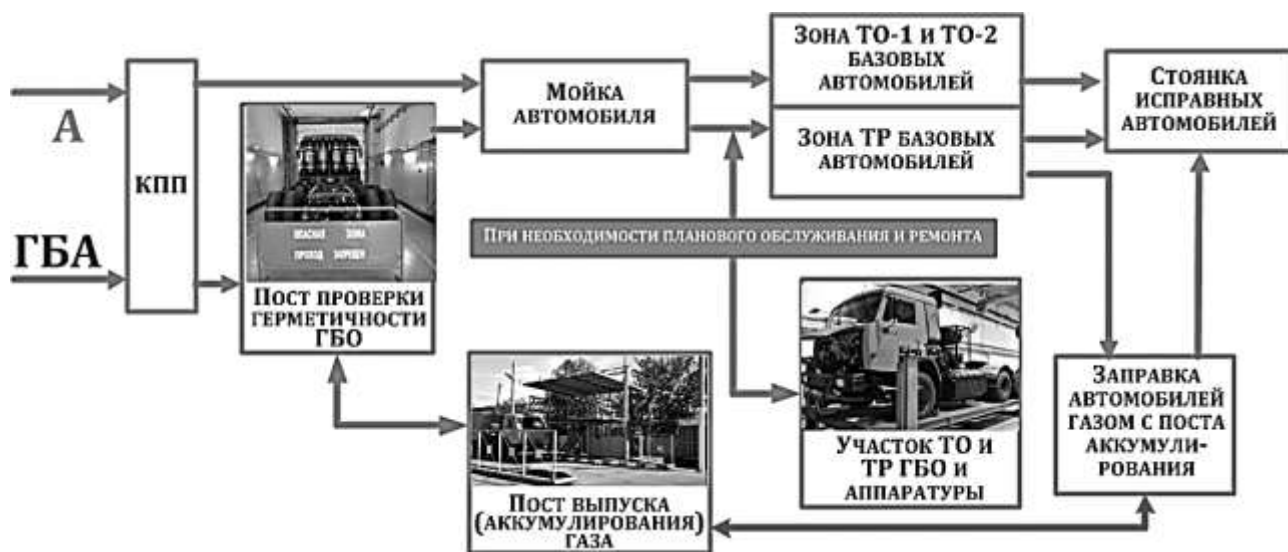


Рисунок 3 - Обслуживание автомобилей на газомоторном топливе

Совершенствование системы фирменного сервиса автомобильной техники, использующей альтернативные виды топлива, в том числе ГМТ, направлено на решение проблемы повышения ее надежности, что в значительной степени является гарантией безопасной эксплуатации. При этом основным аспектом является реализация обратной связи с автопроизводителем. Эффективным средством отработки сценариев расширения сети автосервисных центров, позволяющим учесть множество различных факторов, является имитационное моделирование. Так, на рисунке 4 приведена структура разработанной имитационной модели сервисного центра, в котором обслуживаются автомобили, работающие как на дизельном, так и на газомоторном топливе. В частности, модель позволяет учесть ситуацию с отсутствием на складе запасных частей, необходимых для ремонта.

Учитывая мировые тренды перехода к зеленой экономике и ресурсосбережению, имитационные модели позволяют рассмотреть вариант перехода к циркулярной модели экономики, при которой детали, замененные в процессе ремонта, могут отправляться либо на восстановление, либо на переработку. Авторами работы [29] предложена имитационная модель сервисного центра, на складе промежуточного хранения которого формируется обратные логистические потоки деталей: на восстановление или вторичную переработку. Таким образом, имитационная

модель может рассматриваться как инструмент принятия решений при организации обратной логистической сети в рамках системы фирменного сервиса автомобильной компании.

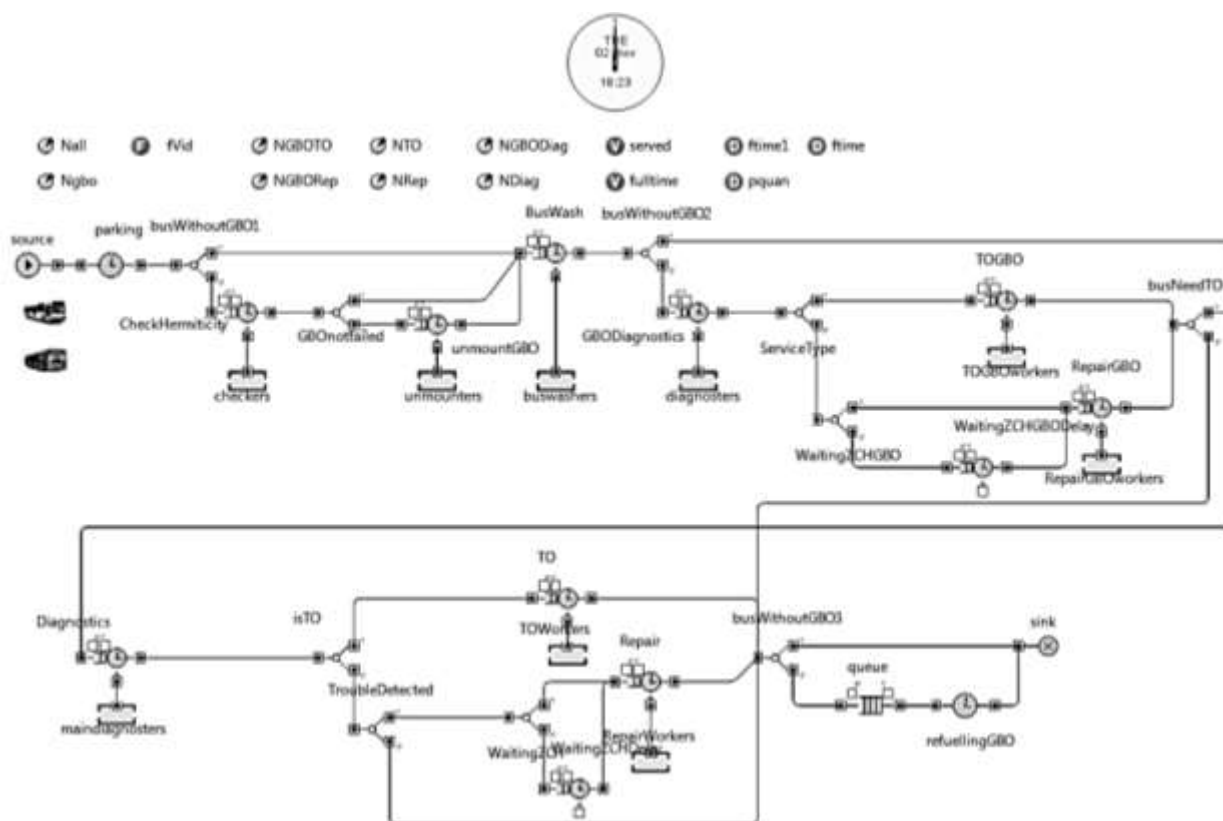


Рисунок 4 - Структура имитационной модели сервисного центра

Выводы

Для решения проблемы связности территорий России необходимо формирование единого транспортного пространства. В условиях санкций и отказа от поставок Российского газа стран Европы, открываются широкие перспективы для развития газомоторной отрасли в России и расширения парка автомобилей на ГМТ. Решение этих задач возможно путем развития соответствующей инфраструктуры, обеспечивающей бесперебойную эксплуатацию газомоторных автомобилей: сети заправочных станций и автосервисных центров по обслуживанию автомобилей на ГМТ. Переход автомобилей на газомоторное топливо позволит автовладельцам и бизнесу не только экономить на энергоресурсах, но и снизить негативную нагрузку на окружающую среду. При этом следует иметь в виду, что газомоторной отрасли необходима поддержка, поскольку расширение инфраструктуры, в том числе заправочных станций и сервисной сети для обслуживания газомоторной техники, требует инвестиций. Однако развитие этого направления позволит решить проблему экологичности и энергоэффективности транспортного комплекса. Поскольку проекты развития инфраструктуры являются инвестиционными, необходимо до начала их реализации прогнозировать их эффективность и учитывать возможные риски. Для этих целей можно использовать имитационное моделирование, являющееся эффективным инструментом решения таких задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Romanova A.T., Vygnanov A., Vygnanova M., Sokolova E., Eiduks J. Problems of the formation of a single transport space on sections of international transport corridors [Электронный ресурс] // Procedia computer science. - 2019. - Vol. 149. - P. 537-541. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.01.173>.
2. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года: распоряжение Правительства Российской Федерации от 22 нояб. 2008 г. №1734-р.
3. Konoplyanik, A.A. Challenges and potential solutions for Russia during global gas transformation and «Green Revolution» [Электронный ресурс] // EnergyPolicy. - 2022. - Vol. 164. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.112870>.

4. Всероссийский газомоторный форум 2022 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ngvrus.ru/ngv-forum.html>
5. Газовые заправки предложили освободить от НДС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.audit-it.ru/news/account/1058964.html>
6. Писковая Е.А., Файзрахманова Е.В. Связанность территорий РФ и интеграция в международную транспортную систему // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. - 2021. - №1(51). - С. 172-178.
7. Semchenkov, A.S. Transport communications and territorial integrity of Russia // Vestnik rossijskoj nacii Bulletin of Russian nation. - 2020. - №2. - P. 125-130.
8. Konoplev V.N., Melnikov Z.G., Sarbaev V.I., Khlopkov S.V. Improvement of the layout and design of cargo vehicles of serial production aimed at implementing the Transport Strategy of the Russian Federation up to 2030 [Электронный ресурс] // Transportation research procedia. - 2021. - Vol. 57. - P. 317-324. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.09.056>.
9. Glinskiy V., Serga L., Zaykov K. Identification method of the Russian Federation Arctic zone regions statistical aggregate as the object of strategy development and a source of sustainable growth // Procedia Manufacturing. - 2017. - Vol. 8. - P. 308-314.
10. Kolesov V., Petrov A. Entropy and risks in regional road traffic safety systems // Transportation research procedia. - 2020. - Vol. 50. - P. 262-272.
11. Makarova I.V., Gabsalikhova L.M., Gritsenko A. Improvement of environmental compliance of urban transport system through enlarging fleet of gas-engine municipal machinery // Transportation research procedia. - 2020. - Vol. 50. - P. 405-413.
12. Kapustin A., Vorobiev S., Gordienko V., Marusin A.V. Method for improving the safety of diesel vehicles when operating on gas engine fuel (gas diesel engines) // Transportation research procedia. - 2020. - Vol. 50. - P. 226-233.
13. Konoplev V.N., Zhukov A., Melnikov Z.G. Study on fire safety of cargo vehicles running on gas motor fuels // Transportation research procedia. - 2020. - Vol. 50. - P. 280-289.
14. Makarova I.V., Gabsalikhova L.M., Sadygova G.R., Magdin K.A. Ways to improve safety and environmental friendliness of the city's transport system // IOP Conference series materials science and engineering. - 2020. - 786(1). – P. 012072.
15. Dygalo V.G., Keller A.V., Evtiukov S. Monitoring of vehicles' active safety systems in operation // Transportation research procedia. - 2020. - Vol. 50. - P. 113-120.
16. Baskov V.N., Ignatov A., Polotnyanshikov V. Assessing the influence of operating factors on the properties of engine oil and the environmental safety of internal combustion engine // Transportation research procedia. - 2020. - Vol. 50. - P. 37-43.
17. Макарова И.В., Габсалихова Л.М., Садыгова Г.Р. Метод прогнозирования развития сети газозаправочных станций для газобаллонной автотехники // АвтоГазозаправочный Комплекс плюс Альтернативное Топливо. - 2017. - Т.16. - №6. - С. 249-253.
18. Ye Li., Wenxiang Li, Yuewu Yu, Lei Bao. Planning of LNG Filling Stations for Road Freight: A Case Study of Shenzhen [Электронный ресурс] // Transportation research procedia - 2017. - Vol. 25. - P. 4580-4588. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.362>.
19. Tostado-Véliz M., Arévalo P., Jurado F. A comprehensive electrical-gas-hydrogen Microgrid model for energy management applications [Электронный ресурс] // Energy Conversion and Management. - 2021. - Vol. 228. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.113726>
20. Минниханов призвал наладить импортозамещение на КАМАЗе [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kam.business-gazeta.ru/news/544503>
21. Правительство готово поддержать КАМАЗ в развитии транспорта на экологичном топливе [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://igrader.ru/cargo/pravitelstvo-gotovo-podderzhat-kamaz/>
22. КАМАЗ намерен с 2023 года начать выпуск автомобилей K5 без иностранных партнеров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.tatar-inform.ru/news/kamaz-nameren-s-2023-goda-nacat-vypusk-avtomobilei-k5-bez-inostrannykh-partnerov-5858561> <https://www.tatar-inform.ru/news/kamaz-nameren-s-2023-goda-nacat-vypusk-avtomobilei-k5-bez-inostrannykh-partnerov-5858561>
23. Boryaev A., Malygin I., Marusin A. Areas of focus in ensuring the environmental safety of motor transport / A. Boryaev // Transportation research procedia. - 2020. - Vol. 50. - P. 68-76.
24. Chernyaev I., Oleshchenko E., Danilov I. Methods for continuous monitoring of compliance of vehicles' technical condition with safety requirements during operation // Transportation research procedia. - 2020. - Vol. 50. - P. 77-85.
25. Karelina E.A., Ptitsyn D.A., Podgornyy A.V., Evtykov S., Marusin A.V. Formal strategy for solving problems of management and organization of processes in the transport and logistics systems of the Arctic region [Электронный ресурс] // Transportation research procedia. - 2021. - Vol. 57. - P.277-284. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.09.052>.
26. Ferro G., Minciardi R., Parodi L., Robba M. Optimal planning of charging stations and electric vehicles traffic assignment: a bilevel approach // IFAC-PapersOnLine. - 2020. - Vol. 53 (2). - P. 13275-13280.
27. Makarova I.V., Buyvol P.A., Shepelev V.D. Creation of a decision support system for improving multimodal transportation // IOP Conference series: earth and environmental science. - 2021. - Vol. 666.
28. Pugachev I.N., Kulikov Y.I., Yarmolinsky A. Current trends in development of the transport infrastructure of large cities of the Far East, Russia [Электронный ресурс] // Transportation research procedia. - 2018. - Vol. 36. - P. 622-626. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.12.144>.
29. Makarova I.V., Buyvol P.A., Boyko A.D. Improving the sustainability of modern truck service networks // Lecture notes in networks and systems. – 2022. - P. 279-288.

Макарова Ирина Викторовна

Набережночелнинский институт (филиал) ФГАОУ «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

Адрес: Россия, 423812, Республика Татарстан, Набережные Челны, проспект Мира, д. 68/19
Д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Сервис транспортных систем»
E-mail: kamlVM@mail.ru

Мавляутдинова Гульназ Рашидовна

Набережночелнинский институт (филиал) ФГАОУ «Казанский (Приволжский) федеральный университет»
Адрес: Россия, 423812, Республика Татарстан, Набережные Челны, проспект Мира, д. 68/19
Старший преподаватель кафедры «Сервис транспортных систем»
E-mail: sadygova_1988@mail.ru

Мухаметдинов Эдуард Мухаматзакиевич

Набережночелнинский институт (филиал) ФГАОУ «Казанский (Приволжский) федеральный университет»
Адрес: Россия, 423812, Республика Татарстан, Набережные Челны, проспект Мира, д. 68/19
К.т.н., доцент, доцент кафедры «Сервис транспортных систем»
E-mail: funte@mail.ru

Габсалихова Лариса Мухаматзакиевна

Набережночелнинский институт (филиал) ФГАОУ «Казанский (Приволжский) федеральный университет»
Адрес: Россия, 423812, Республика Татарстан, Набережные Челны, проспект Мира, д. 68/19
К.т.н., доцент, доцент кафедры «Сервис транспортных систем»
E-mail: muhametdinova@mail.ru

I.V. MAKAROVA, G.R. MAVLYAUTDINOVA,
E.M. MUKHAMETDINOV, L.M. GABSALIKHOVA

PROSPECTS FOR CREATING A COMMON TRANSPORT SPACE IN RUSSIA BY IMPROVING THE SYSTEM OF ROAD TRANSPORTATION

Abstract. *The level of development of transport infrastructure affects the preservation of the territorial integrity of Russia. The article shows that in order to create a unified transport space on the territory of Russia it is necessary to develop transport infrastructure by creating a network of gas filling stations, service centers for gas-powered vehicles, as well as to improve the quality of their service.*

Keywords: *territorial integrity, transport infrastructure, natural gas vehicles, service system.*

BIBLIOGRAPHY

1. Romanova A.T., Vygnanov A., Vygnanova M., Sokolova E., Eiduks J. Problems of the formation of a single transport space on sections of international transport corridors [Elektronnyy resurs] // Procedia computer science. - 2019. - Vol. 149. - P. 537-541. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.01.173>.
2. Transportnaya strategiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda: rasporyazhenie Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 22 noyab. 2008 g. №1734-r.
3. Konoplyanik, A.A. Challenges and potential solutions for Russia during global gas transformation and «Green Revolution» [Elektronnyy resurs] // EnergyPolicy. - 2022. - Vol. 164. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.112870>.
4. Vserossiyskiy gazomotornyy forum 2022 [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <https://ngvrus.ru/ngv-forum.html>
5. Gazovye zapravki predlozhili osvobodit' ot NDS [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <https://www.audit-it.ru/news/account/1058964.html>
6. Piskovaya E.A., Fayzrakhmanova E.V. Svyazannost' territoriy RF i integratsiya v mezhdunarodnuyu transportnuyu sistemu // Innovatsionnaya ekonomika: perspektivy razvitiya i sovershenstvovaniya. - 2021. - №1(51). - S. 172-178.
7. Semchenkov, A.S. Transport communications and territorial integrity of Russia // Vestnik rossijskoj natsii Bulletin of Russian nation. - 2020. - №2. - P. 125-130.
8. Konoplev V.N., Melnikov Z.G., Sarbaev V.I., Khlopkov S.V. Improvement of the layout and design of cargo vehicles of serial production aimed at implementing the Transport Strategy of the Russian Federation up to 2030 [Elektronnyy resurs] // Transportation research procedia. - 2021. - Vol. 57. - P. 317-324. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.09.056>.
9. Glinskiy V., Serga L., Zaykov K. Identification method of the Russian Federation Arctic zone regions statistical aggregate as the object of strategy development and a source of sustainable growth // Procedia Manufacturing. - 2017. - Vol. 8. - P. 308-314.
10. Kolesov V., Petrov A. Entropy and risks in regional road traffic safety systems // Transportation research procedia. - 2020. - Vol. 50. - P. 262-272.
11. Makarova I.V., Gabsalikhova L.M., Gritsenko A. Improvement of environmental compliance of urban transport system through enlarging fleet of gas-engine municipal machinery // Transportation research procedia. - 2020. - Vol. 50. - P. 405-413.
12. Kapustin A., Vorobiev S., Gordienko V., Marusin A.V. Method for improving the safety of diesel vehicles when operating on gas engine fuel (gas diesel engines) // Transportation research procedia. - 2020. - Vol. 50. - P. 226-233.

13. Konoplev V.N., Zhukov A., Melnikov Z.G. Study on fire safety of cargo vehicles running on gas motor fuels // Transportation research procedia. - 2020. - Vol. 50. - P. 280-289.
14. Makarova I.V., Gabsalikhova L.M., Sadygova G.R., Magdin K.A. Ways to improve safety and environmental friendliness of the city's transport system // IOP Conference series materials science and engineering. - 2020. - 786(1). - P. 012072.
15. Dygalo V.G., Keller A.V., Evtukov S. Monitoring of vehicles' active safety systems in operation // Transportation research procedia. - 2020. - Vol. 50. - P. 113-120.
16. Baskov V.N., Ignatov A., Polotnyanshikov V. Assessing the influence of operating factors on the properties of engine oil and the environmental safety of internal combustion engine // Transportation research procedia. - 2020. - Vol. 50. - P. 37-43.
17. Makarova I.V., Gabsalikhova L.M., Sadygova G.R. Metod prognozirovaniya razvitiya seti gazozapravochnykh stantsiy dlya gazoballonnoy avtotekhniki // AvtoGazoZapravochnyy Kompleks plus Al'ternativnoe Toplivo. - 2017. - T.16. - №6. - S. 249-253.
18. Ye Li., Wenxiang Li, Yuewu Yu, Lei Bao. Planning of LNG Filling Stations for Road Freight: A Case Study of Shenzhen [Elektronnyy resurs] // Transportation research procedia - 2017. - Vol. 25. - P. 4580-4588. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.362>.
19. Tostado-V?liz M., Ar?valo P., Jurado F. A comprehensive electrical-gas-hydrogen Microgrid model for energy management applications [Elektronnyy resurs] // Energy Conversion and Management. - 2021. - Vol. 228. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.113726>
20. Minnikhanov prizval naladit' importozameshchenie na KAMAZe [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <https://kam.business-gazeta.ru/news/544503>
21. Pravitel'stvo gotovo podderzhat KAMAZ v razvitii transporta na ekologichnom toplive [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <https://igrader.ru/cargo/pravitelstvo-gotovo-podderzhat-kamaz/>
22. KAMAZ nameren s 2023 goda nachat' vypusk avtomobiley K5 bez inostrannykh partnerov [Elektronnyy resurs]. - Rezhim dostupa: <https://www.tatar-inform.ru/news/kamaz-nameren-s-2023-goda-nacat-vypusk-avtomobilei-k5-bez-inostrannyx-partnerov-5858561> <https://www.tatar-inform.ru/news/kamaz-nameren-s-2023-goda-nacat-vypusk-avtomobilei-k5-bez-inostrannyx-partnerov-5858561>
23. Boryaev A., Malygin I., Marusin A. Areas of focus in ensuring the environmental safety of motor transport / A. Boryaev // Transportation research procedia. - 2020. - Vol. 50. - P. 68-76.
24. Chernyaev I., Oleshchenko E., Danilov I. Methods for continuous monitoring of compliance of vehicles' technical condition with safety requirements during operation // Transportation research procedia. - 2020. - Vol. 50. - P. 77-85.
25. Karelina E.A., Pit'syn D.A., Podgornyy A.V., Evtykov S., Marusin A.V. Formal strategy for solving problems of management and organization of processes in the transport and logistics systems of the Arctic region [Elektronnyy resurs] // Transportation research procedia. - 2021. - Vol. 57. - P.277-284. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.09.052>.
26. Ferro G., Minciardi R., Parodi L., Robba M. Optimal planning of charging stations and electric vehicles traffic assignment: a bilevel approach // IFAC-PapersOnLine. - 2020. - Vol. 53 (2). - P. 13275-13280.
27. Makarova I.V., Buyvol P.A., Shepelev V.D. Creation of a decision support system for improving multimodal transportation // IOP Conference series: earth and environmental science. - 2021. - Vol. 666.
28. Pugachev I.N., Kulikov Y.I., Yarmolinsky A. Current trends in development of the transport infrastructure of large cities of the Far East, Russia [Elektronnyy resurs] // Transportation research procedia. - 2018. - Vol. 36. - P. 622-626. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.12.144>.
29. Makarova I.V., Buyvol P.A., Boyko A.D. Improving the sustainability of modern truck service networks // Lecture notes in networks and systems. - 2022. - P. 279-288.

Makarova Irina Viktorovna

Naberezhnochelninsky Institute (branch) of the FSAEI HE «Kazan (Volga Region) Federal University»
Address: Russia, 423812, Republic of Tatarstan, Naberezhnye Chelny, pr. Mira, 68/19
Doctor of technical sciences
E-mail: kamIVM@mail.ru

Mavlyautdinova Gulnaz Rashidovna

Naberezhnochelninsky Institute (branch) of the FSAEI HE «Kazan (Volga Region) Federal University»
Address: Russia, 423812, Republic of Tatarstan, Naberezhnye Chelny, pr. Mira, 68/19
Senior teacher
E-mail: sadygova_1988@mail.ru

Mukhametdinov Eduard Muhamatzakievich

Naberezhnochelninsky Institute (branch) of the FSAEI HE «Kazan (Volga Region) Federal University»
Address: Russia, 423812, Republic of Tatarstan, Naberezhnye Chelny, pr. Mira, 68/19
Candidate of technical sciences
E-mail: funte@mail.ru

Gabsalikhova Larisa Muhamatzakievna

Naberezhnochelninsky Institute (branch) of the FSAEI HE «Kazan (Volga Region) Federal University»
Address: Russia, 423812, Republic of Tatarstan, Naberezhnye Chelny, pr. Mira, 68/19
Candidate of technical sciences
E-mail: mukhametdinova@mail.ru

Уважаемые авторы!
Просим Вас ознакомиться с требованиями
к оформлению научных статей.

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

- Представляемый материал должен быть оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях.
- объем материала, предлагаемого к публикации, измеряется страницами текста на листах формата А4 и содержит от 4 до 9 страниц; все страницы рукописи должны иметь сплошную нумерацию;
- статья предоставляется в электронном виде (по электронной почте или на любом электронном носителе);
- в одном номере может быть опубликована только одна статья одного автора, включая соавторство;
- если статья возвращается автору на доработку, исправленный вариант следует прислать в редакцию повторно, приложив письмо с ответами на замечания рецензента. Доработанный вариант статьи рецензируется и рассматривается редакционной коллегией вновь. Датой представления материала считается дата поступления в редакцию окончательного варианта исправленной статьи;
- аннотации всех публикуемых материалов, ключевые слова, информация об авторах, списки литературы будут находиться в свободном доступе на сайте соответствующего журнала и на сайте Российской научной электронной библиотеки - РУНЭБ (Российский индекс научного цитирования).

ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

Научная статья, предоставляемая в журнал, должна иметь следующие **обязательные элементы**:

Введение

Укажите цели работы и предоставьте достаточный накопленный опыт, избегая подробного обзора литературы или обобщенных результатов.

Материал и методы

Предоставьте достаточно подробных сведений, чтобы можно было воспроизвести работу независимым исследователем. Методы, которые уже опубликованы, должны быть обобщены и указаны ссылкой. Если вы цитируете непосредственно из ранее опубликованного метода, используйте кавычки и также 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)
- С пропуском одной строки - выровненные по центру страницы, без абзацного отступа и набранные прописными буквами светлым шрифтом 12 pt инициалы и фамилии авторов (на английском языке).
- С пропуском одной строки - название статьи, набранное без абзацного отступа прописными буквами полужирным шрифтом 14 pt и расположенное по центру страницы (на английском языке).
- Краткая (не более 10 строк) аннотация, набранная с абзацного отступа курсивным шрифтом 10 pt, с абзацного отступа - ключевые слова (на английском языке).
- С абзацного отступа, приводятся набранные обычным шрифтом 10 pt сведения об авторах (на английском языке).

ТАБЛИЦЫ, РИСУНКИ, ФОРМУЛЫ

Все таблицы, рисунки и основные формулы, приведенные в тексте статьи, должны быть пронумерованы.

Формулы следует набирать в редакторе формул Microsoft Equation 3.0 с размерами: обычный шрифт - 12 pt, крупный индекс - 10 pt, мелкий индекс - 8 pt.

Формулы, внедренные как изображение, не допускаются!

Русские и греческие буквы, а также обозначения тригонометрических функций, набираются прямым шрифтом, латинские буквы - курсивом.

Формулы располагают по центру страницы и нумеруют (только те, на которые приводят ссылки); порядковый номер формулы обозначается арабскими цифрами в круглых скобках около правого поля страницы.

В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими стандартами. Описание начинается со слова «где» без двоеточия, без абзацного отступа; пояснение каждого символа дается с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Единицы измерения даются в соответствии с Международной системой единиц СИ.

Переносить формулы на следующую строку допускается только на знаках выполняемых операций, причем знак в начале следующей строки повторяют.

Пример оформления формулы в тексте

$$q_1 = (\alpha - 1)^2 (1 + \frac{1}{2\alpha}) / d, \quad (1)$$

где $\alpha = 1 + 2a/b$ - коэффициент концентрации напряжений;

$d = 2a$ - размер эллиптического отверстия вдоль опасного сечения.

Рисунки и другие иллюстрации (чертежи, графики, схемы, диаграммы, фотоснимки) следует располагать непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые. Рисунки, число которых должно быть логически оправданным, представляются в виде отдельных файлов в формате *.eps (Encapsulated PostScript) или TIF размером не менее 300 dpi.

Если рисунок небольшого размера, желательно его обтекание текстом.

Подписи к рисункам (полужирный шрифт курсивного начертания 10 pt) выравнивают по центру страницы, в конце подписи точка не ставится, например:

Рисунок 1 - Текст подписи

Пояснительные данные набираются светлым шрифтом курсивного начертания 10 pt и ставят после наименования рисунка.

Таблицы должны сопровождаться ссылками в тексте, при ссылке следует писать слово «таблица» с указанием ее номера.

Заголовки граф и строк таблицы пишутся с прописной буквы, а подзаголовки - со строчной, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставятся. Текст внутри таблицы в зависимости от объема размещаемого материала может быть набран шрифтом меньшего кегля, но не менее 10 pt. Текст в столбцах располагается от левого края либо центрируют.

Слово «Таблица» размещается по левому краю, после него через тире располагается название таблицы, например: Таблица 1 - Текст названия

Если в конце страницы таблица прерывается и ее продолжение будет на следующей странице, нижнюю горизонтальную линию в первой части таблицы не проводят. При переносе части таблицы на другую страницу над ней пишут слово «Продолжение» и указывают номер таблицы. Пример: Продолжение таблицы 1

Нумерация граф таблицы арабскими цифрами необходима только в тех случаях, когда в тексте имеются ссылки на них, при делении таблицы на части, а также при переносе части таблицы на следующую страницу.

Адрес издателя:

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»
302026, Орловская обл., г. Орёл, ул. Комсомольская, 95
Тел.: (4862) 75-13-18
www.oreluniver.ru.
E-mail: info@oreluniver.ru

Адрес редакции:

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»
302030, Орловская обл., г. Орёл, ул. Московская, 77
Тел.+7 905 856 6556
www.oreluniver.ru.
E-mail: srmostu@mail.ru

Материалы статей печатаются в авторской редакции

Право использования произведений предоставлено авторами на основании
п. 2 ст. 1286 Четвертой части Гражданского Кодекса Российской Федерации

Технический редактор, корректор,
компьютерная верстка И.В. Акимочкина

Подписано в печать 30.09.2022 г.
Дата выхода в свет 21.10.2022 г.
Формат 70х108/16. Усл. печ. л. 9
Цена свободная. Тираж 500 экз.
Заказ № 172

Отпечатано с готового оригинал-макета
на полиграфической базе ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»
302026, г. Орёл, ул. Комсомольская, 95