

ISSN 2073-7432

МИР ТРАНСПОРТА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№ 1-2(88) 2025

Научно-технический
журнал

Издается с 2003 года

Выходит четыре раза в год

№ 1-2(88) 2025

Мир транспорта и технологических машин

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

<p>Главный редактор: Новиков А.Н. д-р техн. наук, проф.</p> <p>Заместители главного редактора: Васильева В.В. канд. техн. наук, доц. Родимцев С.А. д-р техн. наук, доц.</p> <p>Редакция: Агеев Е.В. д-р техн. наук, проф. (Россия) Агуреев И.Е. д-р техн. наук, проф. (Россия) Басков В.Н. д-р техн. наук, проф. (Россия) Власов В.М. д-р техн. наук, проф. (Россия) Глаголев С.Н. д-р техн. наук, проф. (Россия) Демич М. д-р техн. наук, проф. (Сербия) Денисов А.С. д-р техн. наук, проф. (Россия) Евтюков С.А. д-р техн. наук, проф. (Россия) Жаковская Л. д-р. наук, проф. (Польша) Жанказиев С.В. д-р техн. наук, проф. (Россия) Захаров Н.С. д-р техн. наук, проф. (Россия) Зырянов В.В. д-р техн. наук, проф. (Россия) Маткеримов Т.Ы. д-р техн. наук, проф. (Кыргызстан) Прентковский О. д-р техн. наук, проф. (Литва) Пржибыл П. д-р техн. наук, проф. (Чехия) Пугачев И.Н. д-р техн. наук, доц. (Россия) Пушкарёв А.Е. д-р техн. наук, проф. (Россия) Рассоха В.И. д-р техн. наук, проф. (Россия) Ременцов А.Н. д-р пед. наук, проф. (Россия) Ризаева Ю.Н. д-р техн. наук, доц. (Россия) Сарбаев В.И. д-р техн. наук, профессор (Россия) Трофименко Ю.В. д-р техн. наук, проф. (Россия) Трофимова Л.С. д-р техн. наук, доц. (Россия) Шарата А. д-р. наук, проф. (Польша)</p> <p>Ответственный за выпуск: Акимочкина И.В.</p> <p>Адрес редколлегии: 302030, Россия, Орловская обл., г. Орёл, ул. Московская, 77 Тел. +79058566556 https://oreluniver.ru/science/journal/mtitm E-mail: srmostu@mail.ru</p> <p>Зарегистрировано в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство: ПИ № ФС77-67027 от 30.08.2016г.</p> <p>Подписной индекс: 16376 по объединенному каталогу «Пресса России» на сайтах www.pressa-rg.ru и www.akc.ru</p> <p>© Составление. ОГУ имени И.С. Тургенева, 2025</p>	<h2>Содержание</h2> <p><i>Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте</i></p> <p>К.А. Кошкин, А.Е. Боровской, И.А. Новиков, О.Ю. Боровская О возможности создания методики обоснования строительства велотранспортной инфраструктуры городов и городских агломераций..... 3</p> <p><i>Управление процессами перевозок</i></p> <p>Ю.Н. Ризаева, П.Ю. Пушкин, А.С. Лукинов Повышение качества транспортного обслуживания населения..... 12</p> <p>И.О. Полешикина Применение беспилотных летательных аппаратов в системе доставки грузов северного завоза..... 22</p> <p>С.Н. Глаголев, С.В. Еремин, Л.Е. Куценко, С.В. Куценко Разработка системы управления движением на нерегулируемом пешеходном переходе..... 35</p> <p><i>Эксплуатация автомобильного транспорта</i></p> <p>И.Е. Агуреев, Н.Н. Трушин, А.В. Плясов Варианты синтеза бесконтурных кинематических схем планетарных коробок передач с двумя степенями свободы... 43</p> <p>В.И. Сергиенко, Ю.А. Заяц Влияние мероприятий по защищенности на эксплуатационные свойства военной автомобильной техники..... 54</p> <p>М.Г. Бояришинов, Ю.А. Шукин, Д.В. Артеменко Количественные характеристики использования придорожного парковочного пространства..... 63</p> <p>Н.В. Лобов, О.С. Иванова Методика определения КПД транспортного средства..... 71</p> <p>А.Ю. Родичев Методы повышения прочности сцепления и качества антифрикционного покрытия при изготовлении биметаллических подшипников скольжения..... 76</p> <p>Д.П. Ходоскин, А.В. Савостова Оценка условий движения на пешеходных переходах в г. Гомеле..... 85</p> <p>И.А. Дембовский, С.А. Родимцев Управляемая распыливающая система для штанговых аэродромных распределителей реагентов..... 93</p> <p>Н.А. Загородний Эксплуатационная надёжность автомобилей в процессе их эксплуатации..... 101</p> <p><i>Интеллектуальные транспортные системы</i></p> <p>А.В. Гринченко Концепция интеллектуальной системы поддержки принятия решений при управлении внутриобластными пассажирскими перевозками... 108</p> <p>В.В. Епифанов, С.Е. Визгалин, А.О. Статенин Обоснование показателей качества в системе функционирования беспилотного автомобиля..... 114</p> <p><i>Логистические транспортные системы</i></p> <p>В.А. Логинов, Н.М. Моисеева Управление развитием грузового автотранспортного предприятия с учетом инвестиционного лага..... 119</p>
---	---

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

World of transport and technological machines

Scientific and technical journal

Published since 2003

A quarterly review

№ 1-2(88) 2025

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
Associates Editor V.V. Vasileva Can. Eng. S.A. Rodimzev Doc. Eng.	<i>Transport and transport-technological systems of the country, its regions and cities, organization of production in transport</i>
Editorial Board: E.V. Ageev Doc. Eng., Prof. (Russia) I.E. Agureev Doc. Eng., Prof. (Russia) V.N. Baskov 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) S.A. Evtyukov Doc. Eng., Prof. (Russia) L. Żakowska Ph.D., Doc. Sc., Prof. (Poland) S.V. Zhankaziev Doc. Eng., Prof. (Russia) N.S. Zaharov Doc. Eng., Prof. (Russia) V.V. Zyryanov Doc. Eng., Prof. (Russia) T.Y. Matkerimov Doc. Eng., Prof. (Kyrgyzstan) O. Prentkovskis Doc. Eng., Prof. (Lithuania) P. Pribyl Doc. Eng., Prof. (Czech Republic) I.N. Pugachev Doc. Eng. (Russia) A.E. Pushkarev Doc. Eng., Prof. (Russia) V.I. Rassoha Doc. Eng., Prof. (Russia) A.N. Rementsov Doc. Edc., Prof. (Russia) Yu.N. Rizaeva Doc. Eng. (Russia) V.I. Sarbaev Doc. Eng., Prof. (Russia) Yu.V. Trofimenko Doc. Eng., Prof. (Russia) L.S. Trofimova Doc. Eng. (Russia) A. Szarata Ph.D., Doc. Sc., Prof. (Poland)	<i>K.A. Koshkin, A.E. Borovskoi, I.A. Novikov, O.Y. Borovskaya</i> On the possibility of creating a methodology for justifying the construction of bicycle transportation infrastructure in cities and urban agglomerations 3
	<i>Management of transportation processes</i>
	<i>Yu.N. Rizaeva, P.Yu. Pushkin, A.S. Lukinov</i> Improving quality transport services to the population 12
	<i>I.O. Poleshkina</i> Application of unmanned aerial vehicles in the northern cargo delivery system 22
	<i>S.N. Glagolev, S.V. Eremin, L.E. Kushchenko, S.V. Kushchenko</i> The traffic control system at an unregulated pedestrian crossing development 35
	<i>Operation of motor transport</i>
	<i>I.E. Agureev, N.N. Trushin, A.V. Plyasov</i> Variants of two-dof planetary gearboxes kinematics diagrams without closed circuits 43
	<i>V.I. Sergienko, Yu.A. Zayats</i> The impact of measures to improve the security of military vehicles to change its basic properties 54
	<i>M.G. Boyarshinov, Yu.A. Shchukin, D.V. Artemenko</i> Quantitative characteristics of the use of roadside parking space 63
	<i>N.V. Lobov, O.S. Ivanova</i> Method for determining vehicle efficiency 71
	<i>A.Yu. Rodichev</i> Methods of increasing the strength of adhesion and the quality of anti-friction coating in the manufacturing of bimetallic plain bearings 76
	<i>D.P. Khodoskin, A.V. Savostova</i> Assessment of traffic conditions at pedestrian crossings in Gomel 85
	<i>I.A. Dembovsky, S.A. Rodimtsev</i> Controlled spraying system for boom aerodrome reagent distributors 93
	<i>N.A. Zagorodny</i> Operational reliability of vehicles during their operation 101
	<i>Intelligent transport systems</i>
	<i>A.V. Grinchenko</i> The concept of an intelligent decision support system for managing intra-regional passenger transportation 108
	<i>V.V. Epifanov, S.E. Vizgalin, A.O. Statenin</i> Substantiation of quality indicators in the system of functioning of an unmanned vehicle 114
	<i>Logistic transport systems</i>
	<i>V.A. Loginov, N.M. Moiseeva</i> Management of the development of a freight transport enterprise taken into account of the investment lag 119
Person in charge for publication: I.V. Akimochkina	
Editorial Board Address: 302030, Russia, Orel, Orel Region, Moskovskaya str., 77 Tel. +7 (905)8566556 https://oreluniver.ru/science/journal/mtitm E-mail: srmistu@mail.ru	
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	
Subscription index: 16376 in a union catalog «The Press of Russia» on sites www.pressa-rf.ru and www.akc.ru	
© Registration. Orel State University, 2025	

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

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

УДК 656.1

doi:10.33979/2073-7432-2025-1-2(88)-3-11

К.А. КОШКИН, А.Е. БОРОВСКОЙ, И.А. НОВИКОВ, О.Ю. БОРОВСКАЯ

О ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ МЕТОДИКИ ОБОСНОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ВЕЛОТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ГОРОДОВ И ГОРОДСКИХ АГЛОМЕРАЦИЙ

Аннотация. В статье описывается возможность использования вело- и СИМ-транспорта как альтернативы личному автотранспорту на перемещениях в радиусе 5-10 километров, на примере одного из поселений, входящих в состав Белгородской агломерации. Так же на основе анализа улично-дорожной сети, планировочной структуры и количества потенциальных пользователей вело- и СИМ-транспорта делается вывод возможности создания методики обоснования строительства транспортной инфраструктуры для использования велосипедов и средств индивидуальной мобильности в условиях развития городов и городских агломераций

Ключевые слова: городская агломерация, транспортная доступность, транспортное обслуживание, средства индивидуальной мобильности, велотранспортная инфраструктура, документы транспортного планирования, генеральный план муниципального образования, велоинфраструктура

Введение

Развитие муниципальных образований в Российской Федерации тесно связано не только с политическими, экономическими и иными внешними и внутренними факторами, но и с решениями органов управления муниципальными образованиями и субъектами Российской Федерации, принимаемыми в целях реализации градостроительной и транспортной политики.

В процессе своего территориального развития населенные пункты, которые тяготеют к планировкам «многоядерного» или «лепесткового» типа, при котором два и более городских центральных ядра связаны между собой протяженными маршрутами, а так же города с «прогрессивной» планировкой, то есть с планировкой с ярко выраженным центральным ядром, окруженным кольцом из пригородных населенных пунктов-спутников, преобразовываются в городские агломерации. В центре внимания, прогрессивной планировки выступает городское ядро – то есть основополагающий объект, вокруг которой образуются многочисленные пригороды (субурбии), приходящие на смену районам многоэтажной многоквартирной застройки. При расширении территории застройки основного городского ядра, субурбии приближаются к черте города, и могут им частично поглощаться. При этом город с поглощенными либо еще отдельными пригородами-субурбиями составляет общую систему - городскую агломерацию. В данном случае под агломерацией понимается компактная территориальная группировка городских (центральное ядро) и сельских (субурбии) поселений, объединенных в единую систему многообразными связями. Основными свойствами таких систем являются взаимодополняемость и близость территориального расположения. При этом проблематика градостроительных и транспортных решений городского ядра не может рассматриваться отдельно от соответствующего взаимодействия и взаимного влияния в составе агломерации.

Теория

Развитие Белгородской агломерации, является ярким примером преобразования города, как планировочного элемента – ядра и отдельных населенных пунктов-спутников, административно относящихся к разным районам Белгородской области в единую агломерацию. В

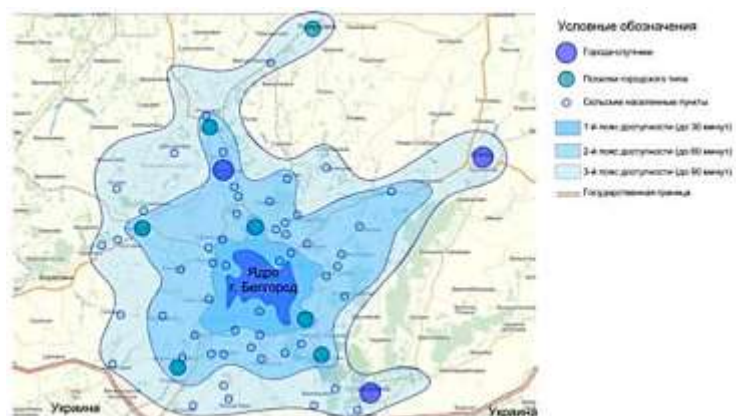


Рисунок 1 - Структура Белгородской агломерации



Рисунок 2 - Распределение ввода жилья в Белгородской области



Рисунок 3 - Комбинирование видов транспорта для ежедневных поездок



Рисунок 4 - Пирамида приоритетов при развитии УДС в населенных пунктах РФ

настоящее время в состав белгородской агломерации входит ряд населенных пунктов относящихся к Белгородскому, Корочанскому, Прохоровскому, Шебекинскому и Яковлевскому району.

Развитие Белгородской агломерации неразрывно связано не только с развитием жилых массивов городского ядра, но и с активным развитием субурбии. Это показывает распределение графика ввода жилья [1] между многоквартирными домами и частным индивидуальным жилым строительством.

Такая диспропорция между вводом жилья частными лицами и более крупными игроками – строительными компаниями, обуславливает целый спектр проблем как экономического и градостроительного характера, так и проблем в развитии транспортного комплекса.

При этом одна из проблем – недостаток внимания при принятии градостроительных и транспортных решений к немалой доле пользователей городских транспортных систем и инфраструктуры – к велосипедистам и пользователям средств индивидуальной мобильности. В городах с развитыми практиками мультимодальных перемещений доля велосипедов и средств индивидуальной мобильности, как обособленно, так и в составе интермодальных перемещений может достигать 45 % [13].

Исходя из целей, задач и мероприятий, предлагаемых «Транспортной стратегией Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года» [2], формируется следующая пирамида приоритетов:

В «Транспортной стратегии Российской Федерации» отмечается низкая микромобильность населения, и недостаточно развитая инфраструктура для использования велосипедов и средств индивидуальной мобильности.

сти (СИМ). При этом, особо указывается, что данный тип инфраструктуры имеет значительный потенциал для развития транспортных систем городов и является одним из важных инструментов реализации базовых сценариев, заложенных в стратегию [2].

Исходя из вышеперечисленного, становится актуальным вопрос инициации изменений в нормативной документации, такой как: правила землепользования и застройки (ПЗЗ), своды правил (СП), государственные стандарты (ГОСТ) и иные нормативные документы и программы муниципального, регионального и федерального уровня.

Согласно [3] в районах индивидуального жилищного строительства (ИЖС) могут быть реализованы ряд типовых поперечных профилей улично-дорожной сети в зависимости от возникающих нагрузок. При этом необходимо разделить требования к инфраструктуре при «маятниковых» перемещениях «дом – работа» и внутриквартальных поездках. К примеру «дом – магазин» или поездках по рекреационному сценарию.

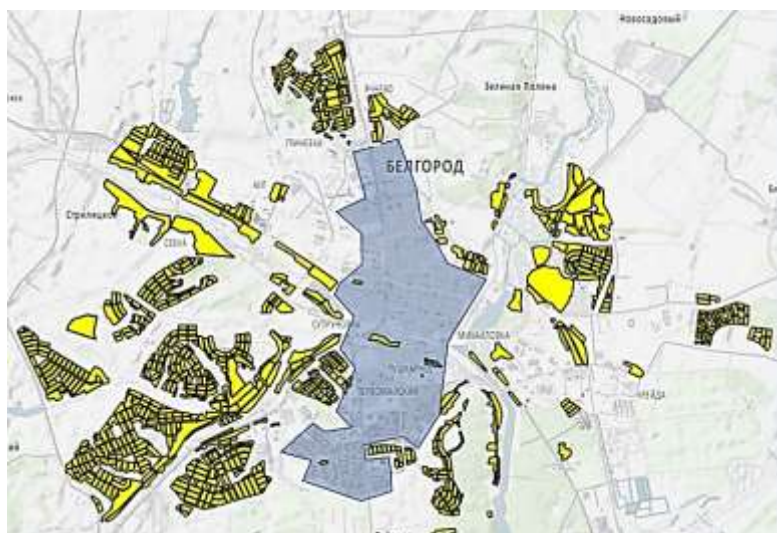


Рисунок 5 - Карта распределения участков ИЖС в составе Белгородской агломерации

Для иллюстрации вышесказанного, рассмотрим один из устоявшихся районов индивидуальной жилой застройки – поселок Новосадовый Белгородского района Белгородской области. Поселок входит в Белгородскую агломерацию. При этом необходимо уточнить, что он является «классическим» представителем из множества подобных (рис. 5, 6). То есть подавляющая часть территории занята индивидуальными жилыми домами, а инфраструктурные объекты – малочисленны и сконцентрированы.



Рисунок 6 - Генеральный план пос. Новосадовый[5]

На основании требований [5], основными связями «дом – объект» притяжения в ИЖС могут выступать административные, социальные, коммерческие объекты, остановки общественного транспорта.

Согласно данным [1] поселок Новосадовый обладает различными объектами социокультурной инфраструктуры: детские сады, образовательные, культурно-воспитательные, медицинские учреждения. При этом наблюдается недостаток спортивных объектов.

Согласно данному перечню на карте п. Новосадовый данные объекты нанесены на карту-схему.



Рисунок 7 - Карта-схема размещения основных объектов инфраструктуры в границах п. Новосадовый

Слабость развития общественного транспорта отмечаемая в [15], обусловленная в том числе функциональным зонированием и типом застройки, приводит к приоритету использования личного автотранспорта и малому социальному запросу на иные способы перемещения как внутри поселка, так и при перемещениях между участками-элементами агломерации.

Учитывая цели [2], одной из важных задач становится развитие пешеходной инфраструктуры и инфраструктуры для немоторизованных видов транспорта (велосипедов и средств индивидуальной мобильности) а так же электронных средств индивидуальной мобильности (ЭСИМ). Это развитие, как отмечается в [2], в свою очередь, ведет к повышению качества транспортного обслуживания населения, увеличения количества и ускорению перемещений внутри агломераций.

Конечному потребителю необходима реальная доступность точек притяжения с использованием всего спектра видов транспорта: личного, общественного, различных средств микромобильности. Создание условий для повышения реальной транспортной доступности должно быть заложено не только в городские программы развития транспорта, но и при принятии градостроительных решений.

Новизна исследования в рамках настоящей статьи заключается в использовании транспортных средств микромобильности, таких как велосипед, а так же средства индивидуальной мобильности в качестве инструментов для обеспечения транспортной доступности в условиях недостатка охвата участка исследования остальными средствами перемещения, например наземным транспортом общего пользования.

Для микромобильности, то есть поездок на короткие расстояния, используются как велосипеды, так и иные транспортные средства, управляемые одним человеком, приводимые в движение как мускульной силой, так и электрическими двигателями с максимальной скоростью до 25 км/ч и максимальной собственной массой 35 кг. При этом устройствам микромобильности наравне с велосипедами разрешено использование велосипедной инфраструк-

туры (велодорожек, велопешеходных дорожек). К таким устройствам относятся: велосипеды, электровелосипеды, электрические самокаты, электрические скейтборды, моноколеса и иные, соответствующие требованиям, указанным в ПДД РФ и ГОСТ Р 70514-2022 [18].

Согласно [5], целями создания велотранспортной инфраструктуры являются: повышение удобства передвижения на расстояния до 15 км. Велотранспортные маршруты районного значения протяженностью 2-10 км, обеспечивающие связность и наиболее короткую корреспонденцию между центром и участками жилой застройки с размещением, в основном, вдоль улиц с движением автомобильного транспорта.

Устойчивые веломаршруты для обеспечения транспортной доступности в режиме микромобильности, которые следует формировать в границах поселка лежат в пределах значений 2-10 км. Рассмотрим возможность использования велосипедов и СИМ относительно самого удаленного объекта в поселке – Дворца культуры. Расчет произведем 2-мя способами – на основании радиуса и с помощью оценки движения по улично-дорожной сети поселка. Для реализации данного расчета использована геоинформационная система NEXTGIS – QGIS.



Рисунок 8 - Зона обслуживания 10 км: а - по радиусу, б - по улично-дорожной сети

Как видно из данного рисунка при различных способах определения зоны обслуживания, расхождения в значениях могут достигать 3,7 км (рис. 9), то есть использование подхода с оценкой радиуса доступности может достигать 37 %.



Рисунок 9 - Зона доступности магазина СИМ при скорости 10 км/ч и 10 минутах движения

В этом случае коэффициент не прямолинейности движения составляет 1,37 и относится к «исключительно высокая» [6]. При этом плотность улично-дорожной сети составляет 3,6 км/км², в то время как рекомендуемая в [7] лежит в пределах 4-5,5 км/км², то есть и этот показатель находится вне нормативных рамок. Однако если принять среднюю скорость вело-

сипеда (либо СИМ) - 10 км/ч и время комфортной поездки с использованием этих транспортных средств - 10 минут, то практически весь населенный пункт находится в зоне вело/СИМ доступности. Вне зоны доступности находятся части поселения, расположение которых обусловлено градостроительными решениями и недостаточно развитой улично-дорожной сетью, соединяющие различные ядра внутри самого поселка. Это можно продемонстрировать следующим рисунком.

Если же в качестве временной границы определить 15 мин, то есть рассмотреть зону 15-минутной доступности, то зона, которую можно обслужить вело- и СИМ-транспортом, будет включать в себя рассматриваемую территорию застройки поселения в полном объеме. На рисунке выделен охват территории поселения зоной 15-минутной вело/сим - доступности.



Рисунок 10 - Зона доступности магазина СИМ при скорости 10 км/ч и 15 минутах движения

Результаты и обсуждение

Исходя из вышеизложенного можно говорить об градостроительных ошибках при проектировании улично-дорожной сети населенного пункта, но в то же время поселок достаточно компактен для полного обслуживания средствами индивидуальной мобильности. При этом необходимо учитывать, что, точки притяжения находятся достаточно компактно и это дает минимизацию маршрутов движения средствами СИМ. Это подтверждается следующим рисунком (рис. 11).



Рисунок 11 - Расположение точек притяжения населения

Сделан вывод, что в данном населенном пункте (поселке) в качестве основного средства перемещения между точками притяжения в его границах как при мономодальном так и при мультимодальном перемещении может в полной мере использоваться велосипедный транспорт и СИМ. Такой подход вызывает необходимость создание единой СИМ инфраструктуры в в границах поселка.

Выводы

На следующих этапах исследования, для создания схемы эффективной транспортной инфраструктуры для велосипедов и СИМ, необходимо будет провести анализ количества перспективных пользователей. Так же необходимо будет проанализировать как существующие маршруты передвижения пользователей, так и сформировать перспективные. Будет проведена классификация маршрутов и сформированы типовые профили улиц для размещения велотранспортной инфраструктуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Статистический ежегодник. Белгородская область. 2023. Белгород: Белгородстат, 2023. 496 с.
2. Об утверждении транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года: Распоряжение Правительства Российской Федерации №3363 р от 27.11.2021 г. [Электронный ресурс]. М. URL: <https://rosavtodor.gov.ru/docs/transportnaya-strategiya-rf-na-period-do-2030-goda-s-prognozom-na-period-do-2035-goda>.
3. Об организации дорожного движения в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон от 20.12.2017 № 443-ФЗ [Электронный ресурс]. М. URL : <https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/standarts/>.
4. Карта градостроительного зонирования Новосадовского с.п. [Электронный ресурс]. М. URL: https://novosadovskoe-r31.gosweb.gosuslugi.ru/deyatelnost/napravleniya-deyatelnosti/gradostroitelstvo/dokumenty-1_90.html.
5. Методические рекомендации по разработке и реализации мероприятий по организации дорожного движения. Требования к планированию развития инфраструктуры велосипедного транспорта поселений, городских округов в Российской Федерации [Электронный ресурс]. М. URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/10/9511>.
6. Жуков В.И., Копылов С.В. Проектирование городских улиц и дорог: учебно-методическое пособие. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2014. 80 с.
7. СП 396.1325800.2018. Улицы и дороги населенных пунктов. Правила градостроительного проектирования: Каталог национальных стандартов [Электронный ресурс]. М. URL: <https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/standarts/>.
8. СП 42.13330-2016 Свод правил. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Каталог национальных стандартов [Электронный ресурс]. М. URL: <https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/standarts/>.
9. СП 34.13330.2021. Свод правил. Автомобильные дороги. СНиП 2.05.02-85. Каталог национальных стандартов [Электронный ресурс]. М. URL: <https://minstroyrf.gov.ru/docs/119239/>.
10. Сагинова О.В., Завьялова Н.Б. Велосипед в транспортной системе современного мегаполиса. Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова. М: Российское предпринимательство. №12. 2018.
11. Gut gelaufen, gern gefahren. Mobilität in Dresden und Umlandunter der Lupe. Ergebnisse aus der Verkehrserhebung SrV 2013 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.vvo-online.de/doc/SrV-Mobilitaet-in-Dresden-Verkehrs-erhebung-2013.pdf>.
12. СП 30-102-99. Свод правил по проектированию и строительству. Планировка и застройка территорий малоэтажного жилищного строительства [Электронный ресурс]. М. URL: <https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/standarts/>.
13. Матвейшина М.Е. Развитие процесса субурбанизации на примере Белгородской агломерации // Вестник ИрГТУ. №6(98 101). 2015.
14. Новиков А.Н., Шевцова А.Г. Безопасное и эффективное управление транспортными потоками в городской транспортной системе: монография. Москва: Академия. 2022. 205 с.
15. Юнг А.А., Шевцова А.Г. Повышение БДД СИМ в крупных городах с помощью моделирования участка дорожного движения // Транспортные и транспортно-технологические системы: Материалы Международной научно-технической конференции. Тюмень. 2022. С. 166-172.
16. Джеф Спек. Город для пешеходов. Издательство «Искусство – XXI век», 2015.
17. ГОСТ Р 70514-2022. Электрические средства индивидуальной мобильности. Технические требования и методы испытаний: Каталог национальных стандартов [Электронный ресурс]. М. URL: <https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/standarts/>.

Кошкин Константин Александрович

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
308012, г. Белгород, ул. Костюкова 46
Аспирант
E mail: Koshkin_KA@mail.ru

Боровской Алексей Евгеньевич

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Адрес: 308012, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46
К.т.н., доцент кафедры ЭОДА
E mail: a.e.borovskoy@gmail.com

Новиков Иван Алексеевич

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Адрес: 308012, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46
Директор транспортно-технологического института
E mail: ooows@mail.ru

Боровская Ольга Юрьевна

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Адрес: 308012, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46
Старший преподаватель
E mail: a.e.borovskoy@gmail.com

K.A. KOSHKIN, A.E. BOROVSKOI, I.A. NOVIKOV, O.Y. BOROVSKAYA

ON THE POSSIBILITY OF CREATING A METHODOLOGY FOR JUSTIFYING THE CONSTRUCTION OF BICYCLE TRANSPORTATION INFRASTRUCTURE IN CITIES AND URBAN AGGLOMERATIONS

Abstract. The article describes the possibility of using bicycle and SIM transport as an alternative to personal vehicles on movements within a radius of 5-10 kilometers, using the example of one of the settlements that are part of the Belgorod agglomeration. Also, based on the analysis of the street and road network, the planning structure and the number of potential users of bicycle and SIM transport, it is concluded that it is possible to create a methodology for justifying the construction of transport infrastructure for the use of bicycles and means of individual mobility in the conditions of urban development and urban agglomerations.

Keywords: urban agglomeration, transport accessibility, transportation services, means of individual mobility, bicycle transportation infrastructure, transport planning documents, general plan of municipal education, bicycle infrastructure

BIBLIOGRAPHY

1. Statisticheskiy ezhegodnik. Belgorodskaya oblast`. 2023. Belgorod: Belgorodstat, 2023. 496 s.
2. Ob utverzhdenii transportnoy strategii Rossiyskoy federatsii do 2030 goda s prognozom na period do 2035 goda: Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossiyskoy federatsii №3363 r ot 27.11.2021 g. [Elektronnyy resurs]. M. URL: <https://rosavtodor.gov.ru/docs/transportnaya-strategiya-rf-na-period-do-2030-goda-s-prognozom-na-period-do-2035-goda>.
3. Ob organizatsii dorozhnogo dvizheniya v Rossiyskoy Federatsii i o vnesenii izmeneniy v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossiyskoy Federatsii: Federal'nyy zakon ot 20.12.2017 № 443-FZ [Elektronnyy re-surs]. M. URL: <https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/standarts/>.
4. Karta gradostroitel'nogo zonirovaniya Novosadovskogo s.p. [Elektronnyy resurs]. M. URL: https://novosadovskoe-r31.gosweb.gosuslugi.ru/deyatelnost/napravleniya-deyatelnosti/gradostroitelstvo/dokumenty-1_90.html.
5. Metodicheskie rekomendatsii po razrabotke i realizatsii meropriyatiy po organizatsii dorozhnogo dvizheniya. Trebovaniya k planirovaniyu razvitiya infrastruktury velosipednogo transporta poseleniy, gorodskikh okrugov v Rossiyskoy federtsii [Elektronnyy resurs]. M. URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/10/9511>.

6. ZHukov V.I., Kopylov S.V. Proektirovanie gorodskikh ulits i dorog: uchebno-metodicheskoe posobie. Krasnoyarsk: Sib. feder. un-t, 2014. 80 s.
7. SP 396.1325800.2018. Ulitsy i dorogi naselennykh punktov. Pravila gradostroitel'nogo proektirovaniya: Katalog natsional'nykh standartov [Elektronnyy resurs]. M. URL: <https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/standarts/>.
8. SP 42.13330-2016 Svod pravil. Gradostroitel'stvo. Planirovka i zastroyka gorodskikh i sel'skikh poseleniy. Katalog natsional'nykh standartov [Elektronnyy resurs]. M. URL: <https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/standarts/>.
9. SP 34.13330.2021. Svod pravil. Avtomobil'nye dorogi. SNiP 2.05.02-85. Katalog natsional'nykh standartov [Elektronnyy resurs]. M. URL: <https://minstroyrf.gov.ru/docs/119239/>.
10. Saginova O.V., Zav'yalova N.B. Velosiped v transportnoy sisteme sovremennogo megapolisa. Rossiyskiy ekonomicheskii universitet im. G.V. Plekhanova. M: Rossiyskoe predprinimatel'stvo. №12. 2018.
11. Gut gelaufen, gern gefahren. Mobilität in Dresden und Umland unter der Lupe. Ergebnisse aus der Verkehrserhebung SrV 2013 [Elektronnyy resurs]. URL: <https://www.vvo-online.de/doc/SrV-Mobilitaet-in-Dresden-Verkehrs-erhebung-2013.pdf>.
12. SP 30-102-99. Svod pravil po proektirovaniyu i stroitel'stvu. Planirovka i zastroyka territoriy maloetazhnogo zhilishchnogo stroitel'stva [Elektronnyy resurs]. M. URL: <https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/standarts/>.
13. Matveyshina M.E. Razvitie protsessa suburbanizatsii na primere Belgorodskoy aglomeratsii // Vestnik IrGTU. №6(98 101). 2015.
14. Novikov A.N., Shevtsova A.G. Bezopasnoe i effektivnoe upravlenie transportnymi potokami v gorodskoy transportnoy sisteme: monografiya. Moskva: Akademiya. 2022. 205 s.
15. YUng A.A., Shevtsova A.G. Povyshenie BDD SIM v krupnykh gorodakh s pomoshch'yu modelirovaniya uchastka dorozhnogo dvizheniya // Transportnye i transportno-tehnologicheskie sistemy: Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii. Tyumen'. 2022. S. 166-172.
16. Dzhef Spek. Gorod dlya peshekhodov. Izdatel'stvo «Iskusstvo - HHI vek», 2015.
17. GOST R 70514-2022. Elektricheskie sredstva individual'noy mobil'nosti. Tekhnicheskie trebovaniya i metody ispytaniy: Katalog natsional'nykh standartov [Elektronnyy resurs]. M. URL: <https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/standarts/>.

Koshkin Konstantin Aleksandrovich

Belgorod State Technological University
Adress: 308012, Russia, Belgorod, Kostyukova str., 46
Graduate student
E mail: Koshkin_KA@mail.ru

Borovskoy Aleksey Evgenyevich

Belgorod State Technological University
Adress: 308012, Russia, Belgorod, Kostyukova str., 46
Candidate Of Technical Sciences
E mail: a.e.borovskoy@gmail.com

Novikov Ivan Alekseevich

Belgorod State Technological University
Address: 308012, Russia, Belgorod, st. Kostyukova, 46
Director of the Transport and Technology Institute
E mail: ooows@mail.ru

Borovskaya Olga Yurievna

Belgorod State Technological University
Adress: 308012, Russia, Belgorod, Kostyukova str., 46
Senior teacher
E mail: a.e.borovskoy@gmail.com

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ ПЕРЕВОЗОК

УДК 656.02

doi:10.33979/2073-7432-2025-1-2(88)-12-21

Ю.Н. РИЗАЕВА, П.Ю. ПУШКИН, А.С. ЛУКИНОВ

**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА
ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ**

***Аннотация.** Авторами проведён анализ данных о функционировании контрактной системы пассажирских перевозок города и предложен алгоритм оценки качества транспортного обслуживания населения, который позволит повысить эффективность управления системой пассажирских перевозок. Использование предложенного алгоритма дает возможность быстрее проводить анализ существующего состояния маршрутной сети города, выявлять проблемные направления работы транспортной системы и формировать обоснованные рекомендации по улучшению маршрутной сети.*

***Ключевые слова:** управление, алгоритм, пассажирская система, автомобильный транспорт*

Введение

Для развития системы пассажирских перевозок необходимо обладать актуальной информацией о состоянии маршрутной сети [1]. Для увеличения темпов развития пассажирской транспортной системы требуется внедрять современные методы сбора и анализа больших данных о работе общественного транспорта [2].

Материалы и методы

Авторами проведён анализ данных о функционировании контрактной системы пассажирских перевозок города Липецка из разнарядок перевозчиков и диспетчерских докладов, показывающих количество непринятых к учёту рейсов из-за отсутствия навигационных данных. С 13 июля 2015 года вступил в силу Ф3 N 220 «Об организации регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом в РФ и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ», регулирующий отношения в сфере организации пассажирских перевозок автомобильным и городским наземным электрическим транспортом. В соответствии с положениями указанного закона в переходный период до 13 июля 2022 года большинство городов России при организации перевозок по регулируемым тарифам осуществили переход на контрактную систему пассажирских перевозок в соответствии с Ф3 N 44 «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд». Результаты сравнительного анализа соответственно до и после перехода на контрактную систему пассажирских перевозок по регулируемым тарифам согласно требованиям законодательства представлены на рисунке 1.

Теория / расчет

На рис. 1 отчётливо видно, что с переходом на контрактную систему перевозок в городе Липецке даже по модели «нетто»-контрактов, согласно Приказу Министерства транспорта РФ от 20.10.2021 г. № 351 «Об утверждении Порядка определения начальной (максимальной) цены контракта, а также цены контракта, заключаемого с единственным поставщиком (подрядчиком, исполнителем), при осуществлении закупок в сфере регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом», при которых выручка с линии остаётся у перевозчика, количество рейсов, выполненных без навигации, снизилось в первый год на 56,88%. Изменения особенно заметны на маршрутах, обслуживаемых перевозчиками немуниципальной формы собственности, поскольку выручка с линии была для них единственным источником финансового обеспечения,

как говорится в письме Минтранса РФ Губернатору Липецкой области № АК-ДЗ-24/6968 от 01.04.2024. С появлением контрактной системы и доплаты из бюджета ситуация коренным образом изменяется и процесс пассажирских перевозок становится более прозрачным и контролируемым [3].



Рисунок 1 – Количество рейсов, не принятых к учёту из-за отсутствия навигационных данных

Повышение качества транспортного обслуживания населения возможно при подключении подвижного состава к системе спутниковой навигации [4, 5]. Под подключением в данном контексте подразумевается наличие бортового навигационного терминала, его непрерывная работа и передача сигнала о местоположении, скорости и направлении движения всего парка подвижного состава пассажирской транспортной системы.

Для дальнейшего анализа существующего положения транспортной системы города Липецка использованы данные автоматизированной системы безналичной оплаты проезда на транспорте общего пользования, к которой присоединены все перевозчики Липецкой области, в том числе обслуживающие муниципальные маршруты регулярных перевозок города Липецка, и навигационные данные, поступающие от транспортных средств в диспетчерскую службу МБУ «Липецкая городская транспортная компания».

Для построения алгоритма оценки качества транспортного обслуживания населения использовались фактические данные о работе семи муниципальных маршрутов регулярных перевозок города Липецка. Срез данных осуществлялся еженедельно более полугода, при этом сопоставлялись данные диспетчерских докладов и отчётов о количестве перевезённых пассажиров за указанный период.

Сводная база данных по семи муниципальным маршрутам включает в себя 364 строки и 27 столбцов. Дальнейший анализ осуществлялся по каждому выбранному маршруту в отдельности по следующим полям: фактический пробег, количество перевезённых пассажиров, процент выполнения рейсов и процент рейсов, выполненных с навигацией.

Далее с использованием функционала MS Excel выполняется расчёт корреляции данных о фактическом пробеге с данными о количестве перевезённых пассажиров и проверяется статистическая значимость коэффициента корреляции (во всех примерах корреляция оказалась статистически значима). Для оценки достоверности исходных данных рассчитывается среднее значение по полю «Процент выполнения рейсов» и медиана по полю «Процент рейсов, выполненных с навигацией».

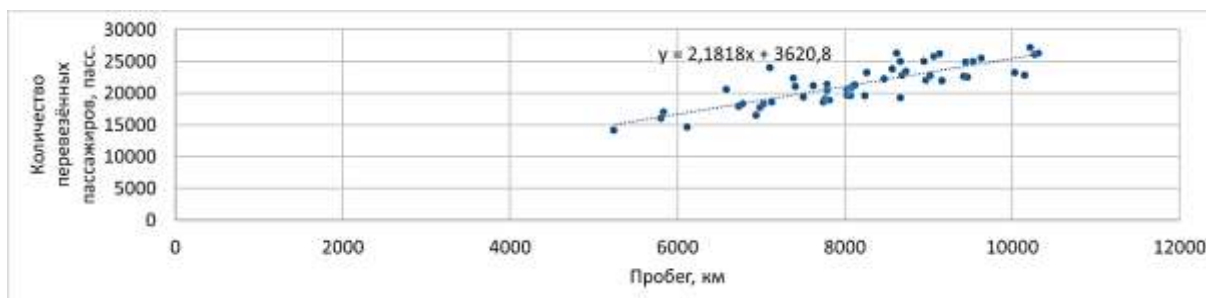


Рисунок 2 – Зависимость количества перевозимых пассажиров от выполняемого пробега по маршруту №24



Рисунок 3 – Комбинированная диаграмма еженедельного фактического пробега и количества перевезённых пассажиров по маршруту № 24

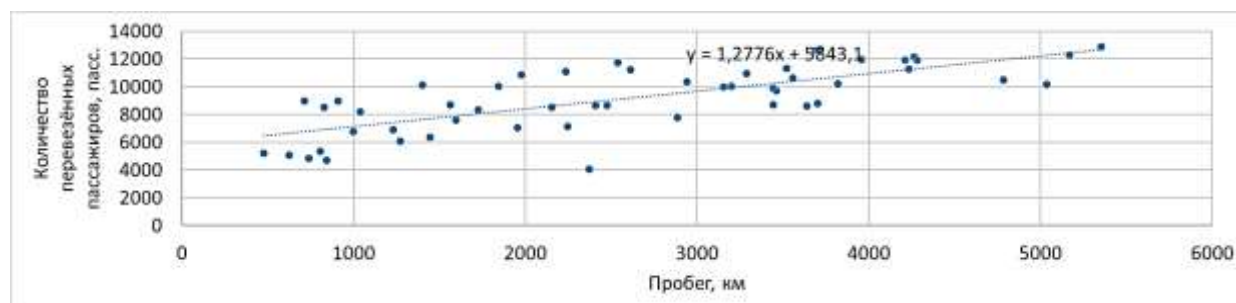


Рисунок 4 – Зависимость количества перевозимых пассажиров от выполняемого пробега по маршруту № 302



Рисунок 5 – Комбинированная диаграмма еженедельного фактического пробега и количества перевезённых пассажиров по маршруту № 302

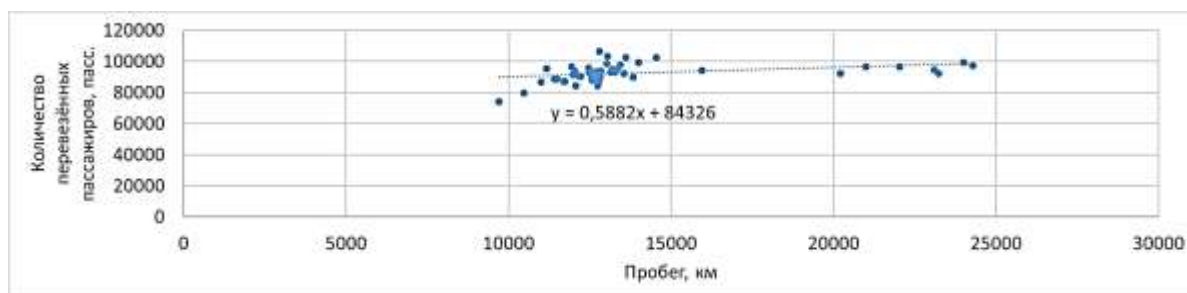


Рисунок 6 – Зависимость количества перевозимых пассажиров от выполняемого пробега по маршруту № 315



Рисунок 7 – Комбинированная диаграмма еженедельного фактического пробега и количества перевезённых пассажиров по маршруту № 315

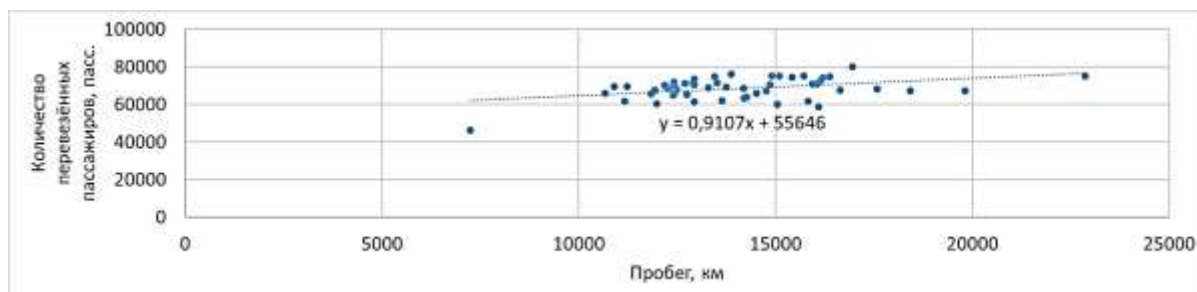


Рисунок 8 – Зависимость количества перевозимых пассажиров от выполняемого пробега по маршруту № 322



Рисунок 9 – Комбинированная диаграмма еженедельного фактического пробега и количества перевезённых пассажиров по маршруту № 322

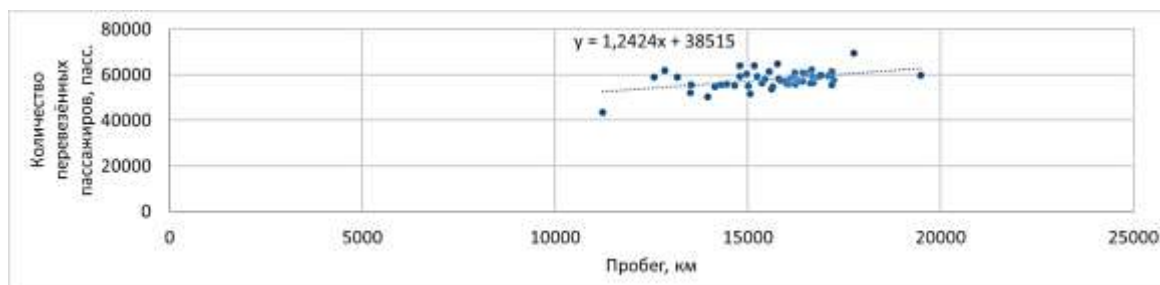


Рисунок 10 – Зависимость количества перевозимых пассажиров от выполняемого пробега по маршруту № 323



Рисунок 11 – Комбинированная диаграмма еженедельного фактического пробега и количества перевезённых пассажиров по маршруту № 323

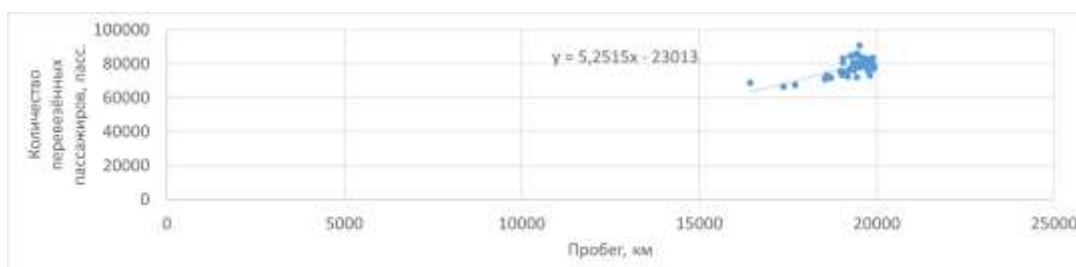


Рисунок 12 – Зависимость количества перевозимых пассажиров от выполняемого пробега по маршруту № 330



Рисунок 13 – Комбинированная диаграмма еженедельного фактического пробега и количества перевезённых пассажиров по маршруту № 330

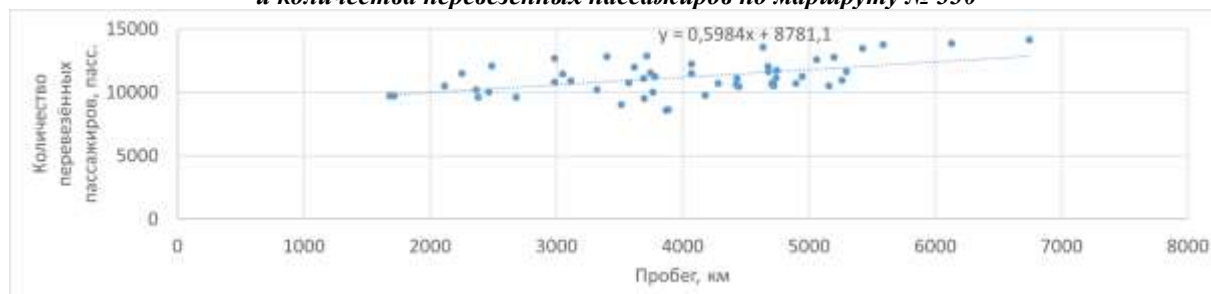


Рисунок 14 – Зависимость количества перевозимых пассажиров от выполняемого пробега по маршруту № 379



Рисунок 15 – Комбинированная диаграмма еженедельного фактического пробега и количества перевезённых пассажиров по маршруту № 379

На каждом графике зависимости количества перевозимых пассажиров от выполняемого пробега по маршруту построена линия тренда с линейной функцией. Производная от указанной функции, равная числовому множителю рядом с переменной «х», показывает скорость изменения (чувствительность) пассажиропотока после изменения фактического пробега на маршруте.

Результаты и обсуждение

Результаты статистического анализа данных представлены в таблице 1. Сводные результаты анализа - в таблице 2.

Таблица 1 – Результаты статистического анализа данных

Маршрут	Корреляция (между фактическим пробегом и количеством перевезённых пассажиров)	Производная (от функции, заданной линией тренда)	Достоверность (среднее значение процента выполнения рейсов)	Легальность (медиана процента выполнения рейсов с навигацией)
315	0,370391587	0,5882	44,13846154	44,2
379	0,506722417	0,5984	40,47115385	76,5
322	0,408176423	0,9107	48,99230769	63,6
323	0,456395628	1,2424	71,62884615	95,2
302	0,739585434	1,2776	29,50192308	72,1
24	0,838779783	2,1818	67,33076923	96,4
330	0,665536711	5,2515	97,04615385	99,7

Подобный анализ предлагается выполнять для всей маршрутной сети в автоматическом режиме как на плановой еженедельной или ежедневной основе, так и по отдельным интересующим периодам. Необходимо отметить, что для построения эффективной интеллектуальной системы управления пассажирскими перевозками критически значимым фактором является степень достоверности и легальности, т.е. качества исходных данных и обратной связи [6]. При низких значениях указанных показателей дальнейший анализ является малоинформативным, а внедрение интеллектуальной транспортной системы при подобных показателях исходных данных – контрпродуктивным мероприятием. Повысив указанные показатели до необходимого доверительного уровня, следует приступить к сортировке данных.

Коэффициент корреляции отражает степень безальтернативности (уникальности) маршрута, а значение производной позволяет прогнозировать изменение пассажиропотока при изменении планового пробега (например, при изменении расписания движения или выпуска на линию). Таким образом, при минимальных значениях корреляции и производной необходимо прорабатывать возможность отмены либо существенного изменения маршрута, высокая корреляция и производная – признак востребованного маршрута, отмена которого недопустима без предоставления соразмерной альтернативы. При высокой корреляции и низкой производной необходимо прорабатывать расписание движения, выпуск и класс транспортных средств с сохранением существующей схемы маршрута. Низкая корреляция и высокая производная – признак высокой задублированности маршрута, при которой необходима оптимизация маршрутов на данном направлении.

Таблица 2 - Пример анализа существующего и целевого состояния маршрутной сети

Эффективность существующей маршрутной сети и потенциал её развития		
Маршрут	Корреляция	Производная
x1	0,024929544	4
x2	0,841107739	2
x3	0,969230909	2
x4	0,897465019	5
x5	0,452913104	3
x6	0,546782552	5
x7	0,472140155	1
x8	0,891540695	3
x9	0,773182138	7
x10	0,876676622	2
x11	0,283971628	5
x12	0,331738591	5
x13	0,902082356	2
x14	0,081736013	3
x15	0,095843396	5
x16	0,822648248	7
x17	0,266485431	1
x18	0,224556516	6
x19	0,117609522	7
x20	0,201170546	6
x21	0,378536421	6
x22	0,693689352	5
x23	0,409125216	7
x24	0,779930454	2

Целевое состояние маршрутной сети		
Маршрут	Корреляция	Производная
x1	0,7	5
x2	0,7	5
x3	0,7	5
x4	0,7	5
x5	0,7	5
x6	0,7	5
x7	0,7	5
x8	0,7	5
x9	0,7	5
x10	0,7	5
x11	0,7	5
x12	0,7	5
x13	0,7	5
x14	0,7	5
x15	0,7	5
x16	0,7	5
x17	0,7	5
x18	0,7	5
x19	0,7	5
x20	0,7	5
x21	0,7	5
x22	0,7	5
x23	0,7	5
x24	0,7	5

Эффективность существующей маршрутной сети и потенциал её развития		
Маршрут	Корреляция	Производная
x25	0,543650286	4
x26	0,955172255	7
x27	0,980793693	6
x28	0,636139491	7
x29	0,842227713	4
x30	0,607691688	3
x31	0,490102129	5
x32	0,166972623	7
x33	0,740819649	4
x34	0,385953622	6
x35	0,373544813	3
x36	0,336785312	7
x37	0,923189527	6
x38	0,581700472	7

Целевое состояние маршрутной сети		
Маршрут	Корреляция	Производная
x25	0,7	5
x26	0,7	5
x27	0,7	5
x28	0,7	5
x29	0,7	5
x30	0,7	5
x31	0,7	5
x32	0,7	5

После проведения мероприятий по улучшению работы маршрутной сети проводится контрольный срез показателей, и цикл повторяется до достижения оптимальных показателей транспортной работы [7, 8]. На рисунке 16 представлен алгоритм оценки качества транспортного обслуживания населения, который позволяет подтвердить взаимосвязь количества единиц подвижного состава, финансирования отрасли, показателей транспортной работы и уровня экономического развития города (региона, страны), а также оценить эффективность моделей взаимодействия между субъектами пассажирских перевозок [9, 10].

Выводы

Применение алгоритма оценки качества транспортного обслуживания населения позволит значительно повысить эффективность использования существующих технических и кадровых ресурсов за счёт концептуального изменения подхода к управлению перевозками и проведения объективного анализа работы пассажирской транспортной системы с обоснованными рекомендациями по её улучшению.

Аналитика данных по предложенному алгоритму позволит сформировать объективное представление о текущем состоянии маршрутной сети города [11] и оперативно отслеживать динамику изменений при принятии управленческих решений, что даст возможность сэкономить значительное количество временных, материальных и трудовых ресурсов на проведение натурного обследования [12].

Алгоритм также может включить дополнительные источники данных [13, 14] с расширением сетки оценки состояния и вариативности рекомендуемых действий для улучшения состояния пассажирской транспортной системы [15].

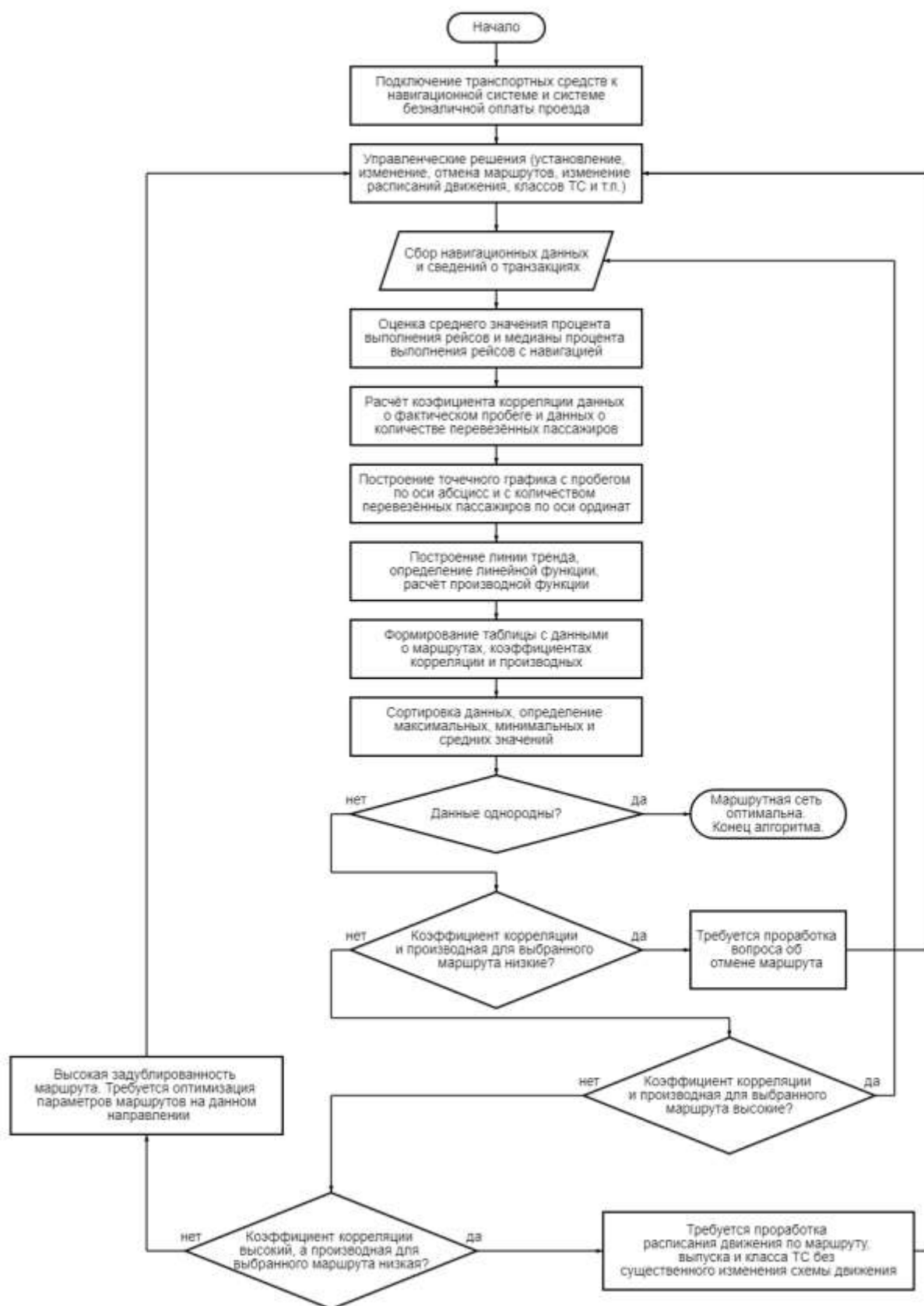


Рисунок 16 - Алгоритм оценки качества транспортного обслуживания населения

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Юдин В.А., Самойлов Д.С. Городской транспорт // Москва: Стройиздат. 1975. 287 с.

2. Новиков А.Н., Мирошников Е.В. Практическая реализация принципов интеллектуального управления транспортными потоками в городе Белгороде // Мир транспорта и технологических машин. 2024. №1-3(84). С. 111-118.
3. Якушева У.А., Новиков А.Н., Шевцова А.Г. Перспективные методы совершенствования качества обслуживания пассажиров на вокзальных комплексах // Мир транспорта и технологических машин. 2023. №3-4(82). С. 77-82.
4. Новиков А.Н., Митряев И.С. Совершенствование организации дорожного движения путем информатизации взаимодействия органов публичной власти с участниками дорожного движения и иными организациями // Мир транспорта и технологических машин. 2023. №3-3(82). С. 109-115.
5. Домбальян А.В., Зырянов В.В., Шаталова Е.Е., Проскурина О.В. Разработка геоинформационной базы пешеходных потоков в Ростовской агломерации // Мир транспорта и технологических машин. 2023. №2(81). С. 81-88.
6. Курганов В.М., Грязнов М.В., Дорофеев А.Н. Обратные связи в управлении транспортной системой // Логистические системы в глобальной экономике. 2021. №11. С. 189-193.
7. Курганов В.М., Грязнов М.В., Дорофеев А.Н., Адувалин А.А. Методика нормирования материальных ресурсов для автобусов // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2022. №1. С. 102-116.
8. Якунин Н.Н., Якунина Н.В., Любимов И.И. Региональные пассажирские автотранспортные системы: постановка задачи, первые результаты оценивания // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. 2023. Т. 20. №6(94). С. 748-761.
9. Любимов И.И., Якунин Н.Н., Якунина Н.В. Результаты исследования взаимосвязи количества единиц подвижного состава грузового автомобильного транспорта и валовых региональных продуктов // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2022. №5. С. 74-84.
10. Любимов И.И., Якунин Н.Н., Якунина Н.В. Анализ моделей взаимодействия субъектов пассажирских автомобильных перевозок // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. 2022. Т. 19. №6(88). С. 878-889.
11. Зырянов В.В., Ветрова Т.А. Коэффициент эталонности пространственно-геометрических характеристик маршрута // Мир транспорта и технологических машин. 2022. №2 (77). С. 46-53.
12. Клявин В.Э., Ризаева Ю.Н., Гринченко А.В. Комплексный показатель качества пассажирских перевозок автомобильным транспортом // Мир транспорта и технологических машин. 2023. №2(81). С. 51-57. DOI: 10.33979/2073-7432-2023-2(81)-51-57.
13. Еремин С.В., Новиков А.Н., Фроленкова Л.Ю., Кулев А.В., Кулев М.В. Совершенствование дорожного движения в городе Красноярске на основе интеллектуальных транспортных технологий // Мир транспорта и технологических машин. 2023. №1-1(80). С. 76-86.
14. Дорохин С.В., Артемов А.Ю. Развитие методов управления транспортными потоками в малых и средних городах // Мир транспорта и технологических машин. 2023. №1-1(80). С. 60-67.
15. Гринченко А.В., Скворцов Е. Оптимизация расписания движения городских автобусов методами имитационного моделирования // Вестник Липецкого государственного технического университета. 2022. №2(48). С. 18-26.

Ризаева Юлия Николаевна

МИРЭА – Российский технологический университет

Адрес: 398055, Россия, г. Москва, пр. Вернадского, 78

Д.т.н., профессор кафедры метрологии и стандартизации, Член Общественного совета при Министерстве транспорта РФ

E-mail: rizaeva@mirea.ru

Пушкин Павел Юрьевич

МИРЭА – Российский технологический университет

Адрес: 119454, Россия, г. Москва, пр. Вернадского, 78

К.т.н., директор Института перспективных технологий и промышленного программирования

E-mail: pushkin@mirea.ru

Лукинов Александр Сергеевич

Департамент транспорта администрации города Липецка

Адрес: 398001, Россия, г. Липецк, ул. Фрунзе, 1

Заместитель председателя департамента транспорта администрации города Липецка

E-mail: lukinovas@lipetskcity.ru

Yu.N. RIZAEVA, P.Yu. PUSHKIN, A.S. LUKINOV

IMPROVING QUALITY TRANSPORT SERVICES TO THE POPULATION

Abstract. *The authors analyzed data on the functioning of the city's contract passenger transportation system and proposed an algorithm for assessing the quality of transport services for the population, which will improve the efficiency of managing the passenger transportation system. The use of the proposed algorithm makes it possible to quickly analyze the existing state of the city's route network, identify problematic areas of the transport system and formulate reasonable recommendations for improving the route network.*

Keywords: *control, algorithm, passenger system, road transport*

BIBLIOGRAPHY

1. YUdin V.A., Samoylov D.S. Gorodskoy transport // Moskva: Stroyizdat. 1975. 287 s.
2. Novikov A.N., Miroshnikov E.V. Prakticheskaya realizatsiya printsipov intellektual'nogo upravleniya transportnymi potokami v gorode Belgorode // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2024. №1-3(84). S. 111-118.
3. YAKusheva U.A., Novikov A.N., Shevtsova A.G. Perspektivnye metody sovershenstvovaniya kachestva obsluzhivaniya passazhirov na vokzal'nykh kompleksakh // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2023. №3-4(82). S. 77-82.
4. Novikov A.N., Mitryaev I.S. Sovershenstvovanie organizatsii dorozhnogo dvizheniya putem informatizatsii vzaimodeystviya organov publichnoy vlasti s uchastnikami dorozhnogo dvizheniya i inymi organizatsiyami // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2023. №3-3(82). S. 109-115.
5. Dombalyan A.V., Zyryanov V.V., Shatalova E.E., Proskurina O.V. Razrabotka geoinformatsionnoy bazy peshekhodnykh potokov v Rostovskoy aglomeratsii // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2023. №2(81). S. 81-88.
6. Kurganov V.M., Gryaznov M.V., Dorofeev A.N. Obratnye svyazi v upravlenii transportnoy sistemoy // Logisticheskie sistemy v global'noy ekonomike. 2021. №11. S. 189-193.
7. Kurganov V.M., Gryaznov M.V., Dorofeev A.N., Aduvalin A.A. Metodika normirovaniya material'nykh resursov dlya avtobusov // Intellect. Innovatsii. Investitsii. 2022. №1. S. 102-116.
8. YAKunin N.N., YAKunina N.V., Lyubimov I.I. Regional'nye passazhirskie avtotransportnye sistemy: postanovka zadachi, pervye rezul'taty otsenivaniya // Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo avtomobil'no-dorozhnogo universiteta. 2023. T. 20. №6(94). S. 748-761.
9. Lyubimov I.I., YAKunin N.N., YAKunina N.V. Rezul'taty issledovaniya vzaimosvyazi kolichestva edinit podvizhnogo sostava gruzovogo avtomobil'nogo transporta i valovykh regional'nykh produktov // Intellect. Innovatsii. Investitsii. 2022. №5. S. 74-84.
10. Lyubimov I.I., YAKunin N.N., YAKunina N.V. Analiz modeley vzaimodeystviya sub'ektov passazhirskikh avtomobil'nykh perevozok // Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo avtomobil'no-dorozhnogo universiteta. 2022. T. 19. №6(88). S. 878-889.
11. Zyryanov V.V., Vetrova T.A. Koeffitsient etalonnosti prostranstvenno-geometricheskikh kharakteristik marshruta // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2022. №2 (77). S. 46-53.
12. Klyavin V.E., Rizaeva YU.N., Grinchenko A.V. Kompleksnyy pokazatel' kachestva passazhirskikh perevozok avtomobil'nyim transportom // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2023. №2(81). S. 51-57. DOI: 10.33979/2073-7432-2023-2(81)-51-57.
13. Eremin S.V., Novikov A.N., Frolenkova L.YU., Kulev A.V., Kulev M.V. Sovershenstvovanie dorozh-nogo dvizheniya v gorode Krasnoyarske na osnove intellektual'nykh transportnykh tekhnologiy // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2023. №1-1(80). S. 76-86.
14. Dorokhin S.V., Artemov A.YU. Razvitie metodov upravleniya transportnymi potokami v mal'nykh i sred-nikh gorodakh // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2023. №1-1(80). S. 60-67.
15. Grinchenko A.V., Skvortsov E. Optimizatsiya raspisaniya dvizheniya gorodskikh avtobusov metodami imitatsionnogo modelirovaniya // Vestnik Lipetskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2022. №2(48). S. 18-26.

Rizaeva Yulia Nikolaevna

MIREA – Russian Technological University
Address: 398055, Russia, Moscow, Vernadskogo str., 78
Doctor of Technical sciences
E-mail: rizaeva@mirea.ru

Lukinov Aleksandr Sergeevich

Lipetsk Department of Transportation
Address: 398001, Russia, Lipetsk, Frunze str., 1
Vice-Chair of Lipetsk Department of Transportation
E-mail: lukinovas@lipetskcity.ru

Pushkin Pavel Yurievich

MIREA – Russian Technological University
Address: 398055, Russia, Moscow, Vernadskogo str., 78
Candidate of Technical Sciences
E-mail: pushkin@mirea.ru

УДК 656.025.4

doi:10.33979/2073-7432-2025-1-2(88)-22-34

И.О. ПОЛЕШКИНА

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В СИСТЕМЕ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ СЕВЕРНОГО ЗАВОЗА

Аннотация. Целью статьи является исследование транспортного обеспечения северного завоза и разработка предложений по применению беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в цепях поставок на примере Республики Саха (Якутия) (РС(Я)). Методами исследования являются анализ морфологии транспортной сети региона, пространственный анализ опорной сети транспортно-логистических центров и статистический анализ объемов завозимых грузов по категориям. Результаты исследования заключаются в описании четырех действующих схемы доставки грузов в арктические районы РС(Я), определении их протяженности, сроков эксплуатации и среднего количества требуемых перевалок грузов. С учетом проектируемых БПЛА разработана перспективная схема их встраивания в систему транспортного обеспечения северного завоза в РС(Я).

Ключевые слова: транспортная система, беспилотные летательные аппараты, доставка грузов, северный завоз, арктические регионы, Республика Саха (Якутия)

Введение

На территории районов Крайнего Севера и приравненных к ним местностях России воздушный транспорт является основным в обеспечении пассажирских перевозок [1]. Сложность природно-климатических условий, большие годовые перепады температур, вечная мерзлота существенно удорожают строительство инфраструктуры наземных видов транспорта [2]. Вместе с тем, исторически сложилось, что для перевозки грузов широко используются сезонно действующие водные пути сообщения и автозимники. Однако в периоды отсутствия других альтернативных вариантов доставки срочные грузы, медикаменты и социально значимые скоропортящиеся грузы, такие как молочные продукты с ограниченным сроком годности, яйца, фрукты, некоторые овощи, в арктические районы доставляются воздушным транспортом (ВТ). К таким периодам преимущественно относится межсезонье, когда закрывается навигация, или прекращают свою работу автозимники. Это периоды с конца апреля по конец мая – начало июня и с середины октября по конец декабря. Такие ограничения осложняют создание надежной системы северного завоза грузов, которая должна базироваться на круглогодично действующем транспортном каркасе рассматриваемых территорий.

В 2023 г. на государственном уровне принят Федеральный закон № 411-ФЗ «О северном завозе». Его целью является «создание правовых и организационных основ для осуществления завоза грузов на территории с ограниченными сроками завоза грузов, расположенные в границах муниципальных образований, относящихся к районам Крайнего Севера и приравненным к ним местностям, и государственного регулирования цен на отдельные виды товаров, торговых надбавок к ценам на них, тарифов на отдельные услуги» [3]. Согласно данного закона Правительство Российской Федерации оказывает государственную поддержку участникам северного завоза, осуществляющим поставку грузов первой категории. В список грузов первой категории Северного завоза помимо топливо-энергетических ресурсов и горюче-смазочных материалов попали социально значимые продовольственные товары (95 наименований), непродовольственные товары народного потребления первой необходимости (60 наименований), лекарственные средства, медицинские изделия и специализированные продукты лечебного питания. Часть из этих грузов попадает в категорию скоропортящихся.

В ФЗ определено понятие единого морского оператора северного завоза, призванного осуществлять каботажные перевозки между морскими портами. Также в законе определен перечень объектов транспортно-логистической инфраструктуры, составляющих опорную сеть северного завоза. Для перевозки грузов северного завоза установлено использование автомобильного, железнодорожного, внутреннего водного, морского и воздушного транспорта. При этом грузы первой и второй категории в соответствии с законодательством Российской Федерации в области транспорта должны перевозиться и обслуживаться в приоритетном порядке. Исследованию вопросов надежности северного завоза посвящено большое количество научных работ [4-12]. Сложной проблемой в его организации является отсутствие круглогодично действующей транспортной инфраструктуры, связывающей все населенные пункты. Особенно остро эта проблема наблюдается в арктической зоне Красноярского края, Республики Саха (Якутия) и Чукотском автономном округе. Изучению направлений развития транспортной системы этих территорий последнее время уделяется большое внимание [13-20]. Результаты исследований показывают, что в регионах Восточной Арктики России отсутствуют железнодорожные пути сообщения (за исключением участка Норильск – Дудинка в Красноярском крае). Доставка грузов осуществляется преимущественно в несколько этапов с сезонными разрывами: на первом этапе грузы доставляются в основные транспортно-логистические центры региона различными видами транспорта, на втором этапе – грузы доставляются до административных центров арктических районов преимущественно водным транспортом, на третьем этапе в зимний период развозятся до населенных пунктов по автозимникам. Среднее время доставки грузов до населенных пунктов составляет более одного года, что не позволяет эффективно обеспечивать население товарами, предъявляющими особые требования ко времени доставки. К таким категориям грузов в первую очередь относятся продовольственные социально значимые скоропортящиеся грузы и лекарственные препараты, а также товары электронной коммерции и запчасти.

На первом и втором этапе доставки, при наличии сезонных ограничений работы автомобильного и/или водного транспорта, доставка скоропортящихся и срочных грузов может осуществляться регулярными пассажирскими рейсами в виде их дозагрузки при наличии свободных провозных мощностей. На третьем этапе доставку грузов нерегулярные вертолетные пассажирские рейсы, как правило, не осуществляются. Местные пассажирские рейсы организуются авиакомпаниями по заявкам районных администраций при условии их заполнения. Доставка грузов такими рейсами невозможна из-за большого объема багажа вылетающих пассажиров. В результате на третьем этапе авиационная перевозка грузов возможна только специальными грузовыми рейсами, стоимость которых несопоставимо высокая по сравнению с ценой поставляемых грузов [1].

Сократить время доставки скоропортящихся и срочных грузов в летний период возможно за счет использования воздушного транспорта на третьем этапе доставки при условии снижения стоимости доставки. Крайне высокая стоимость доставки социально значимых и срочных грузов воздушным транспортом в отдаленные арктические населенные пункты обусловлена отсутствием в арктических районах мест базирования легких многоцелевых самолетов, низкой интенсивностью совершаемых полетов, высокими удельными затратами на содержание аэропортовой сети и поддержание летной годности воздушных судов, высокими затратами на доставку авиационного топлива [1]. Подобная ситуация отмечается и в других странах, например в Канаде и на Аляске [21-24]. Решение данной проблемы видится в создании для этих территорий более экономичных беспилотных авиационных систем (БАС) вертикального взлета и посадки.

Материал и методы

Исследование системы доставки грузов северного завоза осуществлялось на примере арктических районов Республики Саха (Якутия). Основными методами исследования являются анализ морфологии транспортной сети региона, пространственный анализ размещения опорной сети транспортно-логистических центров и статистический анализ объемов завозимых грузов по категориям.

Морфологическими характеристиками транспортных сетей, являются их форма и строение. Однако применительно к арктическим регионам дополнительно предлагается оценивать сезонную доступность участков действующей сети и уже на основании выявленных ограничений делать общий вывод о состоянии транспортной сети. При этом сезонную доступность участков действующей сети предлагается оценивать как количество суток в году, в течение которых возможно использование участков каждого вида транспорта. В работе проведен пространственный анализ размещения опорной сети транспортно-логистических центров с учетом наличия их транспортной связанности со всеми населенными пунктами. Пространственный анализ позволил выявить изолированные участки и неравномерность обеспечения транспортной инфраструктурой в арктических районах региона. Статистический анализ объемов завоза социально значимых продовольственных товаров и лекарственных препаратов в населенные пункты, имеющие изолированное положение по отношению к транспортной сети, позволил выявить объем грузов, которые требуют сокращения сроков доставки за счет развития транспортной сети.

Теория

Система доставки грузов северного завоза в Республику Саха (Якутия)

К районам с ограниченным сроком доставки грузов относиться более половины территории Российской Федерации, на которой расположено 4108 населенных пунктов. Анализ топологии транспортной сети Республики Саха (Якутия), самого большого по площади региона Российской Федерации, тринадцать районов которого располагаются в Арктической зоне, показал, что большая часть населенных пунктов имеет изолированное положение по отношению к транспортной сети, доставка грузов осуществляется на основе долгосрочных (более 1 года) многоступенчатых схем доставки. Преобладающее значение в организации грузовых перевозок по территории всего региона имеют сезонные сети автозимников и речные пути, особенно за пределами южной и центральной частей региона. Сезонное речное и автотранспортное сообщение осуществляется в меридиональном направлении и не имеет достаточных широтных связей между собой. Широтные связи представлены Северным морским путем и круглогодично действующими автомобильными трассами федерального значения «Лена», «Колыма», «Вилуй» на юге региона. Отсутствие круглогодичной связи между широтными транспортными путями определяет полуизолированное положение региона, в особенности 13 арктических районов [25, 26].

Основными транспортными артериями, снабжающими арктические районы РС(Я) являются реки – Анабар, Лена, Яна, Индигирка, Колыма. Исходя из основных транспортных артерий выполняется группировка арктических районов – ленская, янская, индигирская и колымская группы районов. По данному принципу осуществляется управление и организация грузопотока в арктические районы, при этом в каждой группе определены узловые центры: для янской группы – это п. Нижнеянский, Усть-Куйга, Батагай, для индигирской – п. Белая Гора, для колымской – п. Черский (порт Зеленый Мыс), п. Зырянка. Автомобильное сообщение в зимний период в основном осуществляется также по русловому признаку. Поэтому расположение населенных пунктов в отдалении от речных артерий определяет их изолированное положение на уровне транспортной дискриминации, рисунок 1.

Доставка грузов в арктические районы и населенные пункты РС(Я) в настоящее время осуществляется по четырем схемам:

1. Через центральный транспортно-логистический узел региона г. Якутск и пгт Нижний Бестях, расположенный на противоположном берегу р. Лена на расстоянии 15 км от г. Якутск. В Якутск грузы доставляются водным транспортом по маршруту «Усть-Кут - Ленск-Якутск», в Нижний Бестях - по железнодорожной ветке «Беркакит-Томмот-Нижний Бестях». Далее водным транспортом грузы доставляются по р. Лена до пгт Тикси с последующей отправкой морем вдоль береговой линии до русел рек Анабар, Яна, Индигирка, Колыма. По руслам рек грузы доставляются до центров арктических районов, за исключением с. Батагай-Алыта (Саккырыр), расположенного в 180 км от русла р. Яна и с. Оленек. В районных цен-

трах грузы депонируются на склады и в зимний период по автозимникам доставляются автомобильным транспортом до населенных пунктов.

2. До населенных пунктов анабарской группы арктических районов незначительная часть грузов доставляется автомобильным и речным транспортом из порта Осетрово, расположенного в Иркутской области [9].

3. Последние несколько лет при организации северного завоза используется схема доставки грузов по Северному морскому пути (СМП) с выгрузкой на рейде недалеко от порта Юрюнг-Хая, расположенного в русле р. Анабар, Тикси, расположенного на бере р. Лена и порта Зеленый Мыс, расположенного в русле р. Колыма. Дальнейшая доставка грузов до населенных пунктов осуществляется также по руслам рек и автозимникам с вынужденным сезонным разрывом.

4. Частично снабжение населенных пунктов Колымской группы районов частными поставщиками осуществляется через порт Сеймчан, расположенный на р. Колыма в Магаданской области. Преимуществом данной схемы доставки является более ранние сроки открытия речной навигации в мае, по сравнению с открытием навигации на СМП.

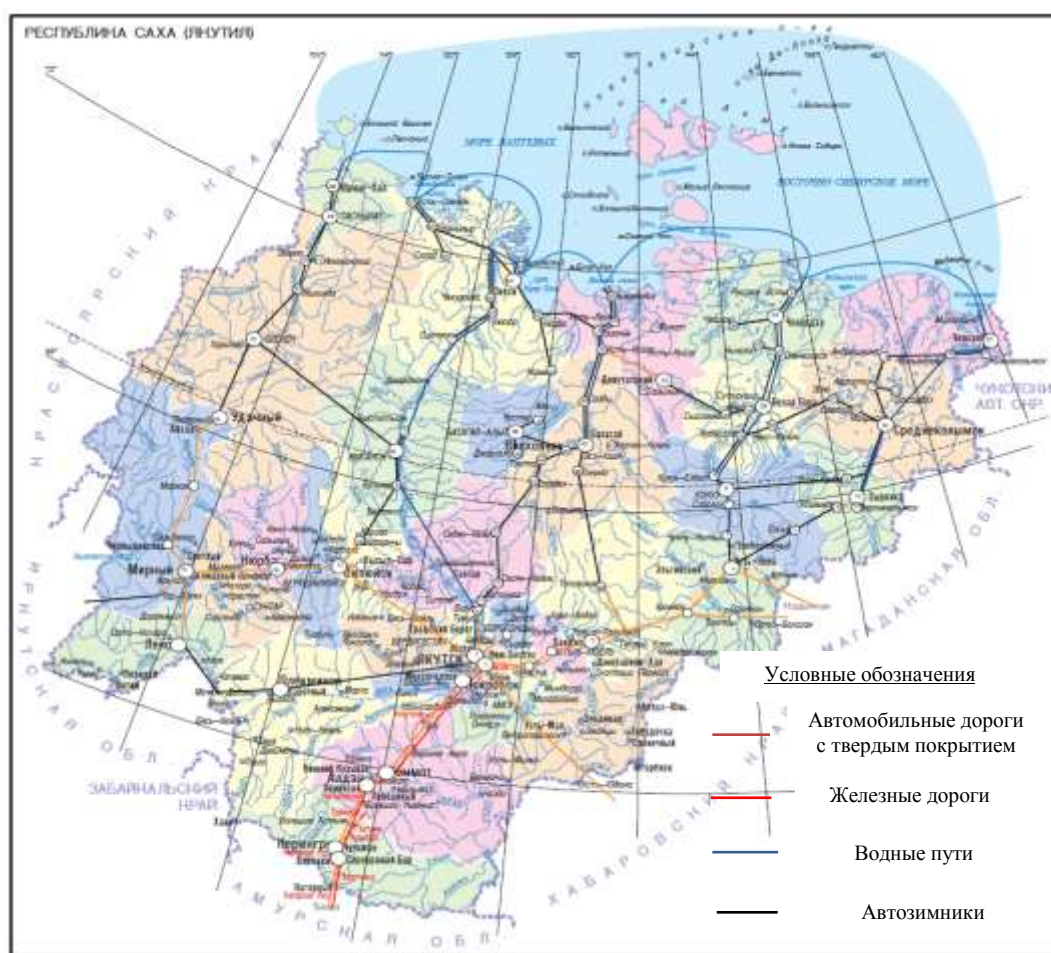


Рисунок 1 - Топология транспортной сети Республики Саха (Якутия)

Протяженность транспортных путей сообщения 13 арктических районов Республики Саха (Якутия) и количество действующих аэропортов и посадочных площадок представлено в таблице 1. На основании анализа среднегодовой продолжительности сроков эксплуатации водных путей сообщения и автозимников был рассчитан коэффициент физической транспортной доступности центров арктических районов РС(Я). Расчет коэффициента осуществлялся путем деления суммарной продолжительности эксплуатации этих путей сообщения в сутках на 365 дней. Результаты расчета коэффициента представлены в таблице 2 [25].

Таблица 1 - Протяженность путей сообщения и наличие аэропортов и посадочных площадок в арктических районах Республики Саха (Якутия)

Район	Протяженность транспортных путей, км			Аэропорты / авиа-площадки, шт.
	Водные пути	Автозимники	Автодороги с тверд. покр.	
Абыйский	591	773	54	1/4
Аллаиховский	423	612	11	1/4
Анабарский	224	339	34	1/3
Булунский	1010	1676	11	1/8
Верхнеколымский	220	409	76	1/3
Верхоянский	508	1855	262	1/10
Жиганский	466	391	8	1/3
Момский	150	1175	58	1/5
Нижнеколымский	317	647	14	1/2
Оленекский	0	1133	40	1/2
Среднеколымский	528	1163	40	1/10
Усть-Янский	383	1679	241	2/5
Эвено-Бытантайский	0	538	39	1/2
Всего	4 820	12 390	888	14/61

Из данной таблицы видно, что наибольшая протяженность автомобильных дорог круглогодичного и сезонного использования расположена на территориях Верхоянского и Усть-Янского районов. Наибольшая протяженность речных путей сообщения проходит по территории Булунского района

Таблица 2 - Физическая доступность центров арктических районов Республики Саха (Якутия)

Центр арктического района (район)	Численность населения арктического района, чел	Период работы водных коммуникаций, суток	Период работы автозимников, суток	Доступность, суток	Коэффициент сезонной доступности
Анабарская группа					
Сыскылах (Анабарский)	3 500	49	126	175	0,48
Оленек (Оленекский)	4 072	0	131	121	0,36
Ленская группа					
Тикси (Булунский)	8 720	83	113	196	0,54
Жиганск (Жиганский)	4 310	128	117	245	0,67
Индигирская группа					
Белая Гора (Абыйский)	4 087	61	111	172	0,47
Чокурдах (Аллаиховский)	2 715	61	80	141	0,47
Хонуу (Момский)	3974	61	111	172	0,47
Янская группа					
Багатай (Верхоянский)	11 702	73	111	184	0,50
Депутатский (Усть-Янский)	7 107	73	111	184	0,50
Батагай-Алыта (Эвено-Бытантайский)	2 839	0	116	116	0,32
Среднеколымская группа					
Черский (Нижнеколымский)	4 294	61	85	146	0,40
Среднеколымск (Среднеколымский)	7 621	61	126	187	0,51
Зырянка (Верхнеколымский)	4 030	61	121	182	0,67

В таблице 3 приведены расстояния перевозки грузов от ТЛЦ Нижний Бестях до 13 арктических районных центра и количество перевалок на маршруте. В первом случае в доставке предполагает преобладающее использование автомобильного транспорта, во-втором – водного, в-третьем – воздушного транспорта. Подвоз грузов к терминалу отправления осуществляется автомобильным транспортом [27].

Таблица 3 - Расстояние перевозки и количество перевалок социально значимых грузов от ТЛЦ Нижний Бестях до центров арктических районов Республики Саха (Якутия)

№	Районный центр	Кол-во населенных пунктов	Характеристика схем доставки					
			Схема 1		Схема 2		Схема 3	
			Расстояние, км	Количество перевалок	Расстояние, км	Количество перевалок	Расстояние, км	Количество перевалок
1	Саскылах	3	2621	0-1	2835	1-2	1285	3
2	Оленек	4	2026	0-1	3989	X	1105	3
3	Тикси	9	1694	0-1	1703	1-2	1270	3
4	Жиганск	4	1096	0-1	764	1-2	610	3
5	Батагай-Алыта	3	1666	0-1	X	X	850	3
6	Депутатский Усть-Куйга	10	1991	0-1	2397	2-3	1025	3
7	Батагай	24	1376	0-1	2785	2-3	705	3
8	Чокурдах	5	2141	0-1	2830	1-2	1290	3
9	Белая Гора	7	1748	0-1	3242	2-3	1160	3
10	Хонуу	7	1341	0-1	3774	2-3	1125	3
11	Черский	4	2608	0-1	3421	1-2	1920	3
12	Средне-колымск	12	1951	0-1	3940	2-3	1485	3
13	Зырянка	6	1592	0-1	4282	1-2	1255	3

Общий объем доставки грузов северного завоза в 2022 г. в Российской Федерации составил 3,4 млн. тонн, в 2023 г. – 3,7 млн. тонн. Основную долю поставляемых грузов составляют жидкое и твердое топливо (нефтепродукты и каменный уголь). Объем доставленных социально значимых грузов в арктические районы региона всеми транспортными схемами в 2023 г. составил 1,287 млн. тонн, из них речным транспортом доставлено 0,391 млн. тонн (30,4 %), по СМП – 0,151 млн. тонн (11,7 %), автомобильным транспортом – 0,740 млн. тонн (57,5 %), воздушным транспортом – 0,005 млн. тонн (0,4 %). Из всего объема завозимых в арктические районы социально значимых грузов на долю продовольственных товаров приходится около 1 % (12-18 тыс. тонн). Наибольшую долю в завозимых продовольственных товарах составляет мука (около 70 %). Также в арктические районы поставляются овощи, фрукты, молочные продукты, яйца, мясопродукты, рыбопродукты и колбасные изделия. Однако, поставляемый объем продовольственных грузов не позволяет покрыть социальную потребность согласно установленным нормам потребительской корзины в расчете на душу населения. Расчетный объем требуемого обеспечения населения арктических районов Республики Саха (Якутия) согласно Закона Республики Саха (Якутия) от 05.12.2013 1237-3 №29-V [28] с учетом возрастной структуры населения составляет 56,4 тыс. тонн продовольственных товаров. Согласно расчетам мука и хлебобулочные изделия должны составлять 16,2 % завозимых товаров, овощи – 21,5 %, фрукты – 8,8 %, сахар и кондитерские изделия – 3,1 %, мясопродукты – 8,8 %, рыбные продукты – 3,9 %, молочные продукты – 34,6 %, яйца – 1,8, масло растительное, маргарин и другие жиры – 1,5 %, прочие продукты – 0,5 % [12]. Таким образом, 44,8 тыс. тонн продовольственных товаров требуют сокращения времени доставки, а также соблюдения температурного режима во время транспортировки и хранения.

Второй группой товаров, отнесенных к грузам первой категории северного завоза являются лекарственные средства, обеспечение которыми населения арктических регионов Республики Саха (Якутия) также осуществляется не в достаточном объеме [29]. В настоящее время их доля в структуре поставляемых грузов составляет около 1 % (т.е. около 15 тыс. тонн).

Для доставки этих категорий грузов требуется создание транспортных схем, позволяющих сократить время перевозки на последнем плече между арктическим районными центрами и населенными пунктами, где отсутствует круглогодичное автомобильное сообщение.

Решением данной проблемы видится создание подсистемы доставки грузов беспилотными летательными аппаратами при условии установления конкурентоспособных тарифов на доставку.

Перспективы применения беспилотных летательных аппаратов для доставки грузов на примере Республики Саха (Якутия)

Анализ действующих схем доставки грузов в арктические районы Республики Саха (Якутия) показал, что для включения в них авиационного транспорта необходимо наличие Беспилотных авиационных систем (БАС) с большой грузоподъемностью и дальностью полета. Результаты исследований объемов доставки социально значимых грузов в отдаленные арктические населенные пункты РС(Я) на последнем плече цепи поставок показали, что требуемая грузоподъемность разрабатываемого беспилотного летательного аппарата (БПЛА) должна составлять от 300 до 500 кг с дальностью полета не менее 700 км. С экономической точки зрения стоимость доставки грузов разрабатываемого БПЛА должна быть конкурентоспособна по сравнению с доставкой грузов автомобильным транспортом в рефрижераторных контейнерах, работающих на подогрев.

Результаты и обсуждение

В результате расчетов были получены следующие требуемые характеристики:

- грузоподъемность не менее 500 кг;
- радиус полета – от 700 км.

С учетом расчетных внешних характеристик грузового беспилотного летательного аппарата на примере территории Республики Саха (Якутия) была построена карта территориального размещения мест базирования БПЛА для обеспечения доставки социально значимых продовольственных грузов и лекарственных средств в арктические районные центры и населенные пункты. В основу определения мест базирования БПЛА положены результаты исследования топологической структуры транспортной сети региона, географическое размещение опорной сети транспортно-логистических центров и данные о базовых маршрутах доставки грузов.

Схема размещения мест базирования БЛАП для доставки грузов на расстояние до 700 км с возможностью возврата в точку отправки представлена на рисунке 2.

Окружностями на рисунке отмечены места базирования грузовых беспилотных авиационных систем с дальностью полета более 700 км, что позволит организовать доставку грузов во все арктические районные центры региона. Для организации доставки на последнем плече, от центра арктического района до населенного пункта возможно использование БАС с грузоподъемностью до 200 кг и дальностью полета до 300 км с возвратом в точку отправления по типу БВС ВТ 440 ОА «НПО «Радар ммс». Такое географическое размещение выбранных мест базирования определено с учетом наиболее критичных мест формирования грузопотоков, где происходит создание наиболее продолжительных вынужденных сезонных запасов грузов в процессе доставки.

В Нижнем Бестяхе происходит формирование запасов грузов, доставляемых на круглогодичной основе автомобильным и железнодорожным транспортом, в Якутске – грузов, доставляемых водным транспортом. В Тикси и Черском в перспективе будет происходить формирование запасов грузов, доставляемых по Северному морскому пути в летний период.

В Зырянке происходит формирование запасов грузов, доставляемых водным транспортом по р. Колыма из Магаданской области (порт Сеймчан). Создание места базирования БАС в Батагае необходимо для обеспечения радиуса покрытия арктических районов Республики Саха (Якутия).

Прогнозные объемы грузовых запасов, формируемых в обозначенных точках будут зависеть от выбранных схем доставки грузов северного завоза. Общий объем грузовых запасов будет равен потребности арктических районов.

В соответствии с рассчитанными характеристиками перспективной видится возможность создания беспилотного летательного аппарата на базе самолета АН-2. Разработка тако-

го проекта реализуется новосибирской компанией «Русавиапром» в отношении разрабатываемой ими модификации ТВС-2МС.

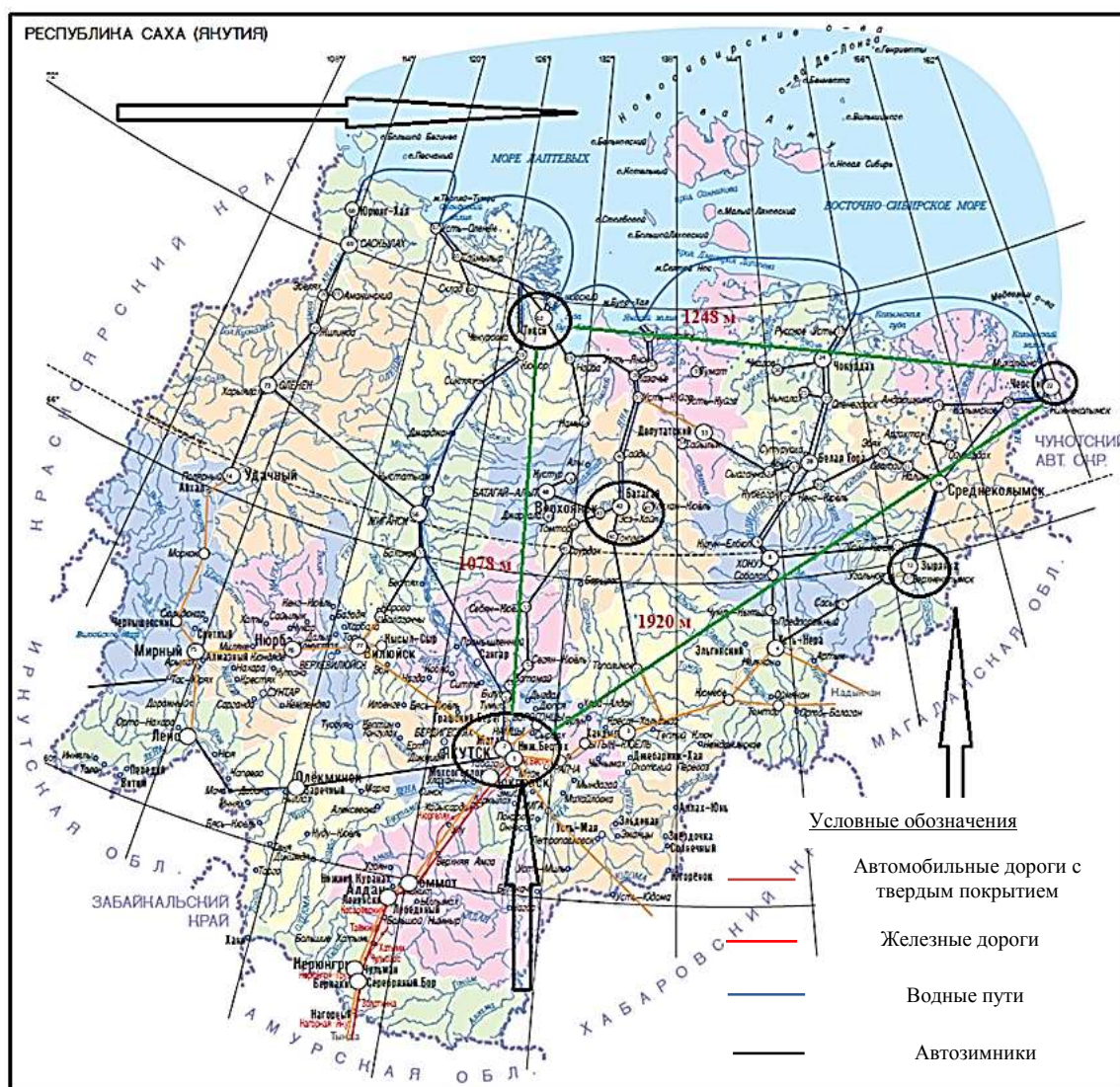


Рисунок 2 - Определение мест базирования грузовых беспилотных летательных аппаратов на территории РС(Я) с учетом действующих схем доставки

В Китае компанией China Aerospace Science and Technology Group Co была создана модификация самого большого в мире беспилотного самолета Feihong 98 на базе многоцелевого биплана Y-5B (созданного в 1995 г.), который является аналогом советского самолета АН-2. Первый коммерческий рейс с грузом FH-98 совершил в августе 2020 г. Грузоподъемность самолета составляет 1500 кг, максимальная взлетная масса – 5250 кг, максимальный объем грузового отсека – 15 куб.м., крейсерская скорость – 180 км/ч, практическая дальность полета – 1200 км, длина разбега – 235 м (рис. 3).

В настоящее время Китай является единственной страной в мире, которая до сих пор продолжает серийный выпуск многоцелевых самолетов на базе Ан-2 с поршневой силовой установкой. В настоящее время китайские производители заявляют о производстве всех комплектующих внутри страны. Летные испытания биплана Y-5B прошли в 2018 г. БПЛА оснащен системой автоматического дисантирования груза, что позволяет использовать его без наличия посадочных полос в отдаленных населенных пунктах.

Для доставки грузов на небольшом плече (до 300 км с возвращением в точку отправления) перспективным видится использование беспилотного летательного аппарата неподвижного крыла с возможностью вертикального взлета и посадки.



Рисунок 3 - Беспилотный самолет FH-98 на базе многоцелевого биплана Y-5B

На российском рынке проектами по созданию БАС вертикального взлета занимаются АО «Научно-производственное предприятие «Радар ммс». Компания разрабатывает готовые многоцелевые комплексы, включающие беспилотные авиационные системы «Радар ммс» с беспилотными воздушными судами вертолетного типа с разной грузоподъемностью и дальностью полета. Перспективный модельный ряд уже включает три воздушных судна: БВС ВТ 30Е, БВС ВТ 45, БВС ВТ 440, грузоподъемностью 7, 10 и 100 кг соответственно. Дальность полета последнего составляет 300 км с возвратом в точку вылета. Т.е. максимальная дальность – 600 км (рис. 4).



Рисунок 4 - Многоцелевое беспилотное воздушное судно вертолетного типа одновинтовой схемы с рулевым винтом производства ОА «НПО «Радар ммс»

БАС в стандартной комплектации включает в себя БВС ВТ 440 с грузовым модулем и станцию внешнего пилота на базе 20-футового High Cube (20'HC) контейнера. Управление судном и обмен информацией осуществляются с помощью станции внешнего пилота, которая входит в состав БАС и доступна в различных вариантах исполнения в зависимости от выбранной комплектации. В настоящее время перед ОА «НПО «Радар ммс» стоит задача сертификации разработанных типов БАС, осложняемая процедурными нормативными требованиями действующего законодательства.

Большой интерес представляет российский проект НЦВ Миля и Камова БАС-750 – Беспилотная авиационная система, в состав которой входят два тяжёлых БПЛА вертолётного типа, а также две наземные станции управления и обеспечения полетов. БПЛА предназначен для транспортировки грузов до 200 кг на расстояние до 750 км. В типовой конфигурации оснащён оптико-электронной системой, пятью камерами кругового обзора день-ночь, воз-

возможностью возврата в пункт отправления при отсутствии спутниковой связи. Построен по одновинтовой схеме с рулевым винтом.

Формирование БАС на территории региона позволит существенно упростить используемые схемы доставки социально значимых продовольственных грузов и лекарственных средств, сократив время доставки, а также создаст условия для развития доставки товаров электронной торговли в отдаленные арктические населенные пункты.

Выводы

Реализация проектов развития БАС на территории арктических регионов требует решения вопросов в части совершенствования законодательства, касающегося сертификации. Также важным вопросом остается экономическая эффективность применения БАС (конкурентоспособная стоимость доставки по сравнению с автомобильным транспортом), которая возможна только при условии масштабирования системы до уровня всего региона. Серьезным фактором, ограничивающим развитие БАС, является отсутствие необходимой инфраструктуры в арктических районных центрах и населенных пунктах.

Для решения этих вопросов в России с 1 января 2024 г. реализуется национальный проект «Беспилотные авиационные системы» (БАС). Проект определяет стратегию развития беспилотной авиации на период до 2030-2035 гг. До 2030 г. на его реализацию планируется выделить 696 млрд рублей из федерального бюджета. В состав Национального проекта входят пять проектов: «Стимулирование спроса на отечественные БАС»; «Разработка, стандартизация и серийное производство БАС и комплектующих», в рамках которого предполагается создание крупных производственных центров; «Развитие инфраструктуры, обеспечение безопасности и формирование специализированной системы сертификации БАС», в качестве инфраструктуры определяются аэродромы, вертодромы и дронопорты; «Кадры для беспилотных авиационных систем», предполагающая разработку программ управления для подготовки специалистов в области проектирования и управления БАС; «Фундаментальные и перспективные исследования в сфере БАС».

На территории Республики Саха (Якутия) Указом Главы Республики Саха (Якутия) от 16.09.2019 г. №740 путем интеграции научных, исследовательских и образовательных ресурсов Академии наук Республики Саха (Якутия), ФИЦ Якутского научного центра СО РАН, научных институтов СО РАН, Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова с организациями, действующими в реальном секторе экономики создан Научно-образовательный центр «СЕВЕР: территория устойчивого развития». В рамках данного центра предполагается создание научно-производственного центра по развитию БАС.

Правительством РС(Я) разработана региональная программа развития беспилотных авиационных систем. Уже запущен региональный проект «Стимулирование спроса на отечественные беспилотные авиационные системы».

В 2024 году на базе Северо-Восточного федерального университета планируется открыть центр беспилотных систем, который будет специализироваться на обучении и сборке беспилотников. Данный центр может стать местом притяжения компетенций в развитии БАС региона. Реализация данных проектов становится мощным драйвером создания системы беспилотной авиации на территории арктических регионов России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полешкина И.О. Роль малой авиации в обеспечении транспортной доступности арктических регионов: проблемы и направления развития // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2022. Т. 25. №2. С. 54-69. DOI: 10.26467/2079-0619-2022-25-2-54-69.
2. Золотокрылин А.Н. Природно-климатические условия и социально-географическое пространство России. М.: Институт географии РАН, 2018. 154 с.
3. О северном завозе: Федеральный закон от 04.08.2023 № 411-ФЗ.
4. Кузнецов М.Е., Никишова М. И. Управление северным завозом: правовой аспект [Электронный ресурс] / Russian Journal of Economics and Law. 2022. Т. 16. №3. С. 548-565. DOI: <http://dx.doi.org/10.21202/2782-2923.2022.3.548-565>.

5. Васильев В.В. Ретроспективный анализ этапов формирования «северного завоза» на севере России // Север и рынок: формирование экон. порядка. 2018. №2(58). С. 146-155. DOI: 10.25702/KSC.2220-802X-2-2018-58-146-155.
6. Делахова А.М., Григорьев Е.П. Анализ особенностей продовольственного обеспечения населения северных регионов // Вектор экономики. 2020. №11(53). С. 36.
7. Полешкина И.О., Ефремов А.С. Технология блокчейн: перспективный инструмент отслеживания доставки грузов «Северного завоза» // Мир транспорта и технологических машин. 2022. №3-5(78). С. 78-87. DOI: 10.33979/2073-7432-2022-5(78)-3-78-87.
8. Пиль Э.А. Анализ Северного завоза и варианты его реализации // Цифровая наука. 2021. № 3. С. 42-58.
9. Леонов С.Н., Заостровских Е.А. Северный завоз как триггер развития транспорта Арктической зоны Якутии и Дальнего Востока в целом // Арктика: экология и экономика. 2023. Т. 13. №4. С. 601-612. DOI:10.25283/2223-4594-2023-4-601-612.
10. Пилясов А.Н. Предпринимательство в Арктике: Проблемы развития малого и среднего бизнеса в Арктической зоне, или Чем арктические предприниматели похожи на белых медведей? Москва: КРАСАНД, 2021. 400 с.
11. Зворыкина Ю.В. О совершенствовании механизмов северного завоза для повышения качества жизни удаленных территорий России // Транспорт Российской Федерации. 2017. №5(72). С. 15-18.
12. Шишигина А.Н. Разработка предложений к совершенствованию государственного регулирования обеспечения арктических районов Республики Саха (Якутия) продовольственными товарами, лекарственными средствами и комбикормами: отчет о научно-исследовательской работе Арктического научно-исследовательского центра Академии наук Республики Саха (Якутия). В 4-х т. Якутия, 2021.
13. Кугаевский А.А. Транспорт Восточного сектора Арктики: состояние и перспективы развития // Экономика Востока России. 2015. №1. С. 51-57.
14. Лексин В.Н., Порфирьев Б. Н. Другая Арктика: опыт системной диагностики // Проблемы прогнозирования. 2022. №1(33). С. 34-44. DOI: 10.47711/0868-6351-190-34-44.
15. Неретин А.С., Зотова М.В., Ломакина А.И., Тархов С.А. Транспортная связность и освоенность восточных регионов России // Изв. Рос. акад. наук. Сер. Геогр. 2019. №6. С. 35-52. DOI:10.31857/S2587-55662019635-52.
16. Курдюков С.Ю., Зедгенизов А.В. Логистические возможности доставки грузов в Республику Саха (Якутия) // Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык. 2023. №3. С. 78-89. DOI: 10.51955/2312-1327_2023_3_78.
17. Егорова Т.П., Делахова А.М. Стратегия пространственного развития внутреннего водного транспорта Республики Саха (Якутия) в современных условиях // Нац. безопасность: nota bene. 2021. №6. DOI: 10.7256/2454-0668.2021.6.37073.
18. Тарасова О.В., Соколова А.А. Перспективы комплексного освоения Чукотского АО // Мир экономики и управления. 2018. Т. 18. Вып. 2. С. 69-85. DOI: 10.25205/2542-0429-2018-18-2-69-85.
19. Тархов С.А. Анализ топологических дефектов сухопутной транспортной сети регионов Сибири и Дальнего Востока // Региональные исследования. 2019. №3(65). С. 5362.
20. Егорова Т.П., Делахова А.М. Потенциал развития транспортно-логистических систем северных регионов ресурсного типа: тенденции и перспективы динамической устойчивости // Транспортное дело России. 2022. №4. С. 38-43.
21. Widener M.J., Saxe S., Galloway T. The relationship between airport infrastructure and flight arrivals in remote northern Canadian communities // Arctic. 2017. Vol. 70. P. 239-342. DOI: 10.14430/arctic4663.
22. Snyder E.H., Meter K. Food in the Last Frontier: Inside Alaska's Food Security Challenges and Opportunities // Environment: Science and Policy for Sustainable Development. 2015. Vol. 57. P. 19-33. DOI: 10.1080/00139157.2015.1002685.
23. Civil Aviation Infrastructure in the North. Transport Canada. Spring Reports of the Auditor General of Canada to the Parliament of Canada, 2017 [Электронный ресурс] // Office of the Auditor General of Canada. URL: https://www.oag-bvg.gc.ca/internet/English/parl_oag_201705_06_e_42228.html.
24. Canada's Arctic and Northern Policy Framework [Электронный ресурс]. Government of Canada. 2019. URL: <https://www.rcaanc-cirnac.gc.ca/eng/1560523306861/1560523330587>.
25. Полешкина И.О. Методика оценки транспортной доступности населенных пунктов Арктической Зоны России // Железнодорожный транспорт. 2022. №5. С. 32-37.
26. Егорова Т.П., Делахова А.М. Разработка инструментария оценки дифференциации уровня транспортной доступности северного региона // Теоретическая и прикладная экономика. 2020. №4. С. 81-94. DOI: 10.25136/2409-8647.2020.4.34637.
27. Стратегия развития Якутского транспортно-логистического узла Республики Саха (Якутия) до 2032 г.: Распоряжение Правительства РС (Я) от 28 декабря 2020 г. № 1250-р.
28. О потребительской корзине в Республике Саха (Якутия): Закон Республики Саха (Якутия) №1237-3 от 05 декабря 2013 г.
29. Тарабукина С.М., Шишигина А.Н. Физическая доступность лекарственных средств в арктических

районах Республики Саха (Якутия) // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2023. Т. 26. №4(82). С. 190-205. DOI: 10.37614/2220-802X.4.2023.82.013.

Полешкина Ирина Олеговна

Московский государственный технический университет гражданской авиации (МГТУ ГА)

Адрес: 125993, Россия, г. Москва, Кронштадтский бульвар, д. 20

Д.т.н., доцент, старший научный сотрудник отдела научных исследований

E-mail: ipoleshkina@mail.ru

I.O. POLESHKINA

APPLICATION OF UNMANNED AERIAL VEHICLES IN THE NORTHERN CARGO DELIVERY SYSTEM

Abstract. *The aim of the article is to study the transport support of the northern delivery and develop proposals for the use of unmanned aerial vehicles (UAVs) in supply chains in the Republic of Sakha (Yakutia). The research methods are analysis of the morphology of the region's transport network, spatial analysis of the logistics centres network and statistical analysis of the volume of delivery goods by category. The results of the research consist in the description of four operating schemes of cargo delivery to the Arctic regions of the Republic of Sakha (Yakutia), determination of their length, operation periods and average number of required cargo transshipments. Taking into account the projected UAVs, a perspective scheme of their incorporation into the system of transport support of northern importation in the Republic of Sakha (Yakutia) was developed.*

Keywords: *transport system, unmanned aerial vehicles, cargo delivery, northern delivery, Arctic regions, Republic of Sakha (Yakutia)*

BIBLIOGRAPHY

1. Poleshkina I.O. Rol' maloy aviatsii v obespechenii transportnoy dostupnosti arkticheskikh regionov: problemy i napravleniya razvitiya // Nauchnyy vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta grazhdanskoy aviatsii. 2022. T. 25. №2. S. 54-69. DOI: 10.26467/2079-0619-2022-25-2-54-69.
2. Zolotokrylin A.N. Prirodno-klimaticheskie usloviya i sotsial'no-geograficheskoe prostranstvo Rossii. M.: Institut geografii RAN, 2018. 154 s.
3. O severnom zavoze: Federal'nyy zakon ot 04.08.2023 № 411-FZ.
4. Kuznetsov M.E., Nikishova M. I. Upravlenie severnym zavozom: pravovoy aspekt [Elektronnyy resurs] / Russian Journal of Economics and Law. 2022. T. 16. №3. S. 548-565. DOI: <http://dx.doi.org/10.21202/2782-2923.2022.3.548-565>.
5. Vasil'ev V.V. Retrospektivnyy analiz etapov formirovaniya «severnogo zavoza» na severe Rossii // Sever i rynok: formirovanie ekon. poryadka. 2018. №2(58). S. 146-155. DOI: 10.25702/KSC.2220-802X-2-2018-58-146-155.
6. Delakhova A.M., Grigor'ev E.P. Analiz osobennostey prodovol'stvennogo obespecheniya naseleniya severnykh regionov // Vektor ekonomiki. 2020. №11(53). S. 36.
7. Poleshkina I.O., Efremov A.S. Tekhnologiya blokcheyn: perspektivnyy instrument otslezhivaniya dostavki грузов "Severnogo zavoza" // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2022. №3-5(78). S. 78-87. DOI: 10.33979/2073-7432-2022-5(78)-3-78-87.
8. Pil' E.A. Analiz Severnogo zavoza i varianty ego realizatsii // Tsifrovaya nauka. 2021. № 3. S. 42-58.
9. Leonov S.N., Zaostrovskikh E.A. Severnyy zavez kak trigger razvitiya transporta Arkticheskoy zony YAKUTII i Dal'nego Vostoka v tselom // Arktika: ekologiya i ekonomika. 2023. T. 13. №4. S. 601-612. DOI:10.25283/2223-4594-2023-4-601-612.
10. Pilyasov A.N. Predprinimatel'stvo v Arktike: Problemy razvitiya malogo i srednego biznesa v Arkticheskoy zone, ili Chem arkticheskie predprinimateli pokhozhi na belykh medvedey? Moskva: KRASAND, 2021. 400 s.
11. Zvorykina YU.V. O sovershenstvovanii mekhanizmov severnogo zavoza dlya povysheniya kachestva zhizni udalennykh territoriy Rossii // Transport Rossiyskoy Federatsii. 2017. №5(72). S. 15-18.
12. Shishigina A.N. Razrabotka predlozheniy k sovershenstvovaniyu gosudarstvennogo regulirovaniya obespecheniya arkticheskikh rayonov Respubliki Sakha (YAKUTIYA) prodovol'stvennymi tovarami, lekarstvennymi sredstvami i kombikormami: otchet o nauchno-issledovatel'skoy rabote Arkticheskogo nauchno-issledovatel'skogo tsentra Akademii nauk Respubliki Sakha (YAKUTIYA). V 4-kh t. YAKUTIYA, 2021.
13. Kugaevskiy A.A. Transport Vostochnogo sektora Arktiki: sostoyanie i perspektivy razvitiya // Ekonomika Vostoka Rossii. 2015. №1. S. 51-57.

14. Leksin V.N., Porfir'ev B. N. Drugaya Arktika: opyt sistemnoy diagnostiki // Problemy prognozirovaniya. 2022. №1(33). S. 34-44. DOI: 10.47711/0868-6351-190-34-44.
15. Neretin A.S., Zotova M.V., Lomakina A.I., Tarkhov S.A. Transportnaya svyaznost' i osvoennost' vo-stochnykh regionov Rossii // Izv. Ros. akad. nauk. Ser. Geogr. 2019. №6. S. 35-52. DOI:10.31857/S2587-55662019635-52.
16. Kurdyukov S.YU., Zedgenizov A.V. Logisticheskie vozmozhnosti dostavki грузов v Respubliku Sakha (Yakutiya) // Crede Experto: transport, obshchestvo, obrazovanie, yazyk. 2023. №3. S. 78-89. DOI: 10.51955/2312-1327_2023_3_78.
17. Egorova T.P., Delakhova A.M. Strategiya prostranstvennogo razvitiya vnutrennego vodnogo transporta Respubliki Sakha (Yakutiya) v sovremennykh usloviyakh // Nats. bezopasnost': nota bene. 2021. №6. DOI: 10.7256/2454-0668.2021.6.37073.
18. Tarasova O.V., Sokolova A.A. Perspektivy kompleksnogo osvoeniya Chukotskogo AO // Mir ekonomiki i upravleniya. 2018. T. 18. Vyp. 2. S. 69-85. DOI: 10.25205/2542-0429-2018-18-2-69-85.
19. Tarkhov S.A. Analiz topologicheskikh defektov sukhoputnoy transportnoy seti regionov Sibiri i Dal'nego Vostoka // Regional'nye issledovaniya. 2019. №3(65). S. 5362.
20. Egorova T.P., Delakhova A.M. Potentsial razvitiya transportno-logisticheskikh sistem severnykh regionov resursnogo tipa: tendentsii i perspektivy dinamicheskoy ustoychivosti // Transportnoe delo Rossii. 2022. №4. S. 38-43.
21. Widener M.J., Saxe S., Galloway T. The relationship between airport infrastructure and flight arrivals in remote northern Canadian communities // Arctic. 2017. Vol. 70. P. 239-342. DOI: 10.14430/arctic4663.
22. Snyder E.H., Meter K. Food in the Last Frontier: Inside Alaska's Food Security Challenges and Opportunities // Environment: Science and Policy for Sustainable Development. 2015. Vol. 57. P. 19-33. DOI: 10.1080/00139157.2015.1002685.
23. Civil Aviation Infrastructure in the North. Transport Canada. Spring Reports of the Auditor General of Canada to the Parliament of Canada, 2017 [Elektronnyy resurs] // Office of the Auditor General of Canada. URL: https://www.oag-bvg.gc.ca/internet/English/parl_oag_201705_06_e_42228.html.
24. Canada's Arctic and Northern Policy Framework [Elektronnyy resurs]. Government of Canada. 2019. URL: <https://www.rcaanc-cirnac.gc.ca/eng/1560523306861/1560523330587>.
25. Poleshkina I.O. Metodika otsenki transportnoy dostupnosti naselennykh punktov Arkticheskoy Zony Rossii // Zheleznodorozhnyy transport. 2022. №5. S. 32-37.
26. Egorova T.P., Delakhova A.M. Razrabotka instrumentariya otsenki differentsiatsii urovnya transportnoy dostupnosti severnogo regiona // Teoreticheskaya i prikladnaya ekonomika. 2020. №4. S. 81-94. DOI: 10.25136/2409-8647.2020.4.34637.
27. Strategiya razvitiya YAkut'skogo transportno-logisticheskogo uzla Respubliki Sakha (Yakutiya) do 2032 g.: Rasporyazhenie Pravitel'stva RS (YA) ot 28 dekabrya 2020 g. № 1250-r.
28. O potrebitel'skoy korzine v Respublike Sakha (Yakutiya): Zakon Respubliki Sakha (Yakutiya) №1237-3 ot 05 dekabrya 2013 g.
29. Tarabukina S.M., Shishigina A.N. Fizicheskaya dostupnost' lekarstvennykh sredstv v arkticheskikh rayonakh Respubliki Sakha (Yakutiya) // Sever i rynek: formirovaniye ekonomicheskogo poriyadka. 2023. T. 26. №4(82). S. 190-205. DOI: 10.37614/2220-802X.4.2023.82.013.

Poleshkina Irina Olegovna

Moscow State Technical University of Civil Aviation (MSTU CA)

Address: 125993, Russia, Moscow, Kronshtadtskiy blw., 20

Doctor of Technical Sciences

E-mail: ipoleshkina@mail.ru

С.Н. ГЛАГОЛЕВ, С.В. ЕРЕМИН, Л.Е. КУЩЕНКО, С.В. КУЩЕНКО

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ НА НЕРЕГУЛИРУЕМОМ ПЕШЕХОДНОМ ПЕРЕХОДЕ

Аннотация. В данной статье представлена статистика дорожно-транспортных происшествий. Проведен анализ аварийности с участием пешеходов. Выявлены места концентрации дорожно-транспортных происшествий с участием пешеходов в Белгородской городской агломерации. Разработана система управления движением на нерегулируемых пешеходных переходах, повышающая безопасность дорожного движения.

Ключевые слова: нерегулируемый пешеходный переход, дорожное движение, дорожно-транспортные происшествия, безопасность дорожного движения, пешеходы, транспортное средство

Введение

Во многих странах мира, а также и в Российской Федерации крупнейшей отраслью народного хозяйства является транспорт. Недостаточное развитие транспортной системы приводит к ряду негативных факторов и проблем. К данным факторам можно отнести диспропорцию развития транспортной инфраструктуры, низкое качество услуг в сфере транспорта, невысокий уровень качества транспортных услуг, низкий уровень безопасности дорожного движения, недостаточный уровень положительного влияния транспорта на окружающую среду. Для решения существующих проблем, а также достижения цели развития транспортной системы утверждена Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года распоряжением правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 г. № 3363-р.

Учитывая все виды транспорта можно утверждать, что наибольшее влияние на транспортную систему оказывает автомобильный транспорт. Стремительные темпы по увеличению показателя уровня автомобилизации, недостаточное развитие автомобильных дорог в отношении количества транспортных средств и др. Одним из ключевых направлений Транспортной стратегии является снижение смертности на дорогах до 4 человек на 100 тыс. населения.

Безопасность дорожного движения (БДД) на автомобильном транспорте относится к одной из составляющих по обеспечению личной безопасности, решению таких вопросов как демография, социально-экономические проблемы, уровень качества развития и жизни общества. Взаимодействие элементов, которые функционируют в процессе БДД, позволяют как раз и оценить его состояние. Каждый элемент системы вносит определенный вклад и позволяет повысить уровень БДД.

Сфера БДД, ее деятельность является сложной системой, имеющей множество отраслей. Элементы системы БДД нацелены на формирование, а также комфортное, быстрое, удобное управление дорожным движением.

Разработанные и внедренные стратегические программы Российской Федерации в сфере БДД, а также комплексный подход к снижению уровня смертности на дорогах позволит повысить БДД, уменьшить количество дорожно-транспортных происшествий (ДТП) и тяжесть последствий.

Материал и методы

Каждый день на дорогах мира совершается большое количество ДТП, оказывающих отрицательное значение на развитие страны. Жизнь и здоровье людей, материальный ущерб и другие последствия от ДТП наносят колоссальный урон на социально-экономическое развитие стран. Дорожно-транспортный травматизм относится к первостепенной причине

смертности на дорогах, в связи с чем требует тщательного внимания и регулярной работы в данной области. К сожалению частыми участника ДТП становятся взрослые и дети в возрасте от 5 до 29 лет. А вот участники дорожного движения от 18 до 59 лет, возраст которых указывает на основную трудоспособность страны, попадают в ДТП гораздо чаще остальных и составляют 60 % от всех ДТП [1-3].

Масштабной проблемой в сфере здравоохранения практически во всех странах мира является аварийность на дорогах.. Высокая смертность в результате совершения ДТП, в которых есть погибшие пешеходы, велосипедисты и другие уязвимые участники дорожного движения имеют высокие показатели, которые постоянно стремятся вверх [1, 4, 5].

Согласно официальной статистике ДТП в Белгородской городской агломерации чаще всего происходят столкновения (41,8 %) и наезды на пешеходов (29,9 %) (рис. 1).



Рисунок 1 – Соотношение видов ДТП в Белгородской городской агломерации

Детализированный анализ статистики ДТП указывает на следующие результаты с участием пешеходов в Белгородской городской агломерации за последние 5 лет, где наибольший процент занимают ДТП на нерегулируемом пешеходном переходе, а именно, более 55 % (рис. 2) [6, 7].



Рисунок 2 – Распределение ДТП с участием пешеходов в Белгородской городской агломерации

Существуют несколько видов пешеходных переходов (рис. 3). Самыми небезопасными из них, как показывает статистика, являются нерегулируемые пешеходные переходы. На данных пешеходных переходах совершено более 55 % ДТП. При этом на перегонках зафиксиро-

ровано около 24 % случаев, а на регулируемых пешеходных переходах около 7 %, что еще раз подчеркивает актуальность выбранной темы и подтверждает необходимость разработки мероприятий, направленных на снижение смертности на дорогах с участием пешеходов.

В связи с тем, что в Белгородской области часто погибают пешеходы и получают вред здоровью с различной степенью тяжести, было принято решение разработать систему, направленную на повышение БДД на пешеходных переходах.



Рисунок 3 – Виды пешеходных переходов в Белгородской городской агломерации

Теория

На сегодняшний день существует множество различных мероприятий, способствующих повышению БДД, но тем не менее достичь целевых показателей так и не удалось. В научных трудах [8-12] представлены различные способы, направленные на снижение смертности на дорогах, но, тем не менее, значения целевых показателей не достигнуты. Это говорит о том, что имеется существенная необходимость в разработке мероприятий, способов, методов и методик повышения БДД и улучшения организации дорожного движения [13-19].

Разработанная система управления движением на нерегулируемом пешеходном переходе направлена на повышение уровня безопасности дорожного движения посредством уменьшения количества ДТП с участием пешеходов. Достигнуть снижения аварийности с участием пешеходов возможно посредством улучшения эффективности системы, а также точности и информативности при функционировании системы, разработанной для повышения безопасности дорожного движения на нерегулируемом пешеходном переходе [20, 21].

Перечисленные выше достоинства позволяют эффективно и целенаправленно, а также заблаговременно информировать водителей транспортных средств о наличии пешеходов в пешеходной зоне. Система управления движением на нерегулируемом пешеходном переходе включает в себя следующие основные элементы, указанные на рис. 4 и описанные ниже.

На рисунке 4 изображена схема управления движением на нерегулируемом пешеходном переходе, включающая приборы и технические средства организации дорожного движения.

Впервые предложенная новая система управления движением на нерегулируемом пешеходном переходе 1 находится на проезжей части дороги в тех местах, где повышенная аварийность с участием пешеходов. Движение всех транспортных средств происходит непосредственно в прямом и обратном направлениях по проезжей части, обозначенной на рисунке 4 как А и Б. Тепловизионная камера с комплексом видеонаблюдения охватывает зону видимости «С» и располагается непосредственно перед нерегулируемым пешеходным переходом. Далее на рисунке 4 указана зона «Е», которая в свою очередь фиксирует присутствие транспортных средств и их скорость движения. После данного алгоритма действий зона «Д» повторно фиксирует скорость транспортных средств, чтобы осуществить контроль над водителем, то есть принял ли он меры, направленные на снижение аварийности или же нет.

Далее раскроем информацию о трех опорах, входящих в состав данной системы, а именно, опора освещения 2, опора предупреждения 3 и опора информации 4. Каждая из них оснащена приборами и техническими средствами организации дорожного движения, такими как дорожные знаки, тепловизионные камеры, комплексами видеонаблюдения, инфракрасными датчиками и светильниками. Одним из важных элементов системы является складывающаяся искусственная дорожная неровность (ИДН) 5.

ИДН находится в одном уровне с дорожным покрытием в прямом и обратном направлениях непосредственно перед нерегулируемым пешеходным переходом. Направляясь в сторону нерегулируемого пешеходного перехода, ИДН установлена после опоры предупреждения, но перед опорой освещения. Электронный блок сигнализирует о происходящей ситуации, подавая управляющий сигнал на блок для выдвижения ИДН на определенную высоту L (согласно нормативным документам) над поверхностью дорожного покрытия посредством силового воздействия F на данную искусственную неровность (рис. 5, фиг. 1). В случае соблюдения правил дорожного движения водителями транспортных средств данный элемент системы будет находиться в состоянии покоя, то есть в одном уровне с дорожным покрытием.

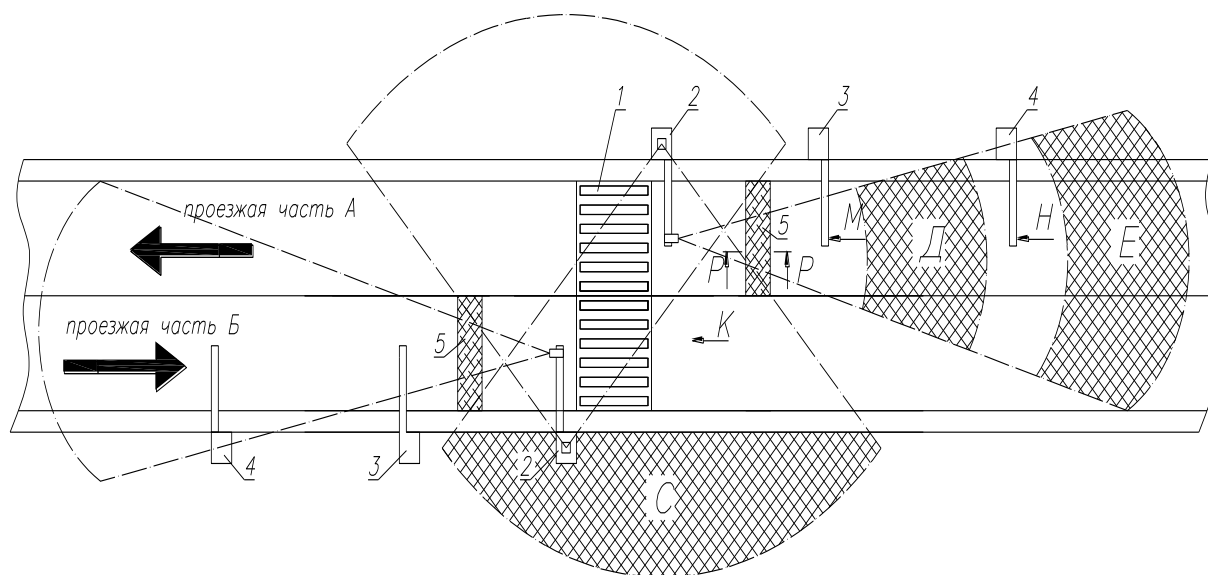


Рисунок 4 – Схема предлагаемой системы, направленной на снижение смертности на нерегулируемых пешеходных переходах

Подробная схема каждого элемента разработанной системы представлена на рисунке 5 и описана в [22].

На опорах освещения установлены дорожные знаки «Пешеходный переход» (5.19.1, 5.19.2). Также данные опоры оснащены инфракрасными датчиками движения, комплексами видеонаблюдения, камерами фото и видеофиксации, светильниками. Датчики и камеры временно позволяют обнаружить пешехода, вошедшего в пешеходную зону. В свою очередь

светодиодные источники помогают также увидеть водителю транспортного средства пешехода, направляющегося к нерегулируемому пешеходному переходу.

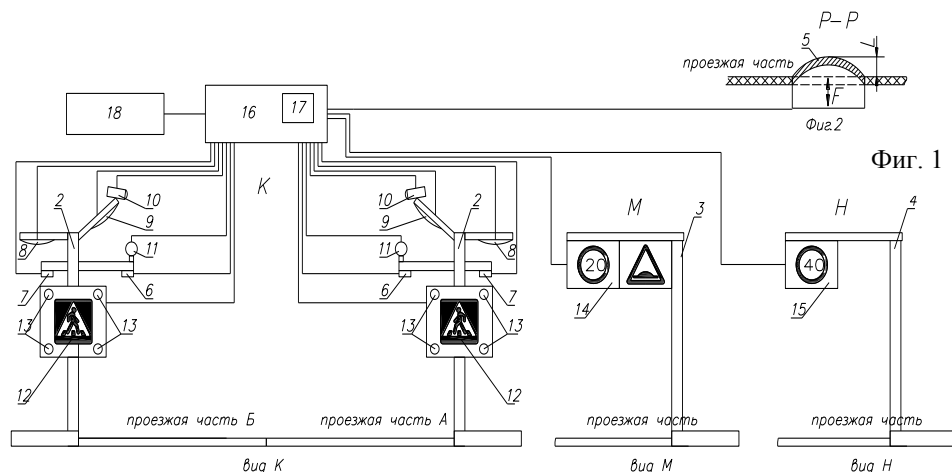


Рисунок 5 – Приборы и технические средства организации дорожного движения, включенные в систему управления движением на нерегулируемых пешеходных переходах:
 фиг. 1 – разрез Р-Р (разрез ИДН), вид К (схема опоры освещения),
 вид М (схема опоры предупреждения), вид Н (схема опоры информации) [22]

Система имеет опору предупреждения, на которой расположено информационное табло, включающее в себя знак «Ограничение скорости» до 40 км/ч. В свою очередь, следующая опора, которой является опора предупреждения также имеет информационное табло с отраженным на нем знаками «Ограничение скорости» до 20 км/ч и «Искусственная неровность».

Все элементы, информирующие водителя транспортного средства, приближающегося к нерегулируемому пешеходному переходу электронно связаны между собой. Электронный блок имеет программное обеспечение. Встроенное в управляющий блок программное обеспечение основано на нейросети, что позволяет своевременно предупреждать водителя о наличии пешехода в пешеходной зоне. Визуализация функционирующей системы управления движением на нерегулируемом пешеходном переходе представлена на рисунках 6, 7.

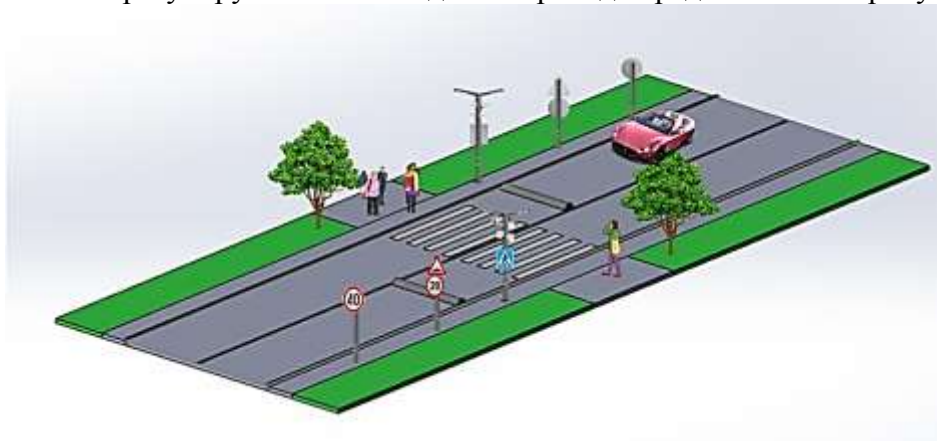


Рисунок 6 – Визуализация функционирования системы управления движением на нерегулируемом пешеходном переходе при выдвигении ИДН

Итак, предлагаемая разработка совершенствует качество организации дорожного движения, а также повышает безопасность дорожного движения, функционируя при различных ситуациях в зависимости от времени суток и погодных-климатических факторов.

Выводы

Таким образом, для предотвращения наездов на пешеходов требуется системный подход. Лишь комплекс мероприятий, способствующих контролировать действия водителей, а также пешеходов, позволит снизить смертность на дорогах с участием пешеходов. Поэтому данная система управления движением на нерегулируемых пешеходных переходах будет

оказывать существенное влияние на действия водителей, побуждая их соблюдать правила дорожного движения, тем самым снижать вероятность возникновения ДТП [22].

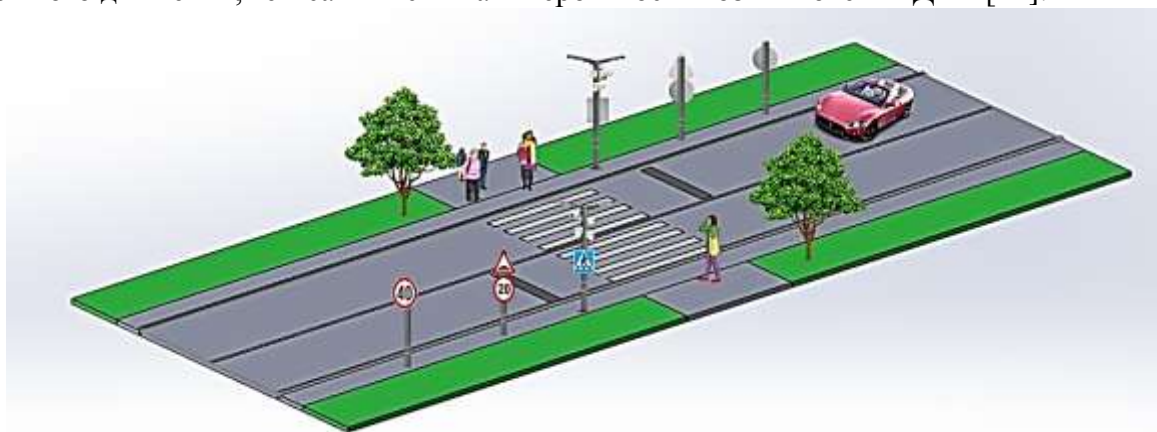


Рисунок 7 – Визуализация функционирования системы управления движением на нерегулируемом пешеходном переходе при нахождении ИДН в состоянии покоя

Благодарность

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кущенко Л.Е., Кущенко С.В., Камбур А.С. Повышение безопасности дорожного движения на нерегулируемых пешеходных переходах // Мир транспорта и технологических машин. №3-1(86). Орел. 2024. С. 75-82.
2. Интеллектуальные транспортные системы в автомобильно-дорожном комплексе / В.М. Власов, В.М. Приходько, С.В. Жанказиев, А.М. Иванов. М.: МАДИ.; М.: ООО «МЭЙЛЕР», 2011. 487 с.
3. Гай Л.Е., Шутов А.И., Воля П.А., Кущенко С.В. Заторовые явления. Возможности предупреждения // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. №3.
4. Жанказиев С.В. Разработка проектов интеллектуальных транспортных систем: Учебное пособие. М.: МАДИ, 2016. 22 с.
5. Кущенко Л.Е. Камбур А.С., Пехов А.А. Совершенствование организации дорожного движения посредством применения интеллектуальных транспортных систем // Мир транспорта и технологических машин. Орел. 2021. №3(74). С. 83-91.
- 6.Новиков И.А. Технические средства организации движения: Учебно-методический комплекс. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009. 302 с.
7. Kambur A., Kushchenko L., Novikov I. Improving traffic management through the use of intelligent transport systems // Information Technologies and Management of Transport Systems: The VII International Scientific and Practical Conference (ITMTS 2021), MATEC Web Conf. Vol. 341. 2021.
8. Зырянов В.В., Кочерга В.Г., Поздняков М.Н. Современные подходы к разработке комплексных схем организации дорожного движения // Транспорт Российской Федерации. СПб. №1. 2011. С. 28-33.
9. Новиков И.А., Кущенко Л.Е., Новописный Е.А., Камбур А.С. Использование интеллектуальных транспортных систем для повышения качества организации дорожного движения // Мир транспорта и технологических машин. 2022. №3-4 (78). С. 42-49.
10. Новиков А.Н., Кущенко Л.Е., Новописный Е.А., Камбур А.С. Статистический анализ вероятности возникновения дорожно-транспортных происшествий на основе данных интеллектуальных транспортных систем Белгородской агломерации // Вестник гражданских инженеров. 2022. №5(94). С. 116-122.
11. Жанказиев С.В. Интеллектуальные транспортные системы: Учебное пособие. М.: МАДИ, 2016. 14 с.
12. Жанказиев С.В. Имитационное моделирование в объектах ИТС: Учебное пособие. М.: МАДИ, 2016. 40 с.
13. Кущенко Л.Е., Кущенко С.В., Камбур А.С., Улинец И.А. Разработка методики определения рационального выбора длительности разрешающего сигнала светофорного регулирования на основании нейронной сети // Мир транспорта и технологических машин. 2023. №4-1(83). С. 99-107.
14. Daniel T., Lepers B. Automatic incident detection: a key tool for intelligent traffic management // Traffic technology international: Annual Review. 1996. P. 158-162.
15. Jaffe R.S. The US National ITS Architecture // Traffic technology international. 1996. P. 71-75.

16. Larson R., Korsak A. A dynamic programming successive technique with convergence proofs // Automatica. Vol. 6. 1970. P. 245-260.
17. Kulmala R., Noukka M. Raiting the objectives // Traffic technology international: Finland's ITS strategy to 2010. 1998. P. 62-66.
18. Nuttal I. Hunting out the budgets // Traffic technology international: An informal look at who's spending what ITS. 1998. P. 21-22.
19. Nuttal I. Will the tigers roar? ITS market potential in ASEAN region // Traffic Technology International. 1998. P. 60-64.
20. Kushchenko L., Kushchenko S., Kambur A., Novikov A. The analyzing of personal and public transport traffic flows in Belgorod agglomeration // Journal of Applied Engineering Science. 2022. Vol. 20 (3). P. 700-706.
21. Kushchenko L., Kushchenko S., Novikov A., Kambur A. The use of information technology «Auto – Intellect» to improve the quality of traffic management // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2021.
22. Система управления движением на нерегулируемом пешеходном переходе: пат. на изобретение №2829541 от 31.10.2024 / Л.Е. Кущенко, С.В. Кущенко, А.Н. Новиков, И.А. Новиков, А.Ю. Савенкова.

Глаголев Сергей Николаевич

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Адрес: 308012, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова, 46
Д.э.н., профессор, ректор
E-mail: rector@intbel.ru

Еремин Сергей Васильевич

Государственная Дума Федерального Собрания Российской Федерации
Адрес: 103265, Россия, г. Москва, ул. Охотный ряд, д. 1
Д.т.н., депутат Государственной Думы Федерального Собрания Российской Федерации восьмого созыва
E-mail: eremin@duma.gov.ru

Кущенко Лилия Евгеньевна

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Адрес: 308012, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова, 46
Д.т.н., доцент
E-mail: lily-041288@mail.ru

Кущенко Сергей Викторович

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Адрес: 308012, Россия, г. Белгород, улица Костюкова, 46
К.т.н., доцент
E-mail: serega_ku@mail.ru

S.N. GLAGOLEV, S.V. EREMIN, L.E. KUSHCHENKO, S.V. KUSHCHENKO

THE TRAFFIC CONTROL SYSTEM AT AN UNREGULATED PEDESTRIAN CROSSING DEVELOPMENT

Abstract. *This article presents the statistics of traffic accidents. The analysis of accident involving pedestrians has been carried out. The places of concentration of traffic accidents involving pedestrians in the Belgorod urban agglomeration have been identified. The traffic control system at unregulated pedestrian crossings has been developed, which increases traffic safety.*

Keywords: *unregulated pedestrian crossing, traffic, traffic accidents, traffic safety, pedestrians, vehicle*

BIBLIOGRAPHY

1. Kushchenko L.E., Kushchenko S.V., Kambur A.S. Povyshenie bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya na neregulirovannykh peshekhodnykh perekhodakh // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. №3-1(86). Orel. 2024. S. 75-82.

2. Intellektual'nye transportnye sistemy v avtomobil'no-dorozhnom komplekse / V.M. Vlasov, V.M. Prihod'ko, S.V. ZHankaziev, A.M. Ivanov. M.: MADI.; M.: ООО «MEYLER», 2011. 487 s.
3. Gay L.E., Shutov A.I., Volya P.A., Kushchenko S.V. Zatorovye yavleniya. Vozmozhnosti preduprezhdeniya // Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova. 2013. №3.
4. ZHankaziev S.V. Razrabotka proektov intellektual'nykh transportnykh sistem: Uchebnoe posobie. M.: MADI, 2016. 22 s.
5. Kushchenko L.E. Kambur A.S., Pekhov A.A. Sovershenstvovanie organizatsii dorozhnogo dvizheniya posredstvom primeneniya intellektual'nykh transportnykh sistem // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. Orel. 2021. №3(74). S. 83-91.
6. Novikov I.A. Tekhnicheskie sredstva organizatsii dvizheniya: Uchebno-metodicheskiy kompleks. Belgorod: BGTU im. V.G. Shukhova, 2009. 302 s.
7. Kambur A., Kushchenko L., Novikov I. Improving traffic management through the use of intelligent transport systems // Information Technologies and Management of Transport Systems: The VII International Scientific and Practical Conference (ITMTS 2021), MATEC Web Conf. Vol. 341. 2021.
8. Zyryanov V.V., Kocherga V.G., Pozdnyakov M.N. Sovremennye podkhody k razrabotke kompleksnykh skhem organizatsii dorozhnogo dvizheniya // Transport Rossiyskoy Federatsii. SPb. №1. 2011. S. 28-33.
9. Novikov I.A., Kushchenko L.E., Novopisnyy E.A., Kambur A.S. Ispol'zovanie intellektual'nykh transportnykh sistem dlya povysheniya kachestva organizatsii dorozhnogo dvizheniya // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2022. №3-4 (78). S. 42-49.
10. Novikov A.N., Kushchenko L.E., Novopisnyy E.A., Kambur A.S. Statisticheskiy analiz veroyatnosti vozniknoveniya dorozhno-transportnykh proissheshtviy na osnove dannykh intellektual'nykh transportnykh sistem Belgorodskoy aglomeratsii // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. 2022. №5(94). S. 116-122.
11. ZHankaziev S.V. Intellektual'nye transportnye sistemy: Uchebnoe posobie. M.: MADI, 2016. 14 s.
12. ZHankaziev S.V. Imitatsionnoe modelirovanie v ob'ektakh ITS: Uchebnoe posobie. M.: MADI, 2016. 40 s.
13. Kushchenko L.E., Kushchenko S.V., Kambur A.S., Ulinets I.A. Razrabotka metodiki opredeleniya ratsional'nogo vybora dlitel'nosti razreshayushchego signala svetofornogo regulirovaniya na osnovanii neyronnoy seti // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2023. №4-1(83). S. 99-107.
14. Daniel T., Lepers B. Automatic incident detection: a key tool for intelligent traffic management // Traffic technology international: Annual Review. 1996. R. 158-162.
15. Jaffe R.S. The US National ITS Architecture // Traffic technology international. 1996. R. 71-75.
16. Larson R., Korsak A. A dynamic programming successive technique with convergence proofs // Automatica. Vol. 6. 1970. R. 245-260.
17. Kulmala R., Noukka M. Raiting the objectives // Traffic technology international: Finland's ITS strategy to 2010. 1998. R. 62-66.
18. Nuttal I. Hunting out the budgets // Traffic technology international: An informal look at who's spending what ITS. 1998. R. 21-22.
19. Nuttal I. Will the tigers roar? ITS market potential in ASEAN region // Traffic Technology International. 1998. R. 60-64.
20. Kushchenko L., Kushchenko S., Kambur A., Novikov A. The analyzing of personal and public transport traffic flows in Belgorod agglomeration // Journal of Applied Engineering Science. 2022. Vol. 20 (3). R. 700-706.
21. Kushchenko L., Kushchenko S., Novikov A., Kambur A. The use of information technology «Auto – Intellect» to improve the quality of traffic management // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2021.
22. Sistema upravleniya dvizheniem na nereguliruemom peshekhodnom perekhode: pat. na izobretenie №2829541 ot 31.10.2024 / L.E. Kushchenko, S.V. Kushchenko, A.N. Novikov, I.A. Novikov, A.YU. Savenkova.

Glagolev Sergey Nikolaevich

Belgorod state technological university
Address: 308012, Russia, Belgorod, Kostyukova str., 46
Doctor of Economical Sciences
E-mail: rector@intbel.ru

Eremin Sergey Vasilievich

State Duma of the Federal Assembly of the Russian Federation
Address: 103265, Russia, Moscow, Okhotny Ryad str., 1
Doctor of Technical Sciences
E-mail: eremin@duma.gov.ru

Kushchenko Liliya Evgen'evna

Belgorod State Technological University
Address: 308012, Russia, Belgorod, Kostyukova str., 46
Doctor of Technical Sciences
E-mail: lily-041288@mail.ru

Kushchenko Sergey Viktorovich

Belgorod state technological university
Address: 308012, Russia, Belgorod, Kostyukova str., 46
Candidate of Technical Sciences
E-mail: serega_ku@mail.ru

УДК 621.833.65

doi:10.33979/2073-7432-2025-1-2(88)-43-53

И.Е. АГУРЕЕВ, Н.Н. ТРУШИН, А.В. ПЛЯСОВ

ВАРИАНТЫ СИНТЕЗА БЕСКОНТУРНЫХ КИНЕМАТИЧЕСКИХ СХЕМ ПЛАНЕТАРНЫХ КОРОБОК ПЕРЕДАЧ С ДВУМЯ СТЕПЕНЯМИ СВОБОДЫ

Аннотация. В статье представлены основные итоги синтеза принципиальных кинематических схем коробок планетарных передач со степенью свободы два на базе планетарных передач $2k-h$ с двойными и одинарными сателлитами. Анализируются кинематические схемы $4+1$, $4+2$ и $5+1$, состоящие из четырех или пяти передач переднего хода при двух или одной передаче заднего хода. Преимуществом синтезированных кинематических схем является отсутствие циркулирующих мощностей на планетарных передачах переднего и заднего хода. Проанализированные решения позиционируются, в частности, на использование в автоматических гидромеханических трансмиссиях некоторых автобусов и других типов транспортных машин, имеющих дизельные двигатели и блокируемые комплексными гидротрансформаторами.

Ключевые слова: транспортные машины, гидромеханическая трансмиссия, кинематическая схема, автоматическая коробка планетарных передач

Введение

Реализация технического задания по автоматизации управления гидромеханических трансмиссиями транспортных машин наземного и подземного транспорта с различным типом движителей часто выполнено на базе коробок планетарных передач (КПП) [1]. В сравнении с рядными передачами, в которых оси цилиндрических колес неподвижны, планетарные механизмы имеют более широкие возможности по кинематике. Использование коробок планетарных передач на транспортных машинах дает сокращение времени, затрачиваемого на переключение планетарных механизмов, и, существенно, упрощает процесс управления гидромеханической трансмиссией [2]. Помимо выше сказанного, передаточное число в коробке планетарных передач изменяется более плавно под нагрузкой, чем в коробке передач с рядными зубчатыми механизмами, благодаря подвижности в пространстве осей валов сателлитов, суммирующих или раздающих потоки механической энергии между центральными колесами и водилом каждой ступени [3].

На первых стадиях эволюции механические, электромеханические и гидромеханические трансмиссии транспортных машин использовались коробки планетарных передач со степенью свободы два, в которых переключение передач происходило путем включения одного из элементов системы управления, либо тормоза, либо блокировочной муфты [4]. На последующих стадиях эволюции получили популярность гидромеханические трансмиссии транспортных устройств с коробками планетарных передач со степенью свободы равной трем, в которых выбор передач система управления выполняла путем одновременного задействования двух механизмов управления [5]. В последнее десятилетие XXI века автомобилестроении базируется больше всего на использование автоматических коробок планетарных передач с восемью или десятью передачами при степени свободы четыре, в которых необходимо одновременно задействовать системе автоматического управления уже три устройства [6]. Коробки планетарных передач со степенью свободы равной двум по типу $3+1$ (3-и ступени переднего хода и 1-а ступень заднего хода) и гидромеханическим способом переключения используются в гидромеханических устройствах тяжёлонагруженных артиллерийских тягачей и колесных трансмиссиях МАЗ, МЗКТ и КЗКТ [7].

Материал и методы**Сравнение существующих конструкций коробок планетарных передач**

В учебной и специализированной литературе многие авторы проводят сравнение структурных и кинематических характеристик автоматических коробок планетарных передач со степенью свободы равной два, три или четыре [8].

Например, чтобы получить четыре ступени в коробке передач со степенью свободы два, нужно применять минимум три планетарные ступени и четыре фрикционных устройства, в том числе блокировочную муфту. В коробке планетарных передач со степенями свободы равной трем при четырех фрикционных механизмах системы управления вполне достаточно использовать только две планетарные передачи [9]. Если сравнить конструкции коробок планетарных передач, то коробки со степенью свободы равной трем или четырем, то оказываются они более компактными и менее металлоёмкими. При этом коробки планетарных передач со степенью свободы три и более обладают недостатками: высокая сложность конструкции, низкая технологичность, трудности разработки параметрических рядов передаточных отношений, проявление циркуляции мощности, уменьшающей общий КПД гидромеханической трансмиссии, сложность системы автоматического управления по подводу жидкости к сцепным устройствам, высокая себестоимость, обслуживание и ремонт. С другой стороны, коробки планетарных передач со степенью свободы равной два имеет более простейшие способы управления, наикратчайший подвод жидкости к тормозным устройствам и одной муфты для блокировки взаимного вращения колес.

На основе вышесказанного, можно составить следующее утверждение, что коробки на основе планетарных передач со степенью свободы равной двум будут актуальными не один десяток лет в отрасли транспортного машиностроения. Далее разберем метод и приведем несколько примеров синтеза весьма простых кинематических схем при проектировании коробок планетарных передач со степенью свободы равной двум, которые могут применены в гидромеханических трансмиссиях для категорий транспортных машин, имеющих гидротрансформатор и т.п. устройства.

Теория

Проектирование автоматической коробки планетарных передач со степенью свободы равной двум выполняется простым методом, основанном на сборе автоматической коробки из отдельных простейших планетарных кинематических цепей с тремя подвижными звеньями путем последовательного их соединения друг за другом [10]. Число этих кинематических цепей будет равно числу передач в автоматической коробке, а передаточные отношения планетарных передач образуют геометрическую прогрессию. Представленные конструкторские решения относят по классификации проф. Ю.Н. Кирдяшева к группам бесконтурных планетарных передач, т.к. они не имеют замкнутые кинематические и силовые контуры [11]. На каждой планетарной передаче в бесконтурной автоматической коробки переключения передач работает только одна планетарная передача. Вариант блок-функциональной схемы автоматической коробки передач без замкнутых контуров, представленной на рис. 1, имеет валы: входной – А, выходной – В; планетарные ступени (передачи) – Π_i ; тормозные устройства Т и муфту блокировки – Ф. Характеристики и методология проектирования данных коробок передач без замкнутых контуров приведены в [12].

Без наличия в автоматической коробке передач замкнутых контуров нет и циркуляции мощности в любой ступени, и упрощается геометрических синтез планетарных передач и определение КПД по всем ступеням. Такой метод рекомендуется для формирования коробок передач с небольшим количеством передач прямого и обратного хода до пяти или шести передач. К следующим недостаткам кинематических схем без замкнутых контуров относят: условия по рациональным значениям внутренних передаточных чисел планетарных передач, условие по величине КПД планетарных механизмов, сложности конструктора по образованию кинематических связей между ведущим и ведомым звеньями рядом стоящих планетар-

ных кинематических цепей, повышенное наслонения полых валов при оформлении конструкции автоматической коробки планетарных передач, а также одновременное вращение многих заблокированных планетарных ступеней на прямой передаче [13].

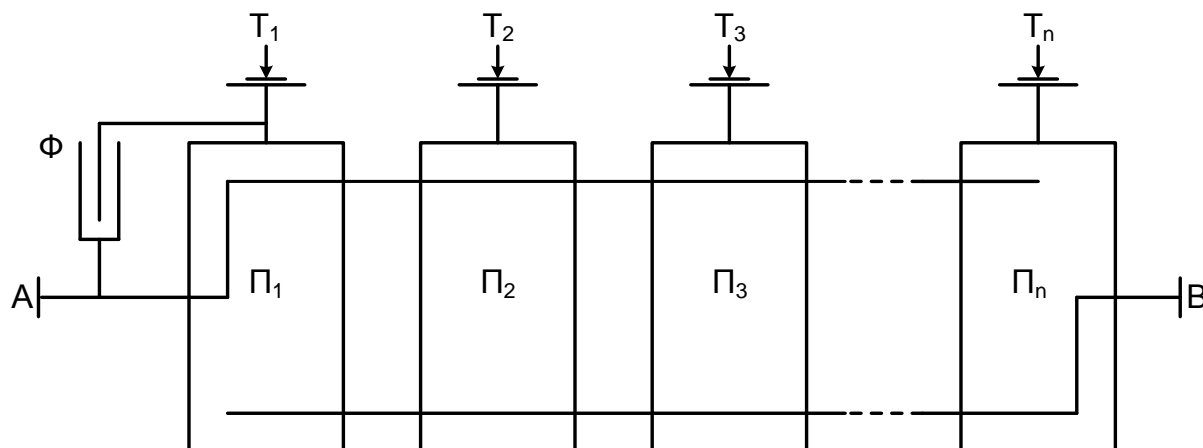


Рисунок 1 – Блок-функциональная схема автоматической коробки планетарных передач без замкнутых контуров при степени свободы равной два [13]

Сравнительный анализ кинематических характеристик коробок планетарных передач, используемых в ГМП автомобилей, выявил, что весьма обширно применяются варианты коробок передач, сделанных по типу 4+1 (четыре ступени прямого хода и одна ступени обратного хода) [14]. Сегодня в автомобилях зарубежного и отечественного производства идёт тенденция на увеличение числа передач в планетарных, рядных и комбинированных коробках передач от пяти (шести) до десяти ступеней (и более для тяжело нагружаемых самосвалов или вездеходов при эксплуатации). Но при этом автоматические коробки переключения передач типа 4+1 (а также типа 5+1) весьма часто ещё эксплуатируются на отечественном автомобильном транспорте [15]. К примеру, по материалам ресурса портала www.ixbt.com большинство легковых моделей автомобилей 2022-2024 гг. выпуска имеют ГМП японских концернов Aisin и Jatco, состоящем из гидротрансформатора и коробки передач типа 4+1. Можно сказать, что результаты статистических исследований режимов эксплуатации коробок передач автомобиля выявили, что ростом числа передач резко уменьшается относительное время работы коробки на низших передачах [5].

Параметрический ряд передаточных отношений на передачах прямого хода в автоматической коробке передач типа 4+1 в ГМП автомобиля с гидротрансформатором чаще строится по алгоритму: две понижающие передачи, третья является прямой, а четвертая передача является повышающей. Для сравнения представим, что передаточные числа будут у: первой передачи – 2,85; второй – 1,6; третьей – 1,0; четвертой – 0,7; а у задней передачи будет 2,2. В автоматических коробках передач в ГМП типа 5+1 приблизительные передаточные отношения по передачам будут: 3,5; 2,2; 1,5; 1,0; 0,75 (пятая повышающая ступень); -4,0 [14].

Результаты и обсуждение

Базовые варианты кинематических схем бесконтурных коробок планетарных передач со степенями свободы равной двум типа 4+1 изображены на рисунках 2 и 3, в которых присутствует повышающая ступень.

Во втором варианте коробка передач имеет схему, представленную на рисунке 3, которая отличается иным порядком положения планетарных кинематических цепей (рядов) K_2 и K_3 по отношению к первому варианту. Планетарные кинематические цепи (ряды) K_1 и K_3 можно расположить в другой порядке следования. Уникальное преимущество, заключающееся в особом построении кинематических схем бесконтурных ПКП, можно считать важным при блочно-модульном построении трансмиссий на единой платформе транспортных машин автоконцернов.

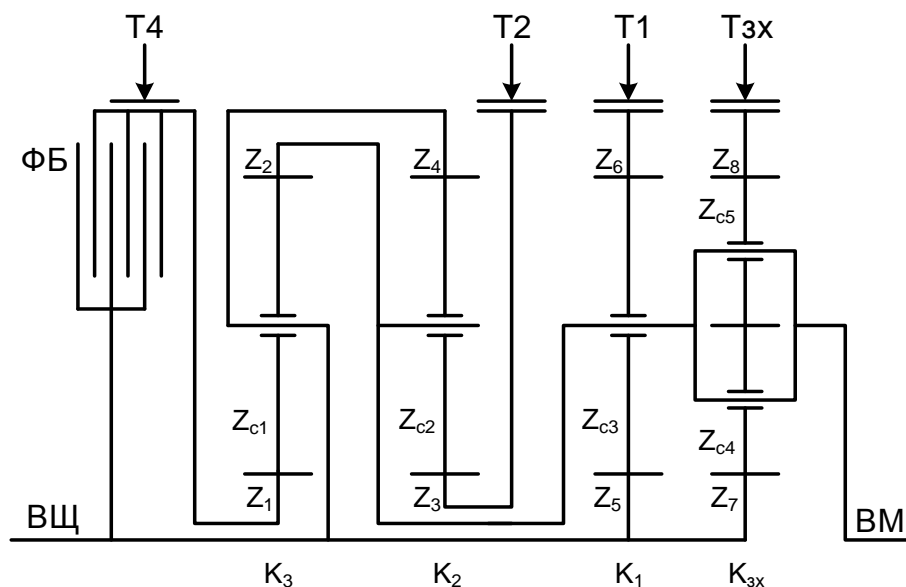


Рисунок 2 – Первый базовый вариант схемы бесконтурной коробки планетарных передач по типу 4+1

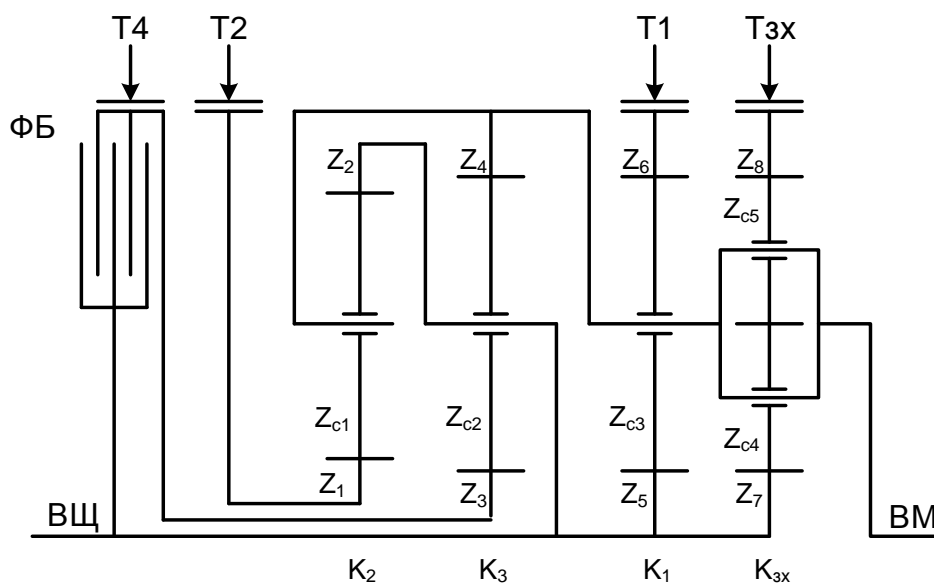


Рисунок 3 – Второй вариант кинематической схемы бесконтурной планетарной коробки передач типа 4+1

Для синтеза кинематических схем здесь и далее использовались планетарные механизмы с одинарными сателлитами типа $2k-h$ (по классификации проф. В.Н. Кудрявцева), имеющие отрицательное внутреннее передаточное отношение, рассчитываемое при неподвижном водиле. Детали и узлы планетарных передач по схеме $2k-h$ (с достаточно высоким внутренним КПД) обладают простотой, технологичностью и уникальными габаритно-массовыми характеристиками. Представленная автоматическая коробка имеет в своем составе передачи: первую K_1 , вторую K_2 , третью K_3 и заднюю K_{3x} . В отличие от трех передач K_1 , K_2 , K_3 с одинарными сателлитами планетарная ступень K_{3x} для заднего хода имеет двойные сателлиты, что дает положительное внутреннее передаточное отношение. Данные зубчатые передачи K_1 , K_2 , K_3 и K_{3x} работают в двух режимах: планетарном и непланетарном.

На всех кинематических схемах коробок передач вводятся обозначения для звеньев и основных деталей (сборочных единиц) планетарных коробок передач: Z_1, Z_3, Z_5, Z_7, Z_9 – малые центральные колеса; $Z_2, Z_4, Z_6, Z_8, Z_{10}$ – опорные центральные (эпициклические или корончатые) колеса и соответствующие им числа зубьев; сателлиты с числом зубьев $Z_{c1}, Z_{c2}, Z_{c3}, Z_{c4}, Z_{c5}, Z_{c6}$; ВЩ – ведущий вал; ВМ – ведомый вал.

Система автоматического управления планетарными коробками передач (см. рис. 2 и 3) базируется на использовании четырех тормозов T_1 , T_2 , T_4 , T_{3x} , останавливающих корончатые колеса, и муфты ФБ, блокирующей относительное вращение путем сцепления малого колеса первой или второй планетарной передачи с ведущим валом. Первая планетарная ступень реализуется тормозом T_1 , вторая ступень посредством тормоза T_2 , третья прямая планетарная ступень с помощью блокирующей муфты ФБ, четвертая ступень включением тормоза T_4 , а обратный ход за счет тормоза T_{3x} . Номер включаемой планетарной ступени присутствует в нижнем индекс обозначения тормоза, кроме третьей. Прямая ступень под номером три в последствии на кинематических схемах будет путем блокировки муфтой ФБ группы звеньев планетарных кинематических цепей.

Оптимизированные варианты схем бесконтурных коробок передач по типу 4+1 изображены на рисунках 4 и 5, в которых модифицирована передача заднего хода, реализованная на планетарном передаточном механизме с одинарным сателлитом. Реверсирование движения осуществляется при остановке водила механизма K_{3x} тормозом T_{3x} .

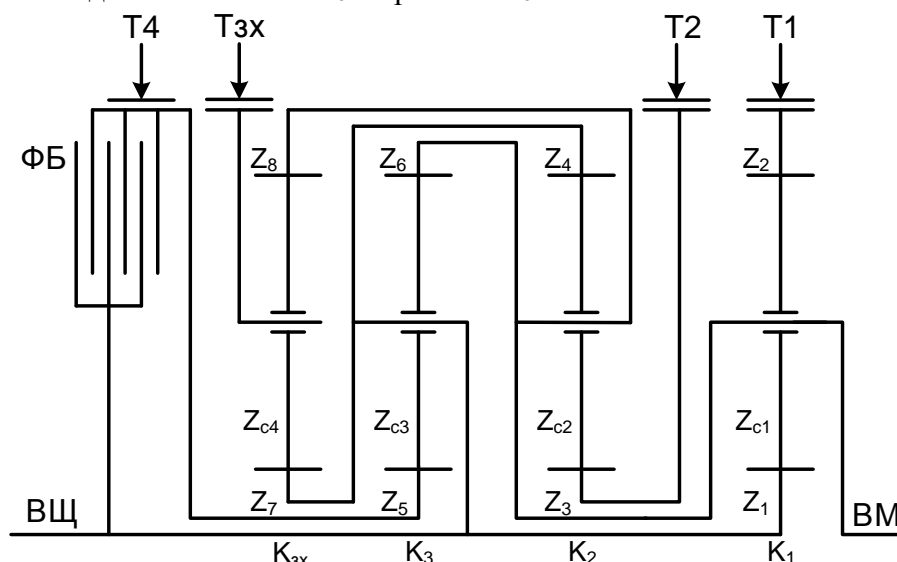


Рисунок 4 – Оптимизированный вариант схемы бесконтурной коробки планетарных передач по типу 4+1 с модифицированной задней передачей

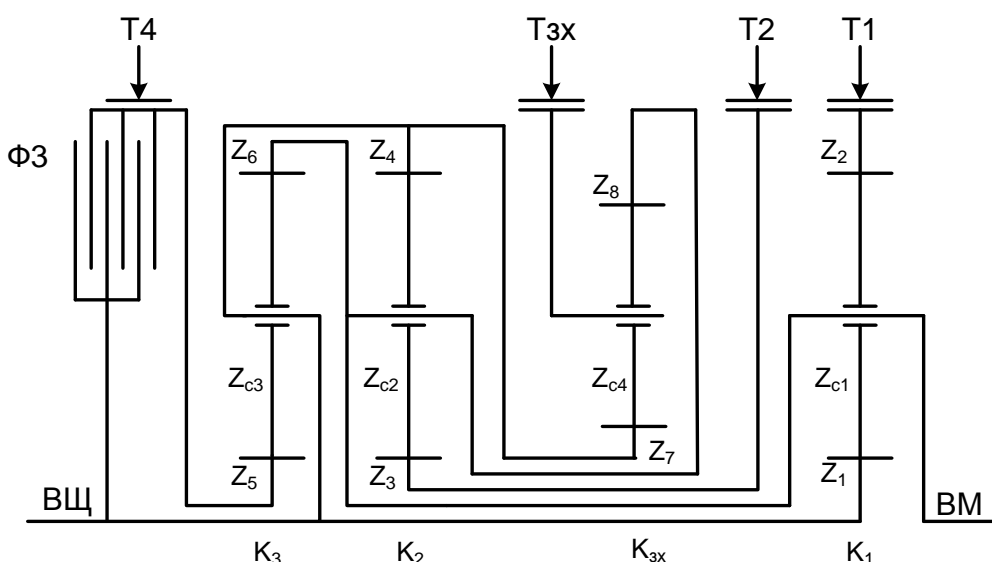


Рисунок 5 – Оптимизированный второй вариант схемы бесконтурной коробки планетарных передач по типу 4+1 с модифицированной задней передачей

Рассмотренные выше схемы коробок планетарных передач, посредством добавления планетарного ряда (либо передачи прямого хода, либо передачи обратного хода) позволяют получить варианты: 5+1 или 4+2 в зависимости от назначения транспортной машины легкой автомобиль или коммерческий транспорт (в том числе карьерный самосвал, бульдозер и т.д.). Кинематическая схема одного из вариантов коробки передач типа 5+1 показана на рисунке 6. Тормоз Т5 включает повышающую передачу.

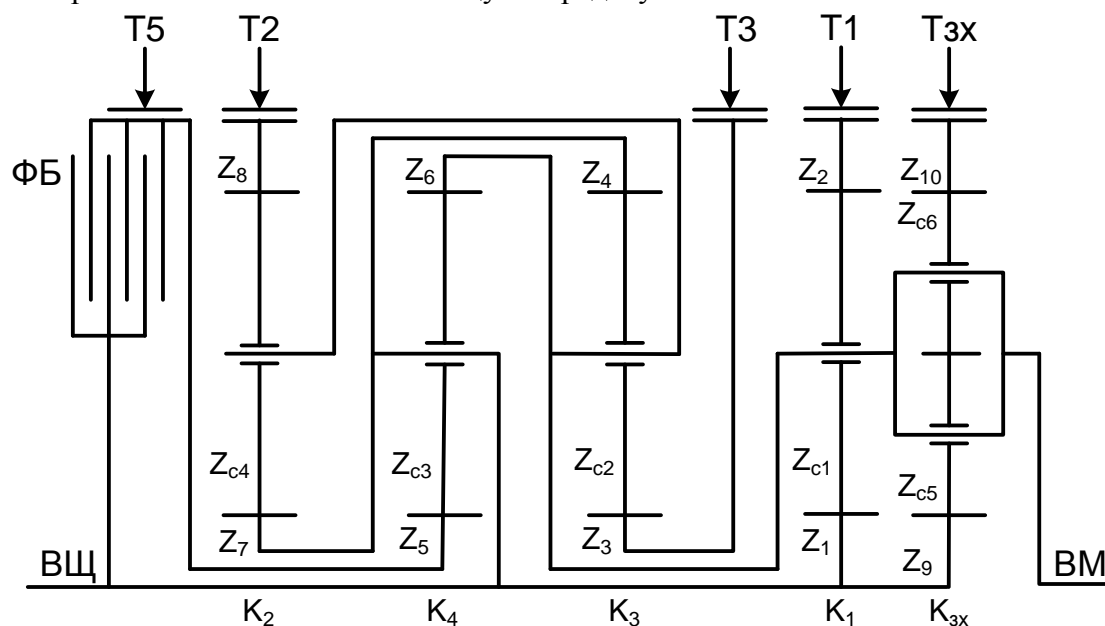


Рисунок 6 – Схема бесконтурной планетарной коробки передач по типу 5+1 с дополнительной ступенью прямого хода

На рисунке 7 показан вариант кинематической схемы бесконтурной планетарной коробки передач типа 5+1, в которой одна ступеней переднего хода выполнена на планетарном механизме K₂ с двойными сателлитами, который работает как непланетарная передача при остановке водила тормозом Т2. Планетарные механизмы K₁ и K_{3x} в этом случае могут быть унифицированы по числам зубьев шестерён и их модулям.

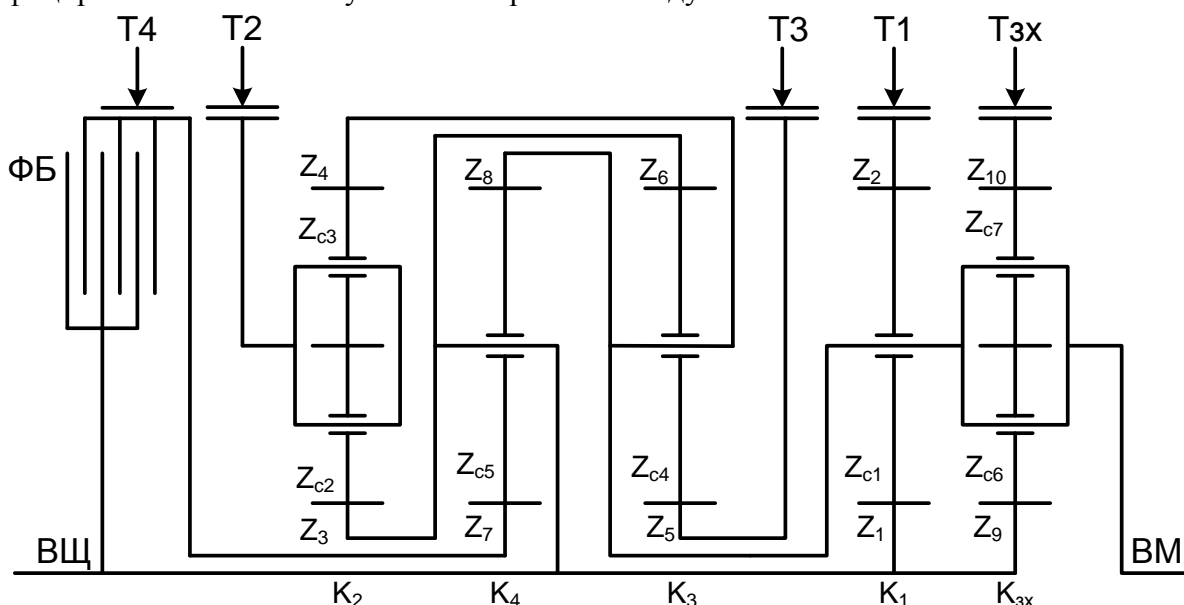


Рисунок 7 – Схема бесконтурной коробки планетарных передач по типу 5+1 с дополнительной непланетарной ступенью заднего хода

Модифицированная схема коробки планетарных передач по типу 5+1 с двумя ступе-

нями с передаточным числом меньше единицы изображены на рисунке 8. Здесь тормоз T_5 позволяет реализовать пятую (вторую повышающую) передачу.

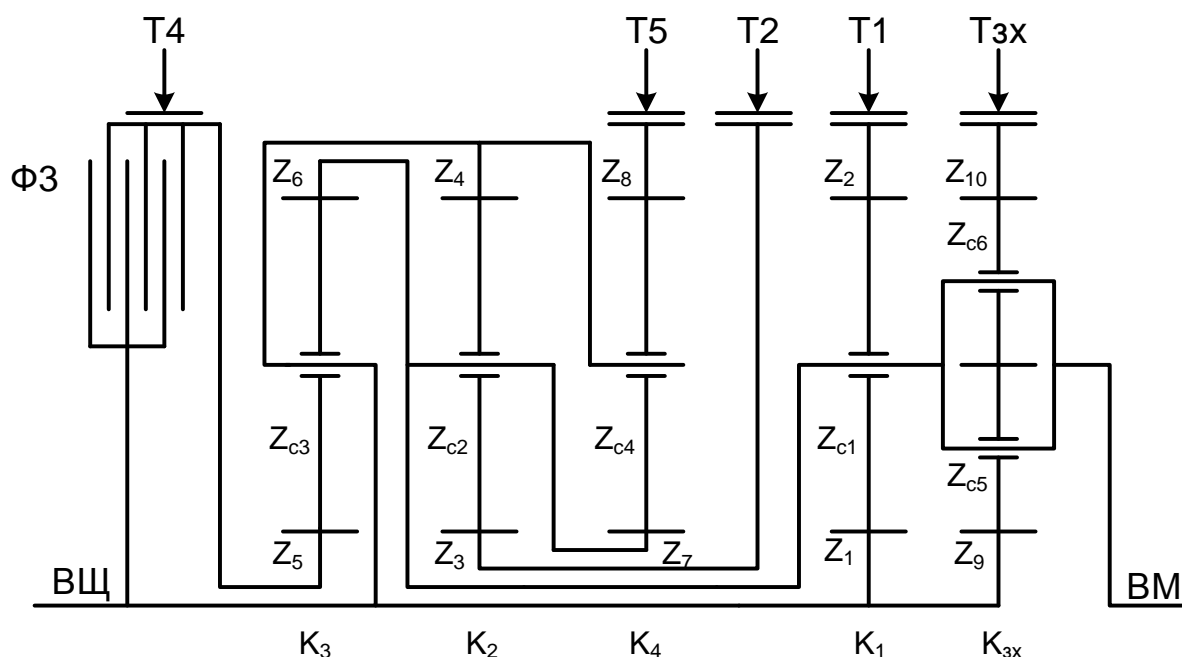


Рисунок 8 – Схема бесконтурной коробки планетарных передач по типу 5+1 с двумя повышающими ступенями

Вторую повышающую ступень в коробке передач типа 5+1 можно выполнить и на планетарном механизме с двойными сателлитами (рис. 9). Обоснование наличия в автомобильной коробке передач двух повышающих ступеней с передаточными числами от 0,8 до 0,5 рассмотрено, в частности, в [16]. Аналогичные рекомендации приводятся также в [17].

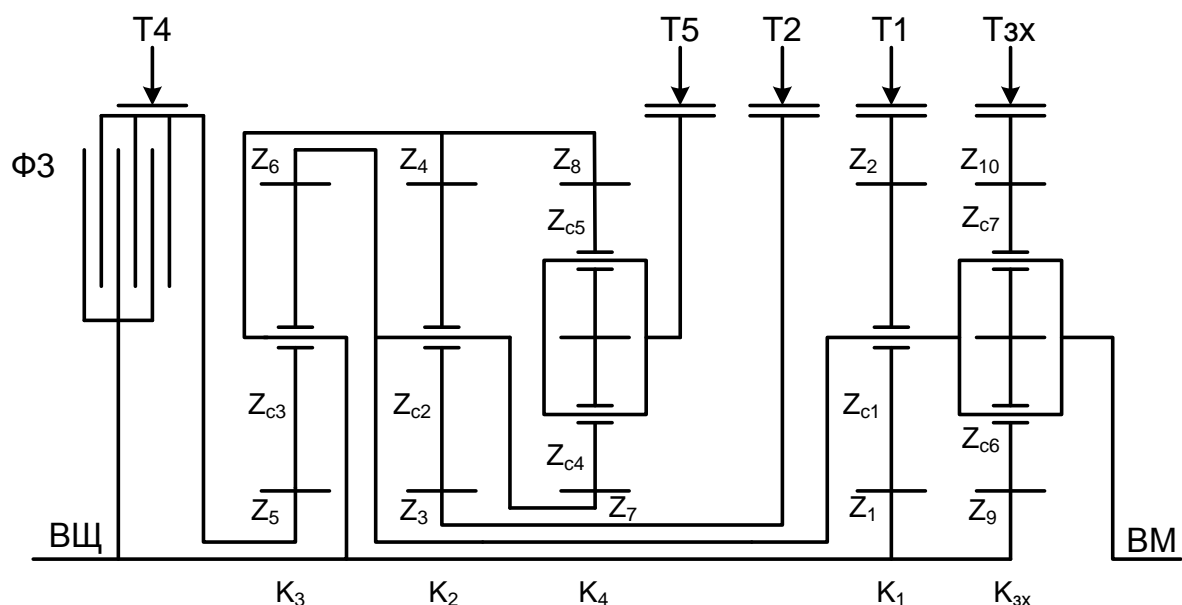


Рисунок 9 – Второй вариант схемы бесконтурной коробки планетарных передач по типу 5+1 с двумя повышающими ступенями

При реализации второй концепции – коммерческий транспорт (в том числе карьерный самосвал, бульдозер и т.д.) в коробке планетарных передач по типу 4+2 размещаются две задние передачи обратного хода как видно из рис. 10, 11, 12 в трех вариантах.

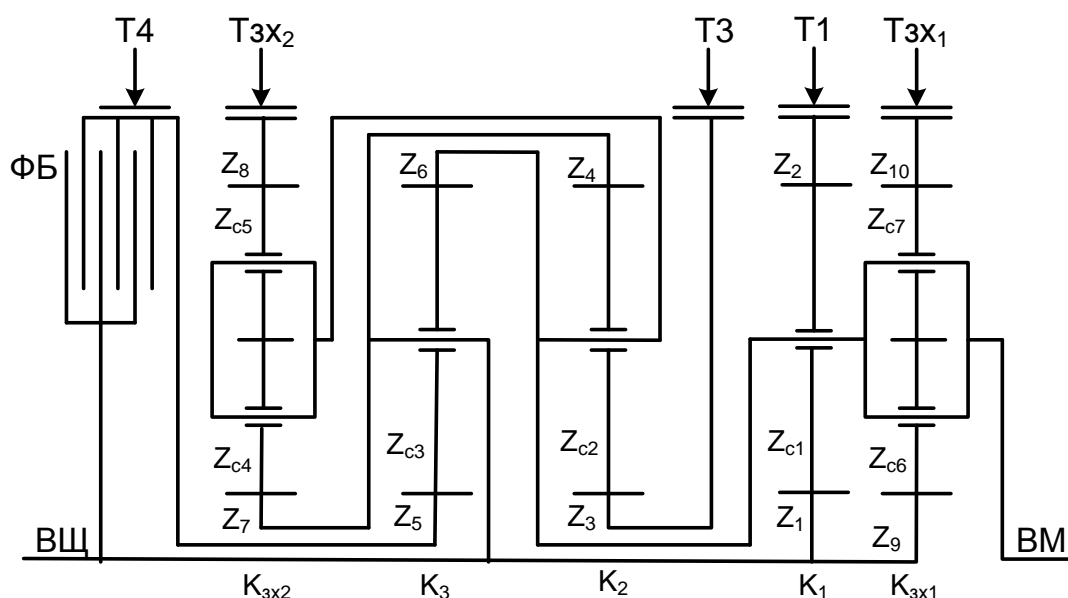


Рисунок 10 – Первый вариант схема бесконтурной коробки планетарных передач по типу 4+2

Кроме представленных кинематических схем возможны и другие варианты бесконтурных схемных решений для автоматических коробок планетарных передач со степенью свободы два путем модификации базовых кинематических схем (рис. 2 и 3). Каждая из синтезированных бесконтурных схем обладает в той или иной мере своими достоинствами и недостатками. Возможен также синтез бесконтурных схем коробок передач степенью свободы равной двум по типу 6+1, 5+2 и т.д. на базе шести и более планетарных механизмов типа 2К-Н, и такие технические решения вполне осуществимы на практике [15]. Но в теории такие схемы уже не считаются оптимальными [9].

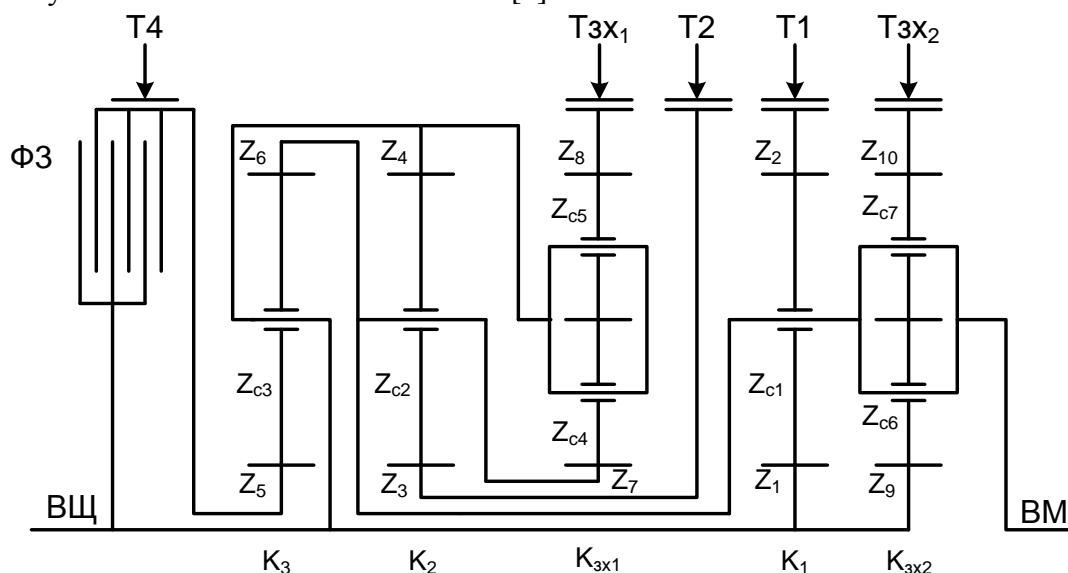


Рисунок 11 – Второй вариант схема бесконтурной коробки планетарных передач по типу 4+2

Рациональный диапазон внутренних передаточных чисел планетарных передач по схеме 2k-h (по классификации Кудрявцева В.Н.) с различным количеством активных сателлитов должен быть ограничен $1,5 \leq i \leq 4,5$ [13]. По указанному условию, разработка параметрического ряда чисел зубьев центральных колес и сателлитов (с учетом их числа в одном ряду) для планетарных передач по схеме 2k-h выполняется по методикам, изложенным, например, в [13] или [18]. Кроме этого, можно выполнить подбор чисел зубьев шестерен на основе параметров более двухсот схем коробок планетарных передач, приведенных в [15]. Как ранее было отмечено, параметры планетарных механизмов при расчетах могут быть хотя бы ча-

стично унифицированы по числам зубьев и модулям шестерен.

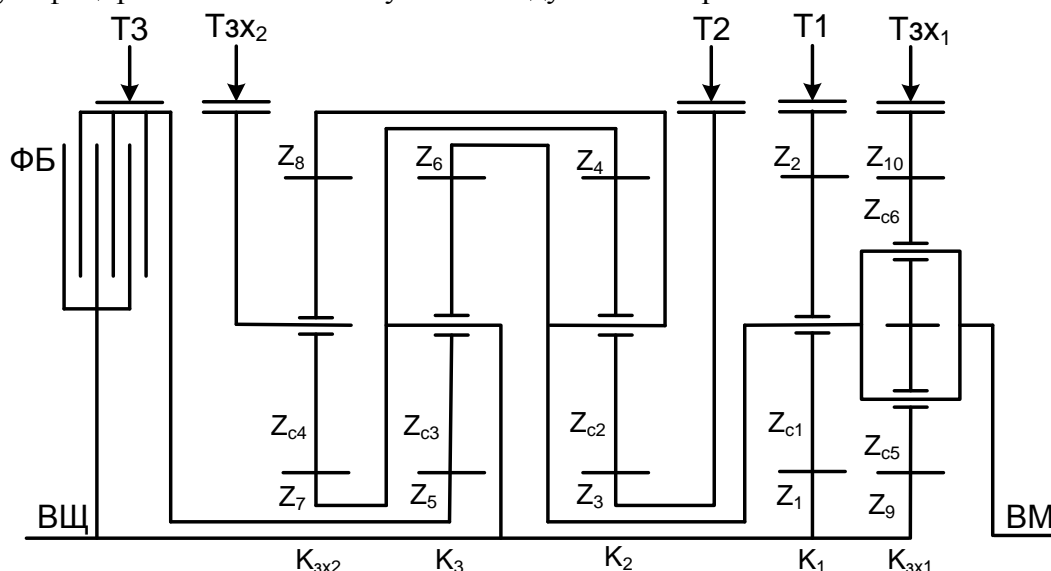


Рисунок 12 – Третий вариант схема бесконтурной коробки планетарных передач по типу 4+2

Выводы

Коробки планетарных передач (со степенью свободы два) различных типов конструкции широко апробированы на практике и подробно теоретически исследованы в специальной и учебной литературе [19]. Так, например, в [20] приведены примеры рациональных схем коробок планетарных передач (со степенью свободы два) с примерами и методиками их разработки. Известные недостатки данных коробок передач не запрещают применение при должном обосновании конкретных вариантов бесконтурных планетарных коробок передач. Успешная реализация их в локальную серию для гидромеханических трансмиссий возможна при запросе для краткосрочного выхода на местный и внешний рынок автомобилей производителю при неимении глубоко задела и опыта производства подобных устройств.

Модифицированные схемы синтезированных коробок передач со степенью свободы равной двум могут быть реализованы, в частности, в трансмиссиях мобильных машин с дизельными двигателями в составе ГМП с блокируемыми комплексными гидротрансформаторами с коэффициентом трансформации $K = 2 - 2,5$ или $K = 2,5 - 3,2$ в зависимости от параметров двигателей и режимов эксплуатации. Такими транспортными машинами являются отчасти, городские автобусы, самосвалы и бульдозеры, у которых при сложной эксплуатации из-за интенсивного и опасного движения с рисками для людей необходимо водителю упростить вождение и снизить утомляемость.

Кроме этого, эти коробки передач в перспективе встраиваются в трансмиссию как понижающий модуль между гидротрансформатором и двигателем транспортной машины [21]. В некоторых моделях зарубежных электромобилей для расширения их эксплуатационных возможностей дополнительно применяются двух- и трёхступенчатые планетарные коробки передач, а поэтому предлагаемые коробки передач без циркуляции мощности с системой автоматического управлением аналогично могут быть встроены в перспективные отечественные электромобили.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Косенков А.А. Устройство автоматических коробок передач и трансмиссий. Ростов-на-Дону: Феникс, 2003. 416 с.
2. Харитонов С.А. Автоматические коробки передач. М.: ООО «Издательство Астрель»: ООО «Издательство АСТ», 2003. 479 с.
3. Руденко Н.Ф. Планетарные передачи. Теория, применение, расчет и проектирование. 3-е изд., испр. и доп. М.: Машгиз, 1947. 756 с.
4. Крюков А.Д. Планетарные передачи в транспортных машинах. М.-Свердловск: Машгиз, 1950. 220 с.
5. Проектирование трансмиссий автомобилей: Справочник / А.И. Гришкевич, Б.У. Бусел, Г.Ф. Бутусов [и др.]; Под общ. ред. А.И. Гришкевича. М.: Машиностроение, 1984. 268 с.

6. Харитонов С.А., Федоренков А.П., Нагайцев М.М. Анализ кинематических схем автоматических коробок перемены передач ZF, обладающих четырьмя степенями свободы // Журнал автомобильных инженеров. 2015. № 5 (94). С. 52-59.
7. Мазалов Н.Д., Трусов С.М. Гидромеханические коробки передач автомобилей. М.: Машиностроение, 1971. 296 с.
8. Волков Д.П., Крайнев А.Ф. Трансмиссии строительных и дорожных машин: Справ. пособие. М.: Машиностроение, 1974. 423 с.
9. Планетарные передачи: Справочник / Под ред. В.Н. Кудрявцева и Ю.Н. Кирдяшева. Л.: Машиностроение, 1977. 536 с.
10. Петров А.В. Планетарные и гидромеханические передачи колесных и гусеничных машин. М.: Машиностроение, 1966. 383 с.
11. Кирдяшев Ю.Н. Многопоточные передачи дифференциального типа / Под ред. Н.И. Колчина. Л.: Машиностроение, 1969. 176 с.
12. Кирдяшев Ю.Н., Иванов А.Н. Проектирование сложных зубчатых механизмов. Л.: Машиностроение, 1973. 352 с.
13. Кирдяшев Ю.Н. Многопоточные передачи дифференциального типа. 2-е изд., перераб. и доп. Л.: Машиностроение, 1981. 223 с.
14. Попков О.Н. Устройство, обслуживание, диагностика, ремонт автоматических трансмиссий: Учебное пособие. Руководство № 179. М.: РОКО, 2003. 332 с.
15. Филичкин Н.В. Анализ планетарных коробок передач транспортных и тяговых машин: Учебное пособие. Челябинск: ЮУрГУ, 2008. 178 с.
16. Нарбут А.Н., Дзиов Р.Э. Повышающие передачи и расход топлива при равномерном движении автомобиля // Автомобильная промышленность. 2006. №3. С. 16-18.
17. Раков В.А., Трушин Н.Н. Анализ приспособленности трансмиссии автомобиля к характеристике топливной экономичности двигателя // Мир транспорта и технологических машин. 2022. №1(76). С. 95-102. DOI: 10.33979/2073-7432-2022-76-1-95-102.
18. Филичкин Н.В. Синтез планетарных коробок передач с двумя степенями свободы: учебное пособие. Челябинск: ЮрГУ, 2007. 59 с.
19. Расчет и проектирование гусеничных машин: Учебник / Н.А. Носов, В.Д. Галышев, Ю.П. Волков, А.П. Харченко. Под ред. Н.А. Носова. М.: Машиностроение, 1972. 560 с.
20. Красеньков В.И., Вашец А.Д. Проектирование планетарных механизмов транспортных машин. М.: Машиностроение, 1986. 271 с.
21. Агуреев И.Г., Сергеев А.Л., Трушин Н.Н. Кинематика многоступенчатых согласующих редукторов для гидротрансформаторов // Мир транспорта и технологических машин. 2021. №4(75). С. 33-42. DOI: 10.33979/2073-7432-2021-75-4-33-42.

Агуреев Игорь Евгеньевич

Тульский государственный университет

Адрес: 300012, Россия, г. Тула, пр. Ленина, 92

Д.т.н., проф. каф. «Транспортно-технологические машины и процессы»

E-mail: agureev-igor@yandex.ru

Трушин Николай Николаевич

Тульский государственный университет

Адрес: 300012, Россия, г. Тула, пр. Ленина, 92

Д.т.н., проф. каф. «Технология машиностроения»

E-mail: trunikolaj@yandex.ru

Плясов Алексей Валентинович

Тульский государственный университет

Адрес: 300012, Россия, г. Тула, пр. Ленина, 92

К.т.н., доцент каф. «Механика и процессы пластического формоизменения»

E-mail: plyasov-a@yandex.ru

I.E. AGUREEV, N.N. TRUSHIN, A.V. PLYASOV

VARIANTS OF TWO-DoF PLANETARY GEARBOXES KINEMATICS DIAGRAMS WITHOUT CLOSED CIRCUITS

Abstract. The article outlines the main conclusions of the synthesis of the principal kinematic diagrams of planetary gearboxes with a degree of freedom based on two 2k-h planetary gears with constant and single satellites. Kinematic schemes 4+1, 4+2 and 5+1 are analyzed, consisting of four or five forward gears with two or one reverse gear. The advantage of synthesized kinematic schemes is the absence of circulating power in forward and reverse planetary gears.

The analyzed solutions are positioned, in particular, for use in automatic hydromechanical transmissions of some buses and other types of transport vehicles with diesel engines and locked by complex torque converters

BIBLIOGRAPHY

1. Kosenkov A.A. *Ustroystvo avtomaticheskikh korobok peredach i transmissiy*. Rostov-na-Donu: Feniks, 2003. 416 s.
2. Haritonov S.A. *Avtomatische korobki peredach*. M.: ООО «Издательство Астрель»: ООО «Издательство АСТ», 2003. 479 s.
3. Rudenko N.F. *Planetarnye peredachi. Teoriya, primeneniye, raschet i proektirovaniye*. 3-e izd., ispr. i dop. M.: Mashgiz, 1947. 756 s.
4. Kryukov A.D. *Planetarnye peredachi v transportnykh mashinakh*. M.-Sverdlovsk: Mashgiz, 1950. 220 s.
5. *Proektirovaniye transmissiy avtomobiley: Spravochnik* / A.I. Grishkevich, B.U. Busel, G.F. Butusov [i dr.]; Pod obshch. red. A.I. Grishkevicha. M.: Mashinostroeniye, 1984. - 268 s.
6. Haritonov S.A., Fedorenkov A.P., Nagaytsev M.M. *Analiz kinematicheskikh skhem avtomaticheskikh korobok peremeny peredach ZF, obladayushchikh chetyr'mya stepenyami svobody* // *Zhurnal avtomobil'nykh inzhenerov*. 2015. № 5 (94). S. 52-59.
7. Mazalov N.D., Trusov S.M. *Gidromekhanicheskie korobki peredach avtomobiley*. M.: Mashinostroeniye, 1971. 296 s.
8. Volkov D.P., Kraynev A.F. *Transmissii stroitel'nykh i dorozhnykh mashin: Sprav. posobie*. M.: Mashinostroeniye, 1974. 423 s.
9. *Planetarnye peredachi: Spravochnik* / Pod red. V.N. Kudryavtseva i YU.N. Kirdyasheva. L.: Mashinostroeniye, 1977. 536 s.
10. Petrov A.V. *Planetarnye i gidromekhanicheskie peredachi kolesnykh i gusenichnykh mashin*. M.: Mashinostroeniye, 1966. 383 s.
11. Kirdyashev YU.N. *Mnogopotochnye peredachi differentsial'nogo tipa* / Pod red. N.I. Kolchina. L.: Mashinostroeniye, 1969. 176 s.
12. Kirdyashev YU.N., Ivanov A.N. *Proektirovaniye slozhnykh zubchatykh mekhanizmov*. L.: Mashinostroeniye, 1973. 352 s.
13. Kirdyashev YU.N. *Mnogopotochnye peredachi differentsial'nogo tipa*. 2-e izd., pererab. i dop. L.: Mashinostroeniye, 1981. 223 s.
14. Popkov O.N. *Ustroystvo, obsluzhivaniye, diagnostika, remont avtomaticheskikh transmissiy: Uchebnoye posobie. Rukovodstvo № 179*. M.: ROKO, 2003. 332 s.
15. Filichkin N.V. *Analiz planetarnykh korobok peredach transportnykh i tyagovykh mashin: Uchebnoye posobie*. Chelyabinsk: YUUGU, 2008. 178 s.
16. Narbut A.N., Dziov R.E. *Povyshayushchie peredachi i raskhod topliva pri ravnomernom dvizhenii avtomobilya* // *Avtomobil'naya promyshlennost'*. 2006. №3. S. 16-18.
17. Rakov V.A., Trushin N.N. *Analiz prispособlennosti transmissii avtomobilya k kharakteristike toplivnoy ekonomichnosti dvigatelya* // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. 2022. №1(76). S. 95-102. DOI: 10.33979/2073-7432-2022-76-1-95-102.
18. Filichkin N.V. *Sintez planetarnykh korobok peredach s dvumya stepenyami svobody: uchebnoye posobie*. Chelyabinsk: YUUGU, 2007. 59 s.
19. *Raschet i proektirovaniye gusenichnykh mashin: Uchebnik* / N.A. Nosov, V.D. Galyshev, YU.P. Volkov, A.P. Harchenko. Pod red. N.A. Nosova. M.: Mashinostroeniye, 1972. 560 s.
20. Krasnen'kov V.I., Vashets A.D. *Proektirovaniye planetarnykh mekhanizmov transportnykh mashin*. M.: Mashinostroeniye, 1986. 271 s.
21. Agureev I.G., Sergeev A.L., Trushin N.N. *Kinematika mnogostupenchatykh soglasuyushchikh reduktorov dlya gidrotransformatorov* // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. 2021. №4(75). S. 33-42. DOI: 10.33979/2073-7432-2021-75-4-33-42.

Agureev Igor Evgen'evich

Tula State University

Address: 300012, Russia, Tula, Lenin Avenue, 92

Doctor of technical sciences

E-mail: aiah@yandex.ru

Plyasov Aleksey Valentinovich

Tula State University

Address: 300012, Russia, Tula, Lenin Avenue, 92

Candidate of technical sciences

E-mail: plyasov-a@yandex.ru

Trushin Nikolay Nikolaevich

Tula State University

Address: 300012, Russia, Tula, Lenin Avenue, 92

Doctor of technical sciences

E-mail: trunikolaj@yandex.ru

УДК 355.7. 621.314.222

doi:10.33979/2073-7432-2025-1-2(88)-54-62

В.И. СЕРГИЕНКО, Ю.А. ЗАЯЦ

ВЛИЯНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЗАЩИЩЕННОСТИ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ВОЕННОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

***Аннотация.** Рассмотрена взаимосвязь отдельных мероприятий по защищенности военной автомобильной техники и ее базовых свойств, таких как защищенность, быстроходность, проходимость, заметность. Показана актуальность исследования, причинно-следственная взаимосвязь мероприятий и эксплуатационных свойств, а также их влияние на целевую функцию, выполнена постановка задач исследования.*

***Ключевые слова:** военная автомобильная техника, базовые свойства, защищенность, быстроходность, проходимость, заметность*

Введение

Эксплуатация автомобилей многоцелевого назначения в зоне боевых действий всегда связана с риском. Учитывая, что основным предназначением военной автомобильной техники является обеспечение боевых действий и мобильности вооружения (62 %) [14], этот риск связан с воздействием противника не только на водителя и личный состав, но и на технику. И в одном и в другом случае необходима защита кабины автомобиля и жизненно важных для автомобиля агрегатов, систем и других элементов.

Основными поражающими факторами для военной автомобильной техники с учетом специфики ее использования в условиях боевых действий, являются боеприпасы стрелкового оружия, осколки артиллерийских снарядов, мин и самодельных взрывных устройств, ручные противотанковые гранаты, а также элементы воздействия от боевого снаряжения беспилотных летательных аппаратов [9].

В случае крупномасштабных военных конфликтов предполагается интенсивное использование высокоточного оружия и технических средств разведки, а также возможность применения оружия массового поражения [6].

В настоящее время ведутся исследования в области создания оружия, работающего на новых физических принципах, которые могут привести к созданию новых видов защиты техники [7]. В связи с этим многоцелевые автомобили, которые являются основным средством для перемещения войск и перевозки различных видов вооружения и имущества, должны обеспечивать высокий уровень защиты при необходимых тактико-технических характеристиках и свойствах [11].

Темп развития основных свойств автомобильной техники должен опережать требования видов и родов войск к базовым шасси на пять и более лет. Такое опережающее развитие обеспечит качественное выполнение подразделениями и частями ВС РФ задач по прямому предназначению [10].

На современном этапе ведения боевых действий появились новые способы воздействия: это ударные беспилотные летательные аппараты, FPV-дроны, высокоточные системы поражения, активно применяемые с ненаблюдаемых позиций и работающие в связке с беспилотниками разведывательного типа и другие виды воздействий [5], учитывая особенности их использования в боевых действиях. В этих условиях необходима комплексная защита автомобилей, которая устанавливается и снимается в зависимости от условий эксплуатации и применения техники.

Однако, установка элементов защиты влияет на базовые свойства автомобиля, иногда ухудшая их настолько, что сводит на нет все усилия по защищенности, следовательно, разре

шение противоречия между повышением уровня защищенности многоцелевых автомобилей и сохранением базовых свойств, таких как проходимость, подвижность, управляемость и др. является актуальной научной задачей, требующей своего решения. Основу исследования и поиск методов разрешения противоречия составляет изучение причинно-следственных связей между элементами, обеспечивающими защищенность и базовыми свойствами автомобиля.

Материал и методы

Основу методологии оценки влияния мероприятий по защищенности на эксплуатационные свойства автомобильной техники положена теория нечетких множеств, а именно – когнитивных моделей [12, 1].

Рассмотрим наиболее распространенные виды защиты, применяемые на современной военной автомобильной техники, обозначив их последовательно k1–k16. Будем их называть факторами, влияющими на защищённость.

Таблица 1 – Независимые факторы обеспечения защищенности автомобильной техники

k1	Комплекс радиоподавления взрывных устройств
k2	Наличие комплекса подавления БпЛА
k3	Комплекс предупреждения и обнаружения управляемых систем наведения
k4	Решетчатые экраны (противокумулятивные)
k5	Дополнительные бронепанели закрепленных с разнесением от кузова на кронштейны (боны)
k6	Дополнительная защита АКБ и ресиверов
k7	Защиты решетки радиатора
k8	Дополнительная защита топливных баков
k9	Наличие доп защиты стекол
k10	Дополнительная защита днища (V-образные бронешиты)
k11	Боестойкие шины
k12	Трассировка трубопроводов и шлангов в полости рамы
k13	Противодронные козырьки
k14	Противоосколочных (кевларовых) подбои внутри обитаемого отделения
k15	Система пожаротушения
k16	Защищенный видеокомплекс (при повреждении бронестекол)

В качестве показателей, влияющих на базовые свойства, возьмем габариты, массу и геометрию проходимости, а именно клиренс и углы переднего и заднего свеса. Выберем из представленных мероприятий те факторы, которые влияют на изменение габаритов (рис. 1).



Рисунок 1 – Элементы защищенности, влияющие на изменение габаритных показателей

Каждый из этих факторов изменяет габаритные показатели, но не в равной мере. Здесь и далее будем различать два принципиальных критерия: величину влияния фактора на показатель α и значение этого фактора защиты k .

Влияния каждого из них следует понимать, как значимость при эксплуатации при выполнении различного рода задач, изменение заметности и др., например, элемент защиты может не дать сильного прироста в объеме транспортного средства, но увеличить его заметность или его конструкция ограничит скорость передвижения по пересеченной местности.

Несмотря на принципиальное различие этих двух критериев для тех факторов которыми являются элементы защиты (они являются независимыми), в первом приближении можно принимать их влияние пропорциональным значению этого фактора. Это связано с тем, что субъективное мнение эксперта о влиянии элемента все равно будет восприниматься через призму его значения.

Аналогично рассмотрим влияние элементов защиты на изменение массы транспортного средства (рисунок 2). Очевидно, что наибольшее влияния оказывают те элементы, которые не просто существенно увеличивают массу автомобиля, но и изменяют положение центра тяжести. К таким элементам следует отнести бронепанели, закрепленные на бонах и защиту днища V-образными панелями. Защита топливных баков, ресиверов, радиатора, аккумулятора являются значимыми с точки зрения защищенности, но менее значимы по влиянию на массу.

Установка этих элементов защиты увеличивает массу, а само по себе увеличение массы отрицательно влияет на эксплуатационные свойства автомобиля, как и увеличение габаритов.



Рисунок 2 – Элементы защищенности, влияющие на изменение массы

Таким образом, основное внимание разработчикам следует уделять снижению массы элементов защиты (в первую очередь $k5$ и $k10$) с сохранением класса защищенности.

Изменение дорожного просвета связано, в основном, с установкой дополнительной защиты днища (противоминная защита) (рис. 3). Она изменяет геометрию просвета и увеличивает подрессоренную массу. Боестойкие шины с дополнительной защитой увеличивают массу неподрессоренной части автомобиля и, в зависимости от конструкции, могут вообще не изменять клиренс. А вот увеличение совокупной массы транспортного средства уменьша-

ет не только клиренс, но и уменьшает угол переднего и заднего свеса, причем в зависимости от распределения дополненных масс это изменение может быть не пропорционально, что ухудшит не только профильную, но и опорно-тяговую проходимость в связи с изменением нагрузки на оси автомобиля. Кроме того это приводит к уменьшению максимальной высоты преодолеваемого вертикального препятствия и ширины рва. Однако масса не является независимым фактором и сама подвержена влиянию факторов $k1-k16$.

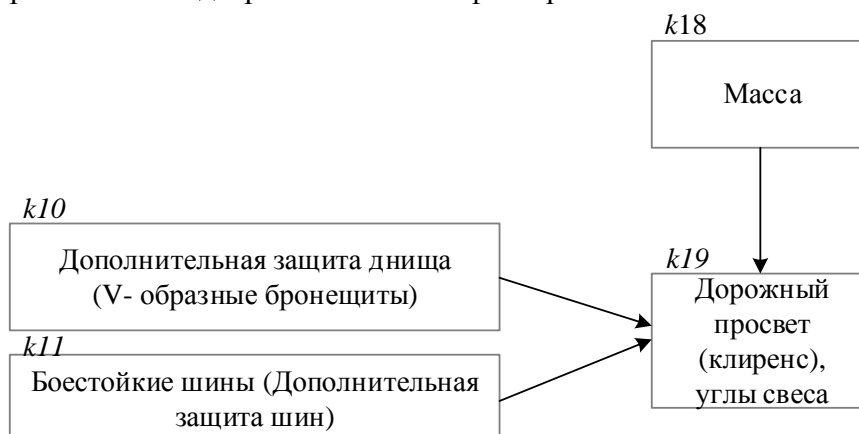


Рисунок 3 – Элементы защищенности, влияющие на клиренс и углы свеса

Рассмотрим влияние габаритных показателей на эксплуатационные свойства автомобилей многоцелевого назначения. К таким свойствам отнесём следующие: заметность, маневренность, управляемость, быстроходность, топливную экономичность, проходимость и эксплуатационную технологичность [3, 4].

Очевидно, что увеличение габаритных показателей (рис. 4) увеличивает заметность, снижает маневренность (как способность автомобиля изменять своё положение под управлением водителя на ограниченной площади в условиях, требующих движения по траекториям большой кривизны, с резким изменением направления движения, в том числе и задним ходом). Увеличение габаритов ухудшает управляемость автомобиля (как способность автомобиля двигаться по криволинейной траектории на большей средней скорости, с ограниченными проездами и малыми радиусами поворота). Это становится особо чувствительным для водителя при эксплуатации в условиях ветровых нагрузок на открытой местности или, когда увеличение габаритов происходит одновременно с изменением положения центра тяжести.

Снижение быстроходности связано с естественным стремлением водителя к более безопасному и спокойному вождению с увеличением габаритов транспортного средства.

Проходимость автомобиля (как способность транспортного средства передвигаться по дорогам низкого качества и вне дорожной сети, а также преодолевать искусственные и естественные препятствия без привлечения вспомогательных средств [13]) с точки зрения клиренса, передних и задних углов свеса, в том числе опорно-тяговая проходимость не изменяется при увеличении габаритов. Однако, при установке противодронных сеток и движении в лесополосах, лесных дорогах, где просветы ограничены свесами деревьев, оврагах, преодолевать естественные препятствия будет более затруднительно.

Масса влияет на маневренность в основном на слабонесущих опорных поверхностях, характерных для бездорожья (рис. 5). При этом снижается опорно-тяговая проходимость

Снижение управляемости транспортного средства при увеличении массы является следствием изменения распределения масс в объеме транспортного средства.

Увеличение массы влечет за собой увеличение доли времени, когда двигатель и в целом, силовая установка, работают на переходных режимах, на внешней скоростной или нагрузочной характеристиках. Это приводит не только к увеличению эксплуатационного расхода топлива, но и уменьшению сроков межремонтных пробегов и ресурса автомобиля.

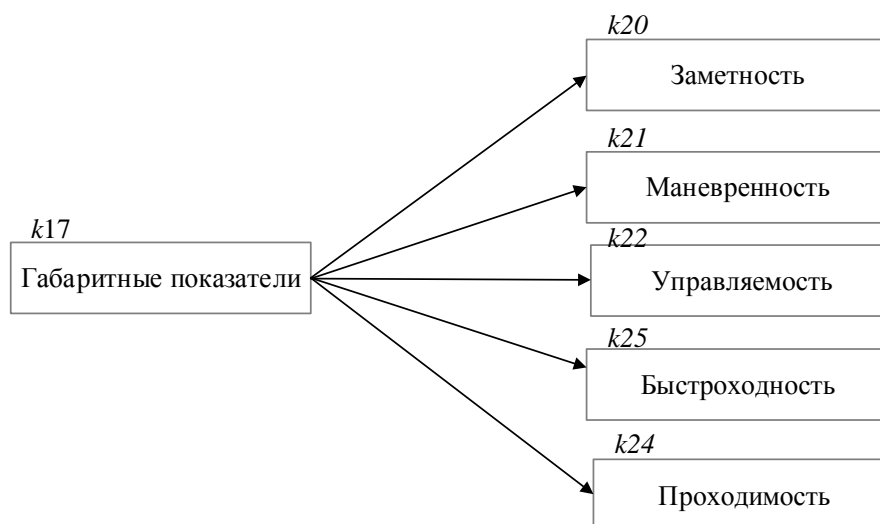


Рисунок 4 – Связь габаритных показателей с эксплуатационными свойствами

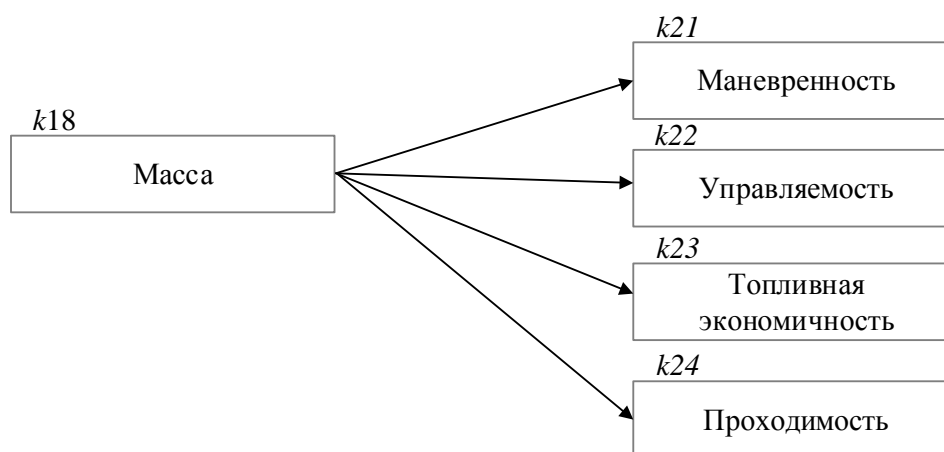


Рисунок 5 – Связь массы с эксплуатационными свойствами

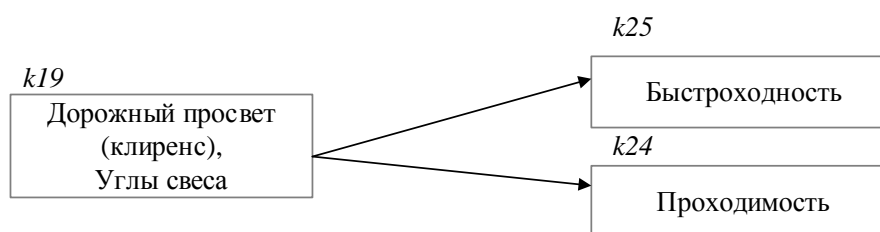


Рисунок 6 – Связь профильной проходимости с эксплуатационными свойствами

К профильной проходимости относятся следующие геометрические величины: дорожный просвет H_d , угол переднего γ_n и заднего свеса γ_z , межосевое расстояние L , продольный радиус проходимости R_{np} и поперечный радиус проходимости R_n , коэффициент совпадения следов B , наибольший продольный просвет c , база автомобиля L (продольное расстояние между осями передних и задних колёс) определяют профильную проходимость (рис. 7) [3, 16].

Профильная проходимость совместно с опорно-тяговой определяют проходимость транспортного средства. Обе составляющие проходимости есть функции дополненной массы автомобиля, увеличение которой негативно сказывается на обеих составляющих.

Рассмотрим еще одно важное свойство всей автомобильной техники, которое, иногда, стоит далеко не в приоритетных. Это эксплуатационная технологичность.

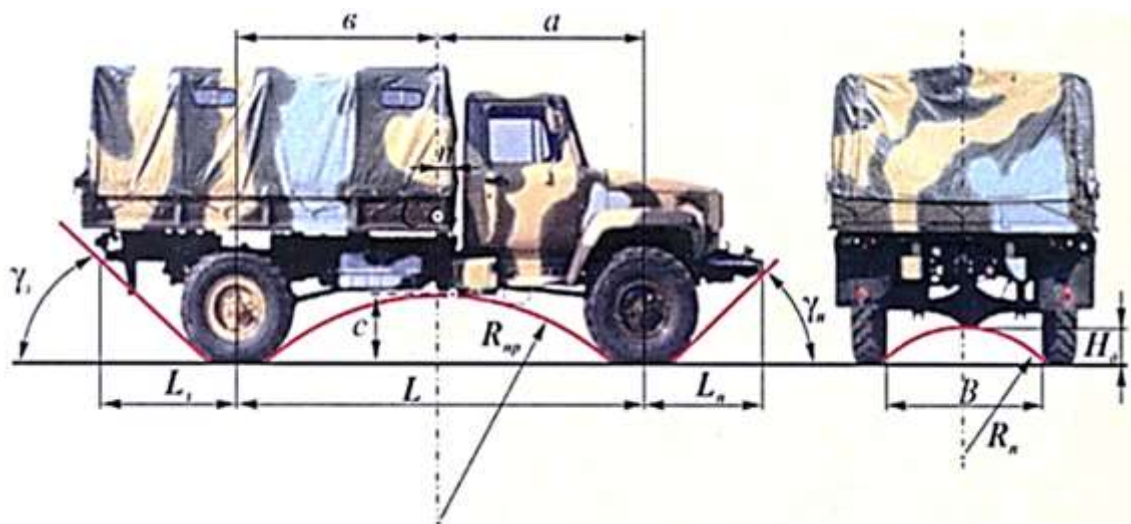


Рисунок 7 – Элементы профильной проходимости



Рисунок 8 – Элементы защищенности, влияющие на эксплуатационную технологичность

Фактически все элементы защиты, представленные на рисунке 8, в той или иной степени влияют на эксплуатационную технологичность. Очевидно, что как обслуживание изделия, так и ремонт, требуют дополнительных трудозатрат на демонтаж элементов, дополнительного оборудования и инструментов. С другой стороны, фактор k_9 , имеющий место среди факторов, влияющих на фактор k_{27} , приносит незначительное влияние (обслуживание стеклоочистителей с невысокой трудоемкостью), однако, его присутствие обусловлено тем, что с неисправными стеклоочистителями эксплуатация автомобильной техники не допускается.

Наибольшее влияние, с точки зрения повышения эксплуатационной технологичности, должно быть уделено противодронным козырькам, защите днища и дополнительным бронепанелям. Так, например, снятие и установка защиты днища (около 700 кг) требует и специальных приспособлений, навыков и соблюдение мер безопасности. Следует отметить, что

развитие нового класса военной автомобильной техники реализуется на современных технологических достижениях, при этом существует ряд ограничений, не только финансовых и материальных, но и людских ресурсов, основную долю которых составляют специалисты ремонтно-восстановительных органов [2].

Результаты

Таким образом на основании выявленных причинно-следственных связей и воспользовавшись основными принципами когнитивных технологий [12] и практического построения когнитивных карт [8, 15], можно сформировать причинно-следственную связь между независимыми факторами защиты образца и целевой функцией. Пример такой связи представлен на рисунке 9.

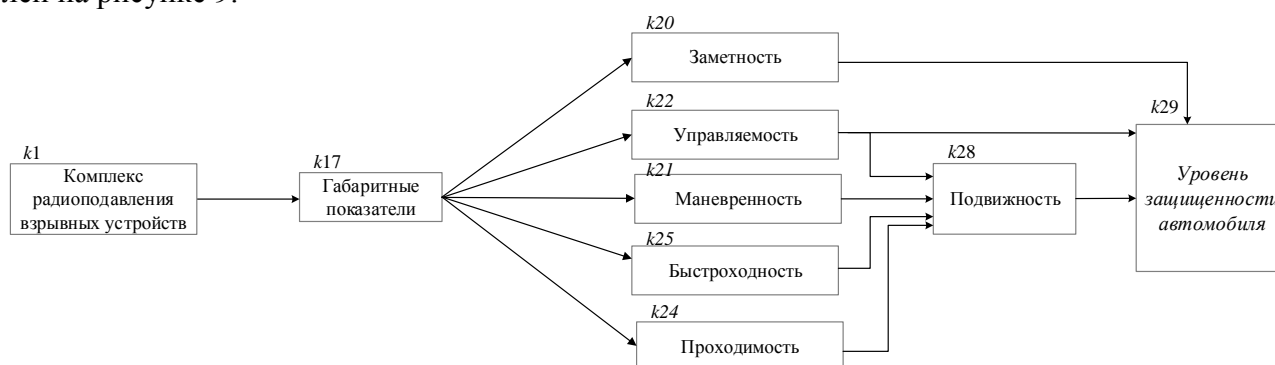


Рисунок 9 – Причинно-следственная связь между фактором k1 – «Комплекс радиоподавления взрывных устройств» и целевой функцией

Разработав аналогичные связи для других независимых факторов k2–k16 получим когнитивную модель для структурного анализа защищенности автомобильной техники.

Выводы

1. Таким образом на этом этапе исследования можно сделать важный вывод о том, что такие мероприятия по защищенности как:

- трассировка трубопроводов и шлангов в полости рамы;
- противоосколочных (кевларовых) подбои внутри обитаемого отделения;
- система пожаротушения;
- защищенный видеокomплекс (при повреждении бронестекла),

не влияют существенно на эксплуатационные свойства автомобиля и могут реализовываться на заводе изготовителе при направлении в зону боевых действий

2. Требуется разработка элементов защиты с новой, оригинальной структурной оптимизацией, позволяющих не снижать базовые эксплуатационные свойства образцов.

3. Требуется разработка структурных компонентов, обладающих повышенной стойкостью, невысокой стоимостью и несущественно снижающих базовые свойства образца.

4. Требуется проведение исследований, направленных на определение необходимости качественного и количественного резервирования эксплуатационных свойств. Определение коэффициента запаса свойств для базовых шасси и формирование на их основе общих технических требований, в том числе для автомобилей двойного назначения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисов В.В., Бычков И.А., Дементьев А.В., Соловьев А.П., Федулов А.С. Компьютерная поддержка сложных организационно-технических систем // М.: Горячая линия – Телеком. 2002. 54 с.
2. Черкашин А.В. Ожидании качественных революционных преобразований в российском автомобилестроении [Электронный ресурс] / Ч. 3. ИА Оружие России/Блоги/Техника и вооружение. URL: <https://www.armsexpo.ru/articles/armed-forces/v-ozhidanii-kachestvennykh-revolutsionnykh-preobrazovaniy-v-rossiy>.
3. Васильченко В.Ф. Военная автомобильная техника. Книга вторая. Военные автомобили и гусеничные машины. Теория эксплуатационных свойств // Воениздат МО РФ ООО ПК «Тигель». Рязань.

2004. 432 с.

4. Васильченков В.Ф., Горячев В.А., Жолнин А.Д., Невдах М.А., Темнов В.П. Военная автомобильная техника. Книга третья. Военные автомобили. Конструкция и расчет // Воениздат МО РФ – ООО ПК «Тигель». Рязань. 2004. 664 с.

5. Григоренко С.В. Оружие на новых физических принципах // Развитие вооружения и военной специальной техники. История и современное техническое обеспечение боевых действий: Материалы 75-й Республиканской научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных работников, докторантов и аспирантов военно-технического факультета в Белорусском национальном техническом университете. Минск: БНТУ, 2022. С. 170-177.

6. Дульнев П.А., Ильин Л.Н. Некоторые подходы к развитию системы вооружения соединений нового облика сухопутных войск // Вестник академии военных наук. 2012. №1(38). С. 126-134.

7. Дульнев П.А., Литвиненко В.И. Предлагаемые подходы к обобщенной оценке эффективности средств поражения, в том числе на новых физических принципах // Вестник академии военных наук. 2015. №2(51). С. 147-151.

8. Заяц Ю.А., Шабанов А.В. Алгоритм управления технической готовностью воинской части на основе системно-информационного анализа // Научный резерв. Рязань: РВВДКУ. 2021. №2(14). С. 33-38.

9. Киселев В.А. К каким войнам необходимо готовить Вооруженные Силы России // Военная мысль. 2017. №3. С. 37-46.

10. Черкашин А. Комментарии к интервью начальника ГАБТУ МО РФ генерал-майора Сергея Библика [Электронный ресурс] / ИА Оружие России. Блоги. Техника и вооружение. URL: <https://www.arms-expo.ru/articles/armed-forces/kommentarii-k-intervyu-nachalnika-gabtu-mo-rf-general-mayora-sergeya-bibika/>.

11. Литвиненко В.И. Обобщенная оценка эффективности поражения противника в том числе и оружием на новых физических принципах // Военная мысль. 2015. №10. С. 56-61.

12. Максимов В.И. Когнитивные технологии – от незнания к пониманию // Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций (CASC`2001): Материалы I Междунар. конф. В 3 т. М.: ИПУ РАН. 2001. Т. 1. С. 4-41.

13. Подчинок В.М. Эксплуатация военной автомобильной техники // Рязань. Рус. Слово. 2006. 696 с.

14. Шевченко А.А. Опыт применения защищенных автомобилей: Федеральный справочник // Оборонно-промышленный комплекс России 2018-2019. Вып. 15. М.: Центр стратегических программ. 2019. С. 287.

15. Brown S.M. Cognitive mapping and repertory grids for qualitative survey research: some comparative observations // Journal of Management Studies. 1992. V. 29. P. 287-307.

16. Шевченко С.А., Васильченков В.Ф., Горячев В.А., Демихов С.В., Бугаев С.В., Семенин В.В. Теория военной автомобильной техники: учебник // Рязань: РВВДКУ. 2017. 326 с.

Сергиенко Виктор Игоревич

Рязанское гвардейское высшее воздушно-десантное командное училище
Адрес: 390000, Россия, г. Рязань, пл. генерала армии В. Ф. Маргелова, д. 1
Адъюнкт очной штатной адъюнктуры
E-mail: viktor5208088@yandex.ru

Заяц Юрий Александрович

Рязанское гвардейское высшее воздушно-десантное командное училище
Адрес: 390000, Россия, г. Рязань, пл. генерала армии В. Ф. Маргелова, д. 1
Д.т.н., профессор кафедры математических и естественнонаучных дисциплин
E-mail: sajua@yandex.ru

V.I. SERGIENKO, Yu.A. ZAYATS

THE IMPACT OF MEASURES TO IMPROVE THE SECURITY OF MILITARY VEHICLES TO CHANGE ITS BASIC PROPERTIES

Abstract. *The article considers the prospects for the development and justification of tactical and technical requirements for promising protected samples of cotton wool and the impact of increased protection on the basic properties of military vehicles, which in turn affect the tactical and technical characteristics.*

Keywords: *military automotive equipment, basic properties, combat mission performance special military operation, security, speed, patency, visibility*

BIBLIOGRAPHY

1. Borisov V.V., Bychkov I.A., Dement'ev A.V., Solov'ev A.P., Fedulov A.S. Komp'yuternaya podderzhka slozhnykh organizatsionno-tekhnicheskikh sistem // M.: Goryachaya liniya - Telekom. 2002. 54 s.
2. Cherkashin A.V. ozhidanii kachestvennykh revolyutsionnykh preobrazovaniy v rossiyskom avtomobile-stroenii (chast' 3) [Elektronnyy resurs] / IA Oruzhie Rossii/Blogi/Tekhnika i vooruzhenie. URL: <https://www.arms-expo.ru/articles/armed-forces/v-ozhidanii-kachestvennykh-revolyutsionnykh-preobrazovaniy-v-rossiy>.
3. Vasil'chenkov V.F. Voennaya avtomobil'naya tekhnika. Kniga vtoraya. Voennye avtomobili i gusenichnye mashiny. Teoriya ekspluatatsionnykh svoystv // Voenizdat MO RF OOO PK «Tigel'», Ryazan'. 2004. 432 s.
4. Vasil'chenkov V.F., Goryachev V.A., Zholnin A.D., Nevдах M.A., Temnov V.P. Voennaya avtomobil'naya tekhnika. Kniga tret'ya. Voennye avtomobili. Konstruktsiya i raschet // Voenizdat MO RF - OOO PK «Tigel'», Ryazan'. 2004. 664 s.
5. Grigorenko S.V. Oruzhie na novykh fizicheskikh printsipakh // Razvitie vooruzheniya i voennoy spetsial'noy tekhniki. Istoriya i sovremennoe tekhnicheskoe obespechenie boevykh deystviy: Materialy 75-y Respublikanskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii professorsko-prepodavatel'skogo sostava, nauchnykh rabotnikov, doktorantov i aspirantov voenno-tekhnicheskogo fakul'teta v Belorusskom natsional'nom tekhnicheskoy universitete. Minsk: BNTU, 2022. S. 170-177.
6. Dul'nev P.A., Il'in L.N. Nekotorye podkhody k razvitiyu sistemy vooruzheniya soedineniy novogo oblika sukhoputnykh voysk // Vestnik akademii voennykh nauk. 2012. №1(38). S. 126-134.
7. Dul'nev P.A., Litvinenko V.I. Predlagaemye podkhody k obobshchennoy otsenke effektivnosti sredstv porazheniya, v tom chisle na novykh fizicheskikh printsipakh // Vestnik akademii voennykh nauk. 2015. №2(51). S.147-151.
8. Zayats YU.A., Shabanov A.V. Algoritmy upravleniya tekhnicheskoy gotovnost'yu voinskoy chasti na osnove sistemno-informatsionnogo analiza // Nauchnyy rezerv. Ryazan': RVVDKU. 2021. №2(14). S.33-38.
9. Kiselev V.A. K kakim voynam neobkhodimo gotovit' Vooruzhennyye Sily Rossii // Voennaya mysl'. 2017. №3. S. 37-46.
10. Cherkashin A. Kommentarii k interv'yu nachal'nika GABTU MO RF general-mayora Sergeya Bibika [Elektronnyy resurs] // IAOruzhieRossii. Blogi. Tekhnika i vooruzhenie. URL: <https://www.arms-expo.ru/articles/armed-forces/kommentarii-k-intervyu-nachalnika-gabtu-mo-rf-general-mayora-sergeya-bibika/>
11. Litvinenko V.I. Obobshchennaya otsenka effektivnosti porazheniya protivnika v tom chisle i oruzhiem na novykh fizicheskikh printsipakh // Voennaya mysl'. 2015. №10. S. 56-61.
12. Maksimov V.I. Kognitivnye tekhnologii - ot neznaniya k ponimaniyu // Kognitivnyy analiz i upravlenie razvitiem situatsiy (CASC'2001): Materialy I Mezhdunar. konf. V 3 t. M.: IPU RAN. 2001. T. 1. S. 4-41.
13. Podchinok V.M. Ekspluatatsiya voennoy avtomobil'noy tekhniki // Ryazan'. Rus. Slovo. 2006. 696 s.
14. Shevchenko A.A. Opyt primeneniya zashchishchennykh avtomobiley: Federal'nyy spravochnik // Oboronno-promyshlennyy kompleks Rossii 2018-2019. Vyp. 15. M.: Tsentr strategicheskikh programm. 2019. S. 287.
15. Brown S.M. Cognitive mapping and repertory grids for qualitative survey research: some comparative observations // Journal of Management Studies. 1992. V. 29. P. 287-307.
16. Shevchenko S.A., Vasil'chenkov V.F., Goryachev V.A., Demikhov S.V., Bugaev S.V., Semynin V.V. Teoriya voennoy avtomobil'noy tekhniki: uchebnyk // Ryazan': RVVDKU. 2017. 326 s.

Viktor Igorevich Sergienko

Ryazan Guards Higher Airborne Command School
Address: 390000, Russia, Ryazan
Adjunct of the full-time staff adjunct
E-mail: viktor5208088@yandex.ru

Yuri Alexandrovich Zayats

Ryazan Guards Higher Airborne Command School
Address: 390000, Russia, Ryazan
Doctor of Technical Sciences
E-mail: sajua@yandex.ru

УДК 656.1

doi:10.33979/2073-7432-2025-1-2(88)-63-70

М.Г. БОЯРШИНОВ, Ю.А. ЩУКИН, Д.В. АРТЕМЕНКО

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИДОРОЖНОГО ПАРКОВОЧНОГО ПРОСТРАНСТВА

Аннотация. Актуальность изучения функционирования парковочного пространства и определения спроса на парковочные места предполагает исследование закономерностей оборота автомобилей на территории парковки, длительностей размещения транспортных средств, особенностей распределения интенсивностей приезда и отъезда автомобилей с рассматриваемой территории с учетом цены, временных ограничений и множества других параметров. Целью настоящего исследования является изучение количественных характеристик заполняемости парковочного пространства, распределения длительностей хранения автомобилей, детерминированных статистических показателей продолжительности их размещения на объектах парковочной инфраструктуры. Предмет настоящего исследования – закономерности функционирования парковочного пространства, расположенного вблизи общеобразовательного учреждения.

Ключевые слова: придорожное парковочное пространство, продолжительность стоянки, заполняемость

Введение

Постановлением Правительства Пермского края от 09.09.2020 N 661-п «Об утверждении Порядка ведения реестра парковок общего пользования, расположенных на территории Пермского края» определено понятие *парковка*:

«Парковка (парковочное место) – специально обозначенное и при необходимости обустроенное и оборудованное место, являющееся в том числе частью автомобильной дороги и (или) примыкающее к проезжей части и (или) тротуару, обочине, эстакаде или мосту либо являющееся частью подэстакадных или подмостовых пространств, площадей и иных объектов улично-дорожной сети, зданий, строений или сооружений и предназначенное для организованной стоянки транспортных средств на платной основе или без взимания платы по решению собственника или иного владельца автомобильной дороги, собственника земельного участка либо собственника соответствующей части здания, строения или сооружения».

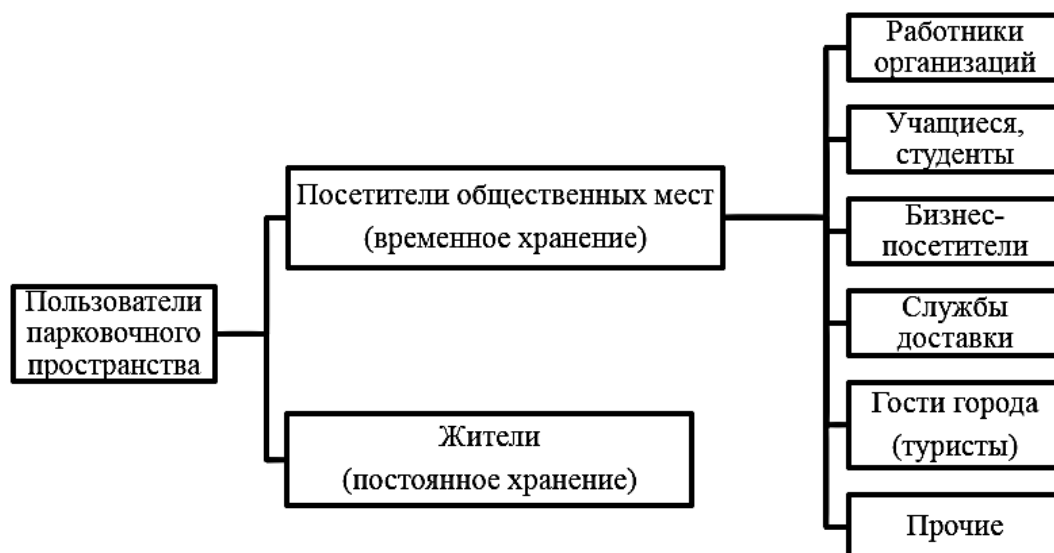


Рисунок 1 - Структура использования парковочного пространства

Материал и методы

При определении потребностей пользователей парковочных мест представляется актуальным применение схемы, приведенной на рисунке 1, которая предполагает разделение пользователей парковочных мест в зависимости от цели и продолжительности пребывания на объекте парковочной инфраструктуры.

Объекты Пермской муниципальной парковочной инфраструктуры включают в себя плоскостные парковки, являющиеся отдельно стоящими и размещаемыми за пределами улично-дорожной сети (УДС), придорожные парковки, размещение которых производится вдоль проезжей части [1].

Вопросы обслуживания объектов культурно-бытового назначения приведены в [2]; предложена математическая модель прогнозирования интенсивности индивидуального транспорта, основанная на характеристиках, формирующих транспортный спрос и параметрах расположения центров массового тяготения. Авторами [3] выполнены исследования моделей спроса на парковку в различных условиях и при многих сценариях для разных городов мира с различающимися характеристиками поведения водителей при парковке; особое внимание уделяется обзору развития моделей спроса на парковку, а также исследованиям, касающимся поведения водителей и характеристик парковки.

Факторы, влияющие на продолжительность размещения транспортных средств вблизи территорий массового тяготения, изучены авторами [4, 5]. Для выявления статистической значимости факторов, влияющих на число корреспонденций, был проведен регрессионный анализ по типам объектов тяготения.

Теория

На территории города Перми в рамках парковочной политики используется метод определения ценового регулирования на муниципальной территории с использованием данных об уровне максимальной занятости парковочного пространства. Методика проведения мониторинга уровня максимальной занятости утверждена постановлением Администрации города Перми от 26 августа 2022 г. №718. По результатам мониторинга оценивается процентное соотношение максимального количества занятых платных парковочных мест к количеству платных парковочных мест в кварталах в соответствии с проектными значениями организации дорожного движения. Сбор данных на городской УДС выполнялся на основе натурных наблюдений и с помощью работающих в автоматическом режиме комплексов фото-видео фиксации, в том числе, комплексов измерительных программно-технических (КИПТ). Ключевые показатели в рамках выполненной оценки эффективности использования парковочного пространства города Перми представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Показатели оценки эффективности использования парковочного пространства на муниципальной территории города Перми

Показатель	Значение показателя
Средняя заполняемость парковки, %	85
Время работы платной парковки	9:00-19:00
Доля длительных парковок (длительная парковочная сессия длится более 40 минут), %	60
Доля коротких парковок (короткая парковочная сессия длится менее 40 минут), %	40
Среднее количество оплачиваемых часов на одном парковочном месте	6
Начисляемая дневная оплата за одно парковочное место, руб	194
Планируемое годовое количество дней работы парковки	270

В рамках исследования [6] в качестве объекта для изучения закономерностей использования парковочного пространства рассматривалась платная парковка вблизи крупного торгового центра. Проведенный анализ временных рядов, получаемых с использованием системы автоматизированного учета движения автомобилей на парковке торгового центра, позволил выявить закономерности использования парковочного пространства: зависимости от

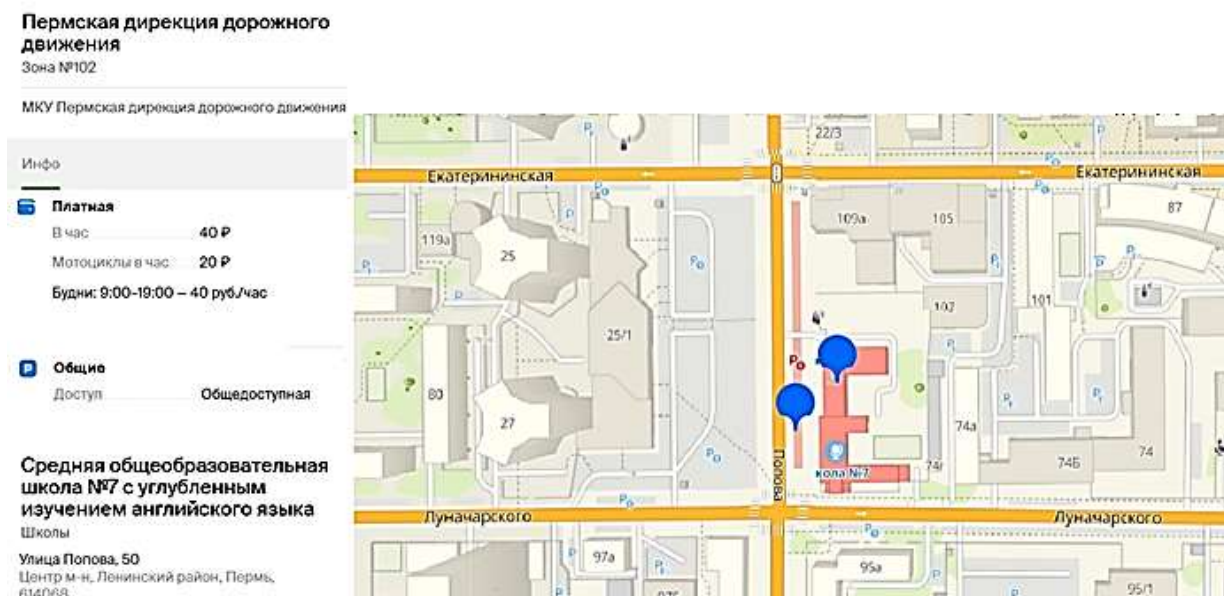
времени интенсивностей заезда и выезда автомобилей на парковку, заполняемости парковочного пространства, распределения длительности хранения автомобилей, основные детерминированные статистические показатели продолжительности стоянки автомобилей. Установлено, что значительное количество пользователей автомобилями используют объект на время менее 5 минут. Выявлена необходимость корректировки нормативных показателей работы плоскостных парковок на территории города Перми.

Обработка цифровых данных позволяет детально изучать закономерности интенсивности заезда и выезда автомобилей на парковку, заполняемости парковочного пространства, продолжительности стоянки отдельных автомобилей, вычислять детерминированные показатели вероятностных распределений и получать другую информацию. Методика обработки цифровых данных описана в работах [7, 8] на примере анализа временных рядов, получаемых от КИПТ фото- и видеофиксации нарушений правил дорожного движения, установленных на УДС города Перми.

Авторами [9] представлено исследование по определению уровня занятости парковочных мест с помощью цифровых камер, которые позволяют с помощью машинного обучения производить подсчет транспортных средств в заданных границах рассматриваемого объекта. Данный метод имеет ряд существенных ограничений при масштабировании данного метода сбора данных, а также имеет большую погрешность получаемых результатов.

В [10] рассматривается парковочная политика города Перми с приведением сведений о существующем тренде к снижению парковочных мест в пределах улично-дорожной сети, с целью повышения скорости движения транспортного потока.

В статьях [11-14] представлен ряд моделей, описывающих процесс поведения пользователей на объектах парковочной инфраструктуры, представлена реализация моделирования поведения пользователей. Описаны математические методы, позволяющие оптимизировать работу парковочных мест, а также рекомендовать муниципалитетам регулировать парковочную политику для рассматриваемой агломерации и территории с использованием натурных наблюдений и статистических данных.



**Рисунок 2 - Придорожная парковка вблизи общеобразовательной школы
(разработано авторами с использованием ресурсов 2GIS)**

Целью настоящей работы является проведение анализа эффективности использования парковочных мест вблизи образовательного учреждения (средняя школа, рис. 2). Используются данные, получаемые с помощью КИПТ «Азимут ДТ» [15], установленных для фиксации автомобилей на изучаемом объекте парковочной инфраструктуры.

Результаты и обсуждение

Исследование функционирования придорожной парковки возле общеобразовательной школы в городе Пермь на улице Попова проводилось в течение недели с 1 по 7 февраля 2024 года. В ходе анализа было определено общее количество парковочных сессий (под парковочной сессией понимается размещение отдельного транспортного средства на парковочном пространстве), время начала и время окончания каждой парковочной сессии, среднее время размещения транспортных средств за период наблюдения и другие данные. Результаты приведены в таблице 2. На рисунке 3 представлены зависимости от времени заполняемости рассматриваемого парковочного пространства в некоторые дни недели. На рисунке 4 показаны распределения по времени заезда продолжительностей парковок автомобилей за те же дни недели (данные за февраль 2024 года).

Таблица 2 - Количественные характеристики использования рассматриваемого парковочного пространства (город Пермь)

День	Количество парковочных сессий	Среднее время парковок	
		в течение суток	до 60 минут
Понедельник	203	38,8	12,9
Вторник	205	36,5	14,4
Среда	207	47,7	15,8
Четверг	287	205,1	20,2
Пятница	325	21,5	4,4
Суббота	182	73,3	20,7
Воскресенье	104	82,7	19,7

Рассматриваемый объект парковочной инфраструктуры функционирует на платной основе по будням с 9:00 до 19:00. Активное использование объекта владельцами автомобилей для длительного (10 и более часов) хранения транспорта наблюдалось для 5 автомобилей за весь период анализа.

Анализ показал, что количество автовладельцев, проводящих на объекте парковки в течение анализируемого промежутка времени менее 1 часа, варьируется. Для понедельника, вторника, и среды, значение количества автомобилей, размещаемых менее 1 часа, лежит в границах от 60 до 79 %. В четверг значение транспортных средств, размещаемых менее 1 часа, не превышает 10 % от общего количества.

Выводы

Данные, представленные в исследовании, позволили достоверно оценить доли автомобилей, находящихся на парковке длительно и кратковременно.

В течение периода наблюдения с 01 по 07 февраля 2023 года на рассматриваемой парковке всего были размещены 1513 автомобилей. Из них 962, или 63,6 %, находились на территории парковки кратковременно, то есть менее 40 минут; 551 автомобилей, или 36,4 %, были размещены на длительное время, то есть более 40 минут.

В процессе исследования были выявлены ряд параметров, характеризующих работу парковочного пространства, представлены зависимости интенсивности использования парковочного пространства, на основании которых представляется возможным формулировка выводов и разработка рекомендаций по управлению парковочным пространством вблизи общеобразовательного учреждения.

Дальнейшее исследование будет выполнено в отношении рассматриваемого объекта с использованием данных за все 4 сезона 2023 года для учета влияния фактора сезонности.

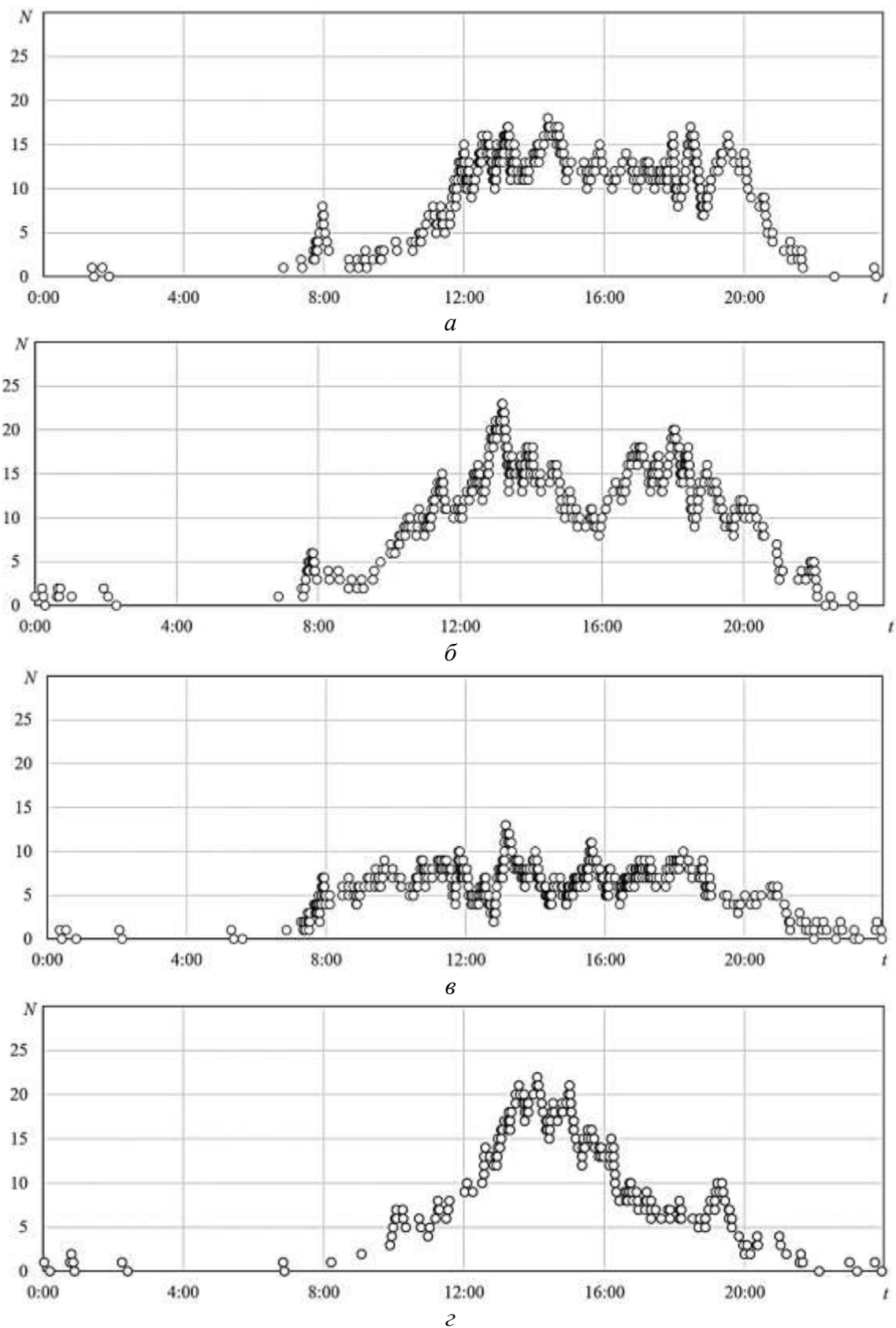
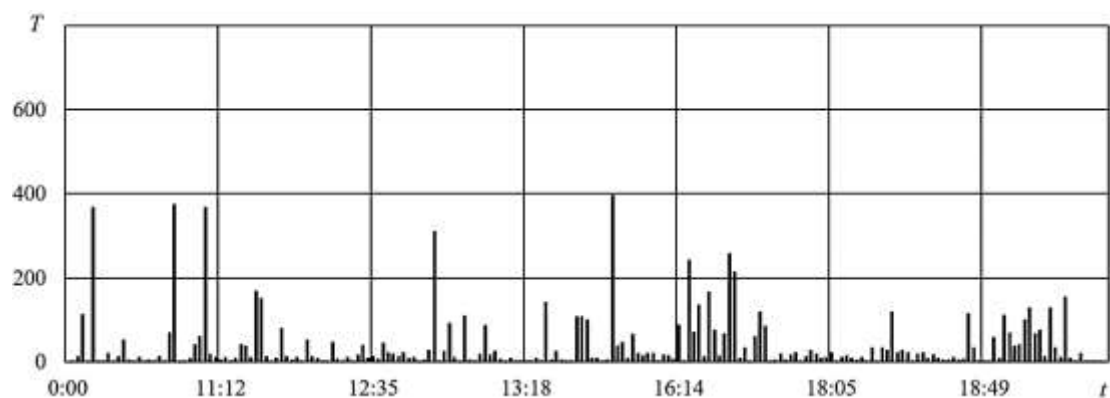
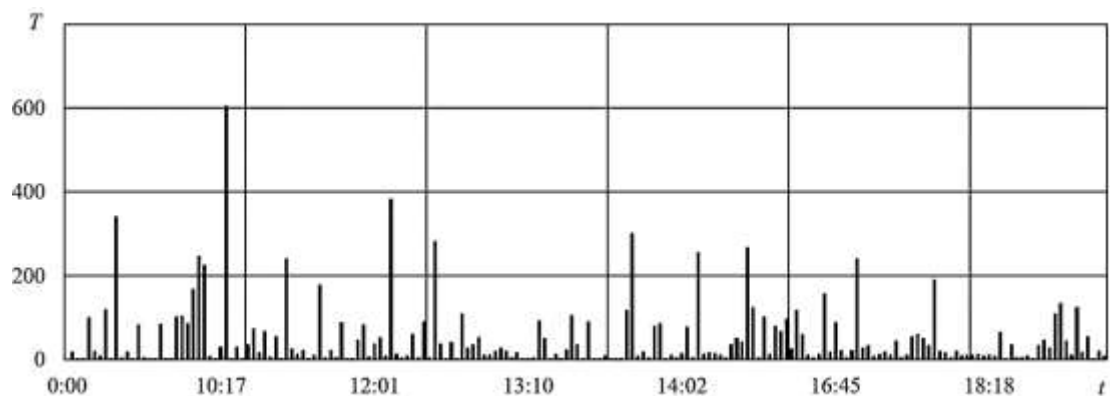


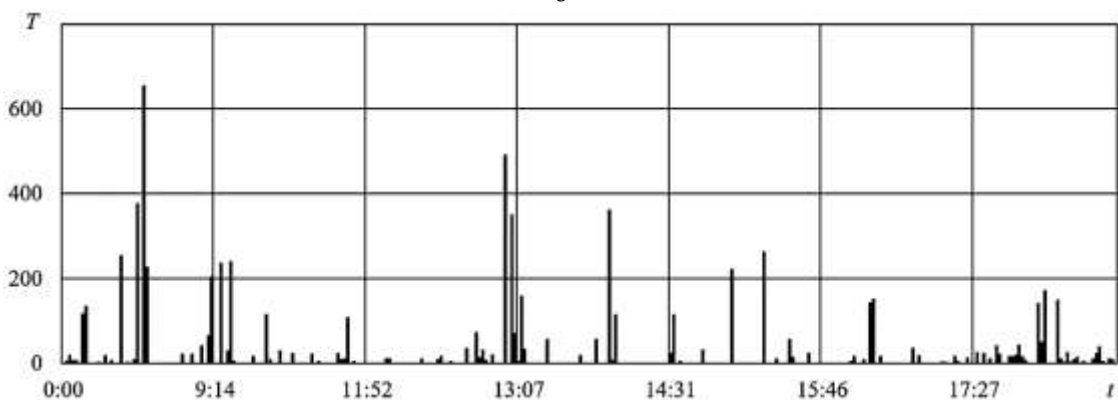
Рисунок 3 - Зависимость от времени t заполняемости N (авт) парковки по дням недели: а - понедельник, б - среда, в - пятница и г - воскресенье; данные за февраль 2024 года (город Пермь)



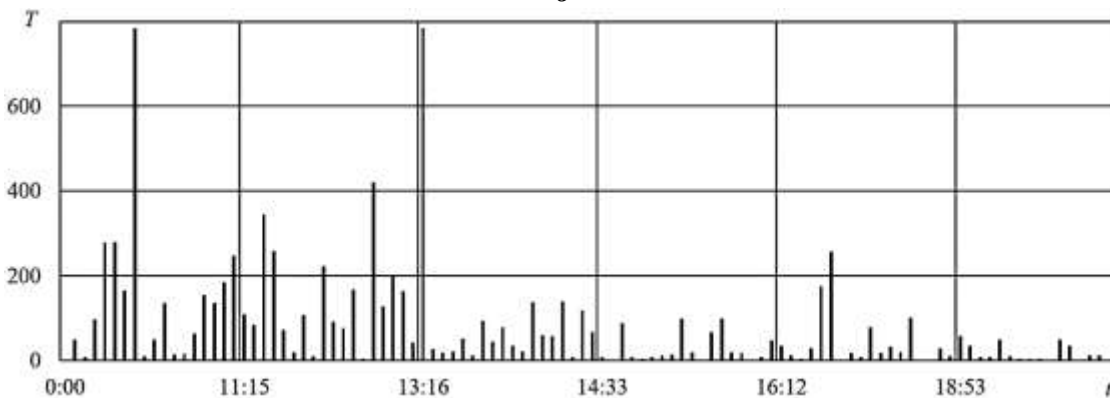
а



б



в



г

Рисунок 4 - Распределение по времени t заезда продолжительностей T (мин) парковок автомобилей по дням недели: а - понедельник, б - среда, в - пятница и г - воскресенье; данные за февраль 2024 года (город Пермь)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бояршинов М.Г., Шукин Ю.А. Оценка заполняемости платных стоянок в условиях неполноты информации // Химия. Экология. Урбанистика: матер. всерос. науч.-практ. конф. (с междунар. участием). В 4 т. Пермь: Перм. нац. исслед. политехн. ун-т. 2022. С. 177-181.
2. Казимиров А.О., Бурков Д.Г. Прогнозирование интенсивности транспортных и пешеходных потоков к центрам массового тяготения на примере супермаркетов г. Иркутска. Вестник Иркутского государственного технического университета. 2018. 22(2). С. 209-216. DOI: 10.21285/1814-3520-2018-2-209-216.
3. Parmar J., Das P., Dave S.M. Study on demand and characteristics of parking system in urban areas: A review // Journal of Traffic and Transportation Engineering. 2020. Vol. 7. P. 111-124. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2019.09.003>.
4. Бурков Д.Г. Зедгенизов А.В. Математическое описание транспортного спроса, создаваемого объектами культурно-бытовой направленности // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2016. №12(119). С. 193-201.
5. Зедгенизов А.В., Базан А.В. Методика оценки потребного числа мест для парковки возле центров массового тяготения на урбанизированных территориях // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. 2020. №1(71). С. 72-83. DOI: 10.26518/2071-7296-2020-17-1-72-83.
6. Шукин Ю.А. Бояршинов М.Г. Артеменко Д.В. закономерности использования парковочного пространства // Транспорт Российской Федерации. 2023. №3-4(106-107). С. 44-50.
7. Бояршинов М.Г., Вавилин А.С., Шумков А.Г. Использование комплекса фотовидеофиксации нарушений правил дорожного движения для выделения детерминированной и стохастической составляющих интенсивности транспортного потока // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2021. №3. С. 61-71. DOI: 10.25198/2077-7175-2021-3-61.
8. Бояршинов М.Г., Вавилин А.С., Шумков А.Г. Фурье-анализ интенсивности транспортного потока // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2021. №4. С. 46-59. DOI: 10.25198/2077-7175-2021-4-46.
9. Farley A., Ham H., Hendra. Real Time IP Camera Parking Occupancy Detection using Deep // Procedia Computer Science. 2021. 179. P. 606-614. DOI: 10.1016/j.procs.2021.01.046.
10. Якимов М. Р. Транспортное планирование. Концепция парковочной политики в городах. М.: ООО Литературное агентство «Университетская книга», 2019. 96 с.
11. Egorov K., Krivospichenko S., Yadav V., Parygin D., Finogeev A. Research methodology for quantitative and qualitative parameters of parking space use // Procedia Computer Science. 2021. Vol. 193. P. 62-71. DOI: 10.1016/j.procs.2021.10.007.
12. Kolomatskiy A., Baranov D., Korchagin V., Volotskiy T. Assessing the effect of different parking pricing policies on DRT demand using multiagent traffic simulation // Case study of St. Petersburg, Procedia Computer Science. 2020. Vol. 170. P. 799-806. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.03.153>.
13. Sai Sneha Channamallu, Sharareh Kermanshachi, Jay Michael Rosenberger, Apurva Pamidimukkala, A review of smart parking systems [Электронный ресурс] / Transportation Research Procedia. Vol. 73. 2023. P. 289-296. URL: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2023.11.920>.
14. Xiaodan Li, Binglei Xie, Xiangqi Wang, Guiyang Li, Ziyi Yao. Parking choice behavior of urban village residents considering parking risk: An integrated modeling approach // Case Studies on Transport Policy. 2024. Vol. 15. 101145. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2023.101145>.
15. КИПТ «Азимут 3». Технологии безопасности дорожного движения [Электронный ресурс]. URL: <https://tbdd.ru/node/224>.

Бояршинов Михаил Геннадьевич

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Адрес: 614990, Россия, Пермь, Комсомольский пр., 29

Д.т.н., профессор, почетный работник ВПО РФ, действительный член РАТ, профессор кафедры «Автомобили и технологические машины»

E-mail: mgboyarshinov@pstu.ru

Шукин Юрий Алексеевич

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Адрес: 614990, Россия, Пермь, Комсомольский пр., 29

Аспирант

E-mail: cshukin-yura@mail.ru

Артеменко Дмитрий Викторович

МКУ «Пермская дирекция дорожного движения»

Адрес: 614000, Россия, Пермь, Пермская ул., 2А

Начальник

E-mail: <https://vk.com/permddd>

M.G. BOYARSHINOV, YU.A. SHCHUKIN, D.V. ARTEMENKO

QUANTITATIVE CHARACTERISTICS OF THE USE OF ROADSIDE PARKING SPACE

Abstract. The relevance of studying the functioning of parking space and determining the demand for parking spaces involves studying the patterns of car turnover in the parking area, the duration of vehicle placement, the specifics of the distribution of the intensity of arrival and departure of cars from the territory under consideration, taking into account price, time constraints and many other parameters. The purpose of this study is to study the quantitative characteristics of parking space occupancy, the distribution of car storage periods, and deterministic statistical indicators of the duration of their placement at parking infrastructure facilities. The subject of this study is the patterns of functioning of a parking space located near a general education institution.

Keywords: roadside parking space, duration of parking, occupancy

BIBLIOGRAPHY

1. Boyarshinov M.G., Shchukin YU.A. Otsenka zapolnyaemosti platnykh stoyanok v usloviyakh nepolnoty infor-matsii // Himiya. Ekologiya. Urbanistika: mater. vseros. nauch.-prakt. konf. (s mezhdunar. uchastiem). V 4 t. Perm: Perm. nats. issled. politekhn. un-t. 2022. S. 177-181.
2. Kazimirov A.O., Burkov D.G. Prognozirovanie intensivnosti transportnykh i peshekhodnykh potokov k tsentram massovogo tyagoteniya na primere supermarketov g. Irkutsk. Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2018. 22(2). S. 209-216. DOI: 10.21285/1814-3520-2018-2-209-216.
3. Parmar J., Das P., Dave S.M. Study on demand and characteristics of parking system in urban areas: A review // Journal of Traffic and Transportation Engineering. 2020. Vol. 7. P. 111-124. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2019.09.003>.
4. Burkov D.G. Zedgenizov A.V. Matematicheskoe opisanie transportnogo sprosa, sozdavaemogo ob"ek-tami kul'turno-bytovoy napravlenosti // Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2016. №12(119). S. 193-201.
5. Zedgenizov A.V., Bazan A.V. Metodika otsenki potrebnogo chisla mest dlya parkirovaniya vozle tsentrov massovogo tyagoteniya na urbanizirovannykh territoriyakh // Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo avtomobil'no-dorozhnogo universiteta. 2020. №1(71). S. 72-83. DOI: 10.26518/2071-7296-2020-17-1-72-83.
6. Shchukin YU.A. Boyarshinov M.G. Artemenko D.V. zakonomernosti ispol'zovaniya parkovochno-go prostranstva // Transport Rossiyskoy Federatsii. 2023. №3-4(106-107). S. 44-50.
7. Boyarshinov M.G., Vavilin A.S., Shumkov A.G. Ispol'zovanie kompleksa fotovideofiksatsii narusheniy pravil dorozhnogo dvizheniya dlya vydeleniya determinirovannoy i stokhasticheskoy sostavlyayushchikh intensivnosti transportnogo potoka // Intellect. Innovatsii. Investitsii. 2021. №3. S. 61-71. DOI: 10.25198/2077-7175-2021-3-61.
8. Boyarshinov M.G., Vavilin A.S., Shumkov A.G. Fur'e-analiz intensivnosti transportnogo potoka // Intellect. Innovatsii. Investitsii. 2021. №4. S. 46-59. DOI: 10.25198/2077-7175-2021-4-46.
9. Farley A., Ham H., Hendra. Real Time IP Camera Parking Occupancy Detection using Deep // Procedia Computer Science. 2021. 179. P. 606-614. DOI: 10.1016/j.procs.2021.01.046.
10. YAKIMOV M. R. Transportnoe planirovanie. Kontseptsiya parkovochnoy politiki v gorodakh. M.: OOO Literaturnoe agentstvo «Universitetskaya kniga», 2019. 96 s.
11. Egorov K., Krivospichenko S., Yadav V., Parygin D., Finogeev A. Research methodology for quantitative and qualitative parameters of parking space use // Procedia Computer Science. 2021. Vol. 193. P. 62-71. DOI: 10.1016/j.procs.2021.10.007.
12. Kolomatskiy A., Baranov D., Korchagin V., Volotskiy T. Assessing the effect of different parking pricing policies on DRT demand using multiagent traffic simulation // Case study of St. Petersburg, Procedia Computer Science. 2020. Vol. 170. P. 799-806. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.03.153>.
13. Sai Sneha Channamallu, Sharareh Kermanshachi, Jay Michael Rosenberger, Apurva Pamidimukkala, A review of smart parking systems [Elektronnyy resurs] / Transportation Research Procedia. Vol. 73. 2023. P. 289-296. URL: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2023.11.920>.
14. Xiaodan Li, Binglei Xie, Xiangqi Wang, Guiyang Li, Ziyi Yao. Parking choice behavior of urban village residents considering parking risk: An integrated modeling approach // Case Studies on Transport Policy. 2024. Vol. 15. 101145. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2023.101145>.
15. KIPT «Azimut 3». Tekhnologii bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya [Elektronnyy resurs]. URL: <https://tbdd.ru/node/224>.

Boyarshinov Mikhail Gennadievich

Perm National Research Polytechnic University
Address: 614990, Russia, Perm, Komsomolsky Ave., 29
Doctor of Technical Sciences
E-mail: mgboyarshinov@pstu.ru

Artemenko Dmitry Viktorovich

MCU «Perm Directorate of Traffic»
Address: 614000, Russia, Perm, Permskaya str., 2A
Chief
E-mail: <https://vk.com/permdtd>

Shchukin Yuri Alekseevich

Perm National Research Polytechnic University
Address: 614990, Russia, Perm, Komsomolsky Ave., 29
Graduate student
E-mail: cshukin-yura@mail.ru

УДК 629.331

doi:10.33979/2073-7432-2025-1-2(88)-71-75

Н.В. ЛОБОВ, О.С. ИВАНОВА

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КПД ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Аннотация. В данной статье предложена экспериментальная методика, в основе которой лежит новый подход к оценке коэффициента полезного действия (КПД) автомобиля в части «силовая установка – трансмиссия», как системы, состоящей из подсистем. Каждая из выделенных подсистем имеет свой собственный КПД, и в разной степени влияет на результирующее значение. Получены результаты проверки адекватности методики путем сравнения значений расчетного и экспериментального КПД на модели болида, абсолютная погрешность которых не превышает 1,5 %.

Ключевые слова: коэффициент полезного действия, транспортное средство, силовая установка, трансмиссия, стенд с беговыми барабанами

Введение

Коэффициент полезного действия (КПД) системы определяется по всем известной формуле (1):

$$\eta = \frac{A_{\text{п}}}{A_{\text{з}}}, \quad (1)$$

где η – коэффициент полезного действия (%);

$A_{\text{п}}$ – полезная работа (Дж);

$A_{\text{з}}$ – затраченная работа (Дж).

Исходя из определения, что система – это совокупность элементов произвольной природы, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которая образует определённую целостность [1], можно получить зависимость результирующего КПД от значений КПД подсистем / элементов, выраженную в виде формулы (2):

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \dots \cdot \eta_n, \quad (2)$$

где n – количество подсистем / элементов.

Но как быть, если КПД одного из элементов системы не может быть достоверно оценен в виду нехватки способов оценки КПД или недоступности измерительного, экспериментального оборудования (рис. 1)? В таком случае становится необходимой оценка результирующего КПД системы иным способом. Имея возможность оценить КПД всей системы (не имея возможности оценить КПД всех подсистем), становится возможным проведение структурного анализа преобразования и / или передачи энергии всех элементов системы.



Рисунок 1 – Недостаточность знаний или способов оценки КПД элементов системы

Целью данного исследования является универсальная экспериментальная методика определения КПД наземного транспортного средства в части «силовая установка – трансмиссия» на установившемся режиме работы при испытании на стенде с беговыми барабанами.

Таким образом, впервые появляются возможности:

- 1) новым способом оценить КПД такой системы, как транспортное средство, в части «силовая установка – трансмиссия»;
- 2) структурного анализа промежуточных параметров при оценке КПД системы.

Верификация экспериментальной методики произведена на модели транспортного средства на водородных топливных элементах (ВТЭ).

Материал и методы

Рассмотрим КПД, как характеристику эффективности системы в отношении преобразования и / или передачи энергии. Подразумевая под «системой» часть «силовая установка – трансмиссия» транспортного средства на (ВТЭ), необходимо разбить систему на подсистемы (рис. 2).



Рисунок 2 – Системы преобразования и (или) передачи энергии в части «силовая установка – трансмиссия» транспортного средства

Опираясь на существующие методики оценки КПД транспортных средств [2-4], можно сказать, что КПД системы автомобиля в части «силовая установка – трансмиссия» может быть косвенно оценена по удельному расходу топлива. Этот способ не позволяет достоверно оценить расход альтернативных источников энергии и является низкоэффективным в условиях ограниченности знаний об эффективности функционирования подсистем / элементов системы.

Теория

Для достоверной оценки КПД транспортного средства в части «силовая установка – трансмиссия» в данной статье предлагается следующая методика:

1) экспериментальное исследование транспортного средства на стенде с беговыми барабанами (рис. 3) с целью регистрации крутящего момента двигателя на ведущих колесах автомобиля, пройденного пути и фактического расхода топлива;

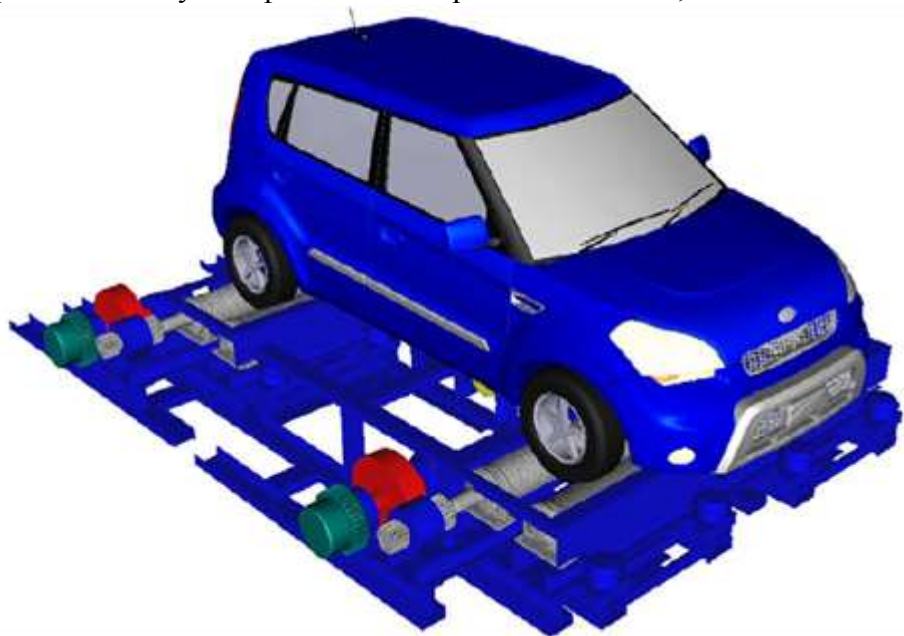


Рисунок 3 – Внешний вид модели автомобиля KIA Soul EV на стенде с беговыми барабанами [5]

2) по результатам испытаний п. 1 становится возможным оценить полезную работу ($A_{\text{п}}$) транспортного средства по формуле (3), как интеграл кутящего момента двигателя ($M_{\text{кр}}$) на ведущих колесах по углу поворота колеса автомобиля (φ):

$$A_{\text{п}} = \int M_{\text{кр}} d\varphi. \quad (3)$$

3) для оценки затраченной работы (A_3) автомобиля предлагается оценить изменение энергии (ΔU), выделившейся при расходовании некоторого объема (массы ($m_1 - m_2$)) топли-

ва с учетом удельной теплоты сгорания (теплотворной способности Q_i) по формуле (4):

$$A_3 = \Delta U = Q_i \cdot (m_1 - m_2). \quad (4)$$

4) тогда экспериментальная оценка КПД ($\eta_{\text{экс.}}$) представляет из себя отношение полезной работы (A_n) к затраченной (A_3) и может быть рассчитана по формуле (5):

$$\eta_{\text{экс.}} = \frac{\int M_{\text{кр}} d\varphi}{Q_i \cdot (m_1 - m_2)}. \quad (5)$$

Результаты и обсуждение

Прежде чем переходить к исследованию реальных автомобилей была произведена оценка расчетного и экспериментального КПД модели болида Turing Tamiya Type-S 4WD на водородных топливных элементах (ВТЭ) [6-8].

Для проведения эксперимента потребовались оборудование и устройства, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Лабораторная установка экспериментального определения КПД модели автомобиля

№	Наименование	Технические характеристики	Назначение в рамках эксперимента
1	стенд с беговыми барабанами	– четыре беговых барабана с инерционными массами, соединенных посредством полусей и ременной передачи; – габариты	динамические испытания модели болида с сопутствующей регистрацией определенных параметров
2	модель болида на ВТЭ Turing Tamiya Type-S 4WD	– без кузова; – полный привод (4x4); – трехфазный синхронный электрический двигатель Hobbywing QUICRUN-3650SD-25.5T-G2 мощностью 90 Вт; – металлгидридный картридж емкостью 10 л для хранения водорода	гоночный болид – объект исследования
3	весы MASSA-K	– максимальная масса 3000 г; – минимальная масса 2,5 г; – точность 0,1 г	взвешивание металлгидридного картриджа до и после заправки водородом и по окончании проведения эксперимента
4	контроллер Arduino Uno	– память 32 КБ; – 20 контролируемых контактов ввода и вывода; – программная и аппаратная части	регистрация электрических параметров: – силы тока и напряжения в цепи; – измерения измерительного оборудования (п. 5 и п. 6 таблицы 1).
5	тензодатчик балочный	– максимальная масса (10 кг)	измерение реакции вертикальной опоры стенда при работе модели болида
6	оптический датчик рефлекторный	– время отклика 2 мс; – частота переключения 200 Гц; – красный цвет индикации в рабочем режиме	регистрация количества импульсов во время вращения левого заднего бегового барабана стенда

Подробное описание эксперимента приводится в материалах еще не опубликованной статьи, поэтому здесь коротко представим результаты вычислений теоретического и экспериментального КПД модели болида Turing Tamiya (табл. 2).

Таблица 2 – Результаты вычислений расчетного и экспериментального КПД модели болида Turing Tamiya

№	Параметр	Способ расчета	Величина
1	КПД хранения водорода (б/р)	$\frac{Q_{H_2} \cdot (m_2 - m_3)}{Q_{H_2} \cdot (m_2 - m_1)}$	0,89
2	КПД блока ВТЭ (б/р)	$\frac{I \cdot U \cdot t}{m_{H_2} \cdot Q_{H_2}}$	0,056
3	КПД электродвигателя (б/р)	паспортное значение	0,8
4	КПД трансмиссии (б/р)	$\eta_{\text{цил.}} \cdot \eta_{\text{кон.}} \cdot \eta_{\text{кард.}}^2 \cdot \eta_{\text{п.с.}}^3$	0,808
5	расчетный КПД (%)	$\eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4$	3,0
8	экспериментальный КПД (%)	$\frac{A}{\Delta U_1}$	4,5

Выводы

Таким образом, при проведении данного исследования установлено, что:

- 1) полезная работа автомобиля в части «силовая установка – трансмиссия» может быть оценена при проведении испытаний на стенде с беговыми барабанами, как интеграл крутящего момента двигателя на ведущих колесах по углу поворота колеса автомобиля;
- 2) затраченная работа – есть изменение энергии, при преобразовании потребленного объема (массы) топлива с учетом энергоемкости вещества относительно затраченного на перемещение времени;
- 3) экспериментальная методика оценки КПД транспортного средства в части «силовая установка – трансмиссия» представляет собой новый подход к оценке КПД автомобиля;
- 4) применяя экспериментальную методику оценки КПД транспортного средства, появляется возможность структурного анализа промежуточных параметров при оценке расчетного КПД.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров. Подготовка электронной публикации и общая редакция: Центр гуманитарных технологий / В.Н. Садовский. А.Ю. Бабайцев. Н.Д. Дроздов. В.Н. Чернышов. П.С
2. КПД автомобиля или «эффективный КПД автомобиля» // Автомобильная промышленность. 2011. №5. 13 с.
3. Ключков Б.И. Экспериментальное определение КПД ведущих колес и некоторые вопросы теории автомобиля с учетом этого КПД: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Волгоград, 1962. 22 с.
4. Способ определения КПД транспортного средства: пат. 2005293 Рос. Федерация. № 4930824/10 / Орлов А.А.; заявл. 24.04.91; опубл. 30.12.93, Бюл. № 47-48.
5. Чернышков А.С. Контроль технического состояния агрегатов электрического силового привода автомобилей на стендах с беговыми барабанами. ИРНИТУ. 2024.
6. Генсон Е.М., Иванова О.С. Обзор требований безопасности эксплуатации автомобильных транспортных средств на водородных топливных элементах // Химия. Экология. Урбанистика: материалы всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Пермь: ПНИПУ. 2023. Т. 2. С. 150-153.
7. Лобов Н.В., Иванова О.С., Фархуллин Д.А. Экспериментальное исследование модели транспортного средства с силовой установкой на водородных топливных элементах // Мир транспорта и технологических машин. 2023. №3. С. 116-122.
8. Лобов Н.В., Иванова О.С., Фархуллин Д.А. Исследование совместной работы аккумуляторной батареи и водородного топливного элемента на модели транспортного средства // Безопасность колесных транспортных средств в условиях эксплуатации: материалы 116-ой науч.-техн. конф. Изд-во ВСГУТУ. 2023. С. 13-17.
9. Водород. Свойства, получение, хранение, транспортирование, применение: Справ. изд. / Д.Ю. Гамбург, В.П. Семенов, Н.Ф. Дубовкин, Л.Н. Смирнова. М.: Химия, 1989. 672 с.
10. Jiquan Han, Jianmei Feng, Ping Chen, Yunmei Liu, Xueyuan Peng. A review of key components of hydrogen recirculation subsystem for fuel cell vehicles. Energy Conversion and Management: X. 2022. 16 p.
11. Santiago Hernan Suarez, Djafar Chabane, Abdoul N'Diaye et al. Evaluation of the Performance Degradation of a Metal Hydride Tank in a Real Fuel Cell Electric Vehicle. Energies. 2022. Vol. 15. 14 p.;
12. Трофимов Е.С. Топливные элементы прямого действия на автомобильном транспорте // М.: Транспортное дело России. 2022. №6 (163). С. 154-156.
13. Юсупова О.А. Текущее состояние и тренды рынка электромобилей в России и мире // ЭТАП: экономическая теория, анализ, практика. 2021. №6. С. 131-143.
14. Применение технологии металлгидридов для хранения и транспортировки водорода / А.Н. Троян, И.А. Январев, Д.В. Сентемов, И.С. Божко. Орел: ОГТУ. 2022. 2 с.
15. Ke Sun, Zhiyong Li. Development of emergency response strategies for typical accidents of hydrogen fuel cell electric vehicles // International Journal of Hydrogen Energy. 2021. Vol. 46. P. 37679-37696.

Лобов Николай Владимирович

Пермский национальный исследовательский политехнический университет
Адрес: 614000, Россия, г. Пермь, пр. Комсомольский, д. 29
Д.т.н., доцент, зав. кафедрой «Автомобили и технологические машины»
E-mail: lobov@pstu.ru

Иванова Ольга Сергеевна

Пермский национальный исследовательский политехнический университет
Адрес: 614000, Россия, г. Пермь, пр. Комсомольский, д. 29
Аспирант

N.V. LOBOV, O.S. IVANOVA

METHOD FOR DETERMINING VEHICLE EFFICIENCY

Abstract. *The article proposes an experimental methodology, which is based on a new approach to estimating the coefficient of performance (COP) of a car in the "power plant - transmission" part, as a system consisting of a subsystem. Each of the selected subsystems has its own efficiency size and affects the resulting value to varying degrees. The results of testing the effectiveness of the method were obtained using comparative results of calculated and experimental efficiency on car models, the absolute error of which does not exceed 1.5 %.*

Keywords: *efficiency, vehicle, power plant, transmission, stand with running drums*

BIBLIOGRAPHY

1. Aleksandrov. Podgotovka elektronnoy publikatsii i obshchaya redaktsiya: Tsentr gumanitarnykh tekhnologiy / V.N. Sadovskiy. A.YU. Babaytsev. N.D. Drozdov. V.N. Chernyshov. P.S
2. KPD avtomobilya ili "effektivnyy KPD avtomobilya" // Avtomobil'naya promyshlennost'. 2011. №5. 13 s.
3. Klochkov B.I. Eksperimental'noe opredelenie KPD vedushchikh koles i nekotorye voprosy teorii avtomobilya s uchetom etogo KPD: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. Volgograd, 1962. 22 s.
4. Sposob opredeleniya KPD transportnogo sredstva: pat. 2005293 Ros. Federatsiya. № 4930824/10 / Orlov A.A.; zayavl. 24.04.91; opubl. 30.12.93, Byul. № 47-48.
5. Chernyshkov A.S. Kontrol' tekhnicheskogo sostoyaniya agregatov elektricheskogo silovogo privoda avtomobiley na standakh s begovymi barabanami. IRNITU. 2024.
6. Genson E.M., Ivanova O.S. Obzor trebovaniy bezopasnosti ekspluatatsii avtomobil'nykh transportnykh sredstv na vodorodnykh toplivnykh elementakh // Himiya. Ekologiya. Urbanistika: materialy vsenos. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem. Perm': PNIPU. 2023. T. 2. S. 150-153.
7. Lobov N.V., Ivanova O.S., Farkhullin D.A. Eksperimental'noe issledovanie modeli transportnogo sredstva s silovoy ustanovkoy na vodorodnykh toplivnykh elementakh // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2023. №3. S. 116-122.
8. Lobov N.V., Ivanova O.S., Farkhullin D.A. Issledovanie sovmestnoy raboty akkumulyatornoy batarei i vodorodnogo toplivnogo elementa na modeli transportnogo sredstva // Bezopasnost' kolesnykh transportnykh sredstv v usloviyakh ekspluatatsii: materialy 116-oy nauch.-tekhn. konf. Izd-vo VSGUTU. 2023. S. 13-17.
9. Vodorod. Svoystva, poluchenie, khranenie, transportirovanie, primeneniye: Sprav. izd. / D.YU. Gamburg, V.P. Semenov, N.F. Dubovkin, L.N. Smirnova. M.: Himiya, 1989. 672 s.
10. Jiquan Han, Jianmei Feng, Ping Chen, Yunmei Liu, Xueyuan Peng. A review of key components of hydrogen recirculation subsystem for fuel cell vehicles. Energy Conversion and Management: X. 2022. 16 p.
11. Santiago Hernan Suarez, Djafar Chabane, Abdoul N'Diaye et al. Evaluation of the Performance Degradation of a Metal Hydride Tank in a Real Fuel Cell Electric Vehicle. Energies. 2022. Vol. 15. 14 p.;
12. Trofimov E.S. Toplivnye elementy pryamogo deystviya na avtomobil'nom transporte // M.: Transportnoe delo Rossii. 2022. №6 (163). S. 154-156.
13. YUsupova O.A. Tekushchee sostoyanie i trendy rynka elektromobiley v Rossii i mire // ETAP: ekonomicheskaya teoriya, analiz, praktika. 2021. №6. S. 131-143.
- 14.. Primeniye tekhnologii metallogidridov dlya khraneniya i transportirovki vodoroda / A.N. Troyan, I.A. YAnvarev, D.V. Sentemov, I.S. Bozhko. Orel: OGTU. 2022. 2 s.
15. Ke Sun, Zhiyong Li. Development of emergency response strategies for typical accidents of hydrogen fuel cell electric vehicles // International Journal of Hydrogen Energy. 2021. Vol. 46. R. 37679-37696.

Lobov Nikolay Vladimirovich
Perm National Research Polytechnic University
Adress: 614000, Russia, Perm
Doctor of Technical Sciences
E-mail: lobov@pstu.ru

Ivanova Olga Sergeevna
Perm National Research Polytechnic University
Adress: 614000, Russia, Perm
Graduate student
E-mail: ov4549725@gmail.com

УДК 539.3

doi:10.33979/2073-7432-2025-1-2(88)-76-84

А.Ю. РОДИЧЕВ

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ СЦЕПЛЕНИЯ И КАЧЕСТВА АНТИФРИКЦИОННОГО ПОКРЫТИЯ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ

Аннотация. В статье представлено детальное исследование отдельных образцов биметаллических подшипников скольжения, полученных методом газотермического напыления антифрикционного порошка на основе меди на стальную основу. Рассмотрены различные методы повышения прочности сцепления антифрикционного покрытия с основой. Сделаны выводы о процессе формирования и качестве полученного антифрикционного слоя. Даны рекомендации по их применению для автомобильной техники.

Ключевые слова: экспериментальные исследования, прочность сцепления, антифрикционные покрытия, стальная основа

Введение

Подшипники скольжения представляют собой эффективное решение для снижения трения и износа в автомобильной технике. Они являются важнейшим компонентом, который обеспечивает взаимодействие между двумя движущимися поверхностями, облегчая их относительное движение, минимизируя износ и снижая трение. Подшипники скольжения, которые обычно состоят из материала, способного выполнять эти функции в условиях скользящего контакта, играют ключевую роль в поддержке таких компонентов, как валы и другие вращающиеся элементы [1, 2]. Для достижения своей основной цели — снижения трения и износа — подшипники скольжения должны изготавливаться из материалов с низким коэффициентом трения, способных выдерживать значительные механические нагрузки, воздействие коррозионных сред и высоких температур. Кроме того, материал подшипника не должен вызывать износ сопрягаемого элемента, поэтому он обычно имеет меньшую твердость [3].

В большинстве случаев подшипники скольжения смазываются маслом или консистентной смазкой для обеспечения эффективной работы. Выбор подходящего материала подшипника зависит от типа, качества и количества используемой смазки. Например, комpositные подшипники были разработаны для работы без необходимости внешней смазки. Среди наиболее распространенных материалов выделяется бронза, которая обладает отличными антифрикционными свойствами и высокой износостойкостью. Другие используемые материалы включают сплавы на основе олова (баббит), алюминиевые и медные сплавы, чугун (в случае вращающихся валов с высокой твердостью), графит или медно-графитовые сплавы, а также полимеры и композиты (например, политетрафторэтилен, полиэфирэфиркетон, сверхвысокомолекулярный полиэтилен, полимолочная кислота (PLA) и нейлон) [4, 5].

Подшипники скольжения обычно изготавливаются методами спекания или литья с последующей механической обработкой [6]. Спекание позволяет создавать изделия с высокой пористостью, что имеет как преимущества, так и недостатки. Пористость способствует проникновению смазочного масла в полость подшипника, что обеспечивает его работу даже без внешней смазки и увеличивает время удержания масла в зоне контакта. Однако пористая структура ухудшает механические свойства подшипников, особенно при ударных и циклических нагрузках, когда поры становятся зонами концентрации напряжений и способствуют образованию трещин [7]. Эти проблемы могут усугубляться при ударах, несоосности втулки и вала или ошибках сборки.

Биметаллические подшипники скольжения являются ключевыми элементами в различных механизмах, где требуется обеспечение низкого коэффициента трения и высокой износостойкости. Как уже было представлено выше - традиционные методы их производства, такие как литье или прокатка, имеют ряд ограничений, включая неоднородность структуры, наличие пор и недостаточную адгезию между слоями. В связи с этим поиск новых технологических решений, позволяющих устранить эти недостатки, представляет собой важную научно-техническую задачу.

Материал и методы

Одним из таких технических решений является применения метода газотермического напыления антифрикционных покрытий на основе меди. Данная технология представляет значительный интерес для современного машиностроения, поскольку позволяет создавать изделия с улучшенными эксплуатационными характеристиками, что особенно важно в условиях повышенных нагрузок и требований к долговечности [8-11].

Для повышения прочности сцепления и качества антифрикционного покрытия при изготовлении биметаллических подшипников скольжения были разработаны три метода формирования антифрикционного слоя на поверхности стальной заготовки:

- первый метод заключается в использовании центробежной силы и импульсного воздействия, возникающего при ударе частиц расплавленного металла об основу;
- второй метод заключается в использовании промежуточного слоя между основанием и основным антифрикционным слоем в процессе создания биметаллического подшипника скольжения терморегулирующих порошков на основе никеля;
- третий метод заключается в использовании пластического деформирования каждого из антифрикционных слоев после их нанесения.

Процесс изготовления биметаллических подшипников скольжения методом газотермического напыления включает следующие этапы [12-16]:

- подготовка поверхности основы. Стальная основа подвергается механической и химической очистке для удаления загрязнений и окислов. Для улучшения адгезии напыляемого слоя поверхность обрабатывается методом пескоструйной обработки, что создает необходимую шероховатость;
- нанесение антифрикционного слоя. На подготовленную поверхность наносится слой мягкого металла (например, баббита, бронзы или алюминиевого сплава) с использованием газотермического оборудования. Параметры процесса, такие как температура, скорость подачи частиц и расстояние до поверхности, строго контролируются для обеспечения равномерности покрытия;
- механическая обработка. После напыления подшипник подвергается финишной механической обработке, включающей шлифовку, полировку или хонингование, для достижения требуемых геометрических параметров и шероховатости поверхности.

Для изучения прочности сцепления антифрикционного слоя с основным металлом были использованы образцы, представляющие собой отдельные фрагменты, вырезанные из подшипников скольжения, выполненных в форме колец. В качестве заготовки для изготовления биметаллического подшипника скольжения использовали:

$$\text{Труба} \frac{114 \times 20 \text{ГОСТ8732} - 78}{\text{В20ГОСТ873} \quad 1 - 74}.$$

Свойства материала заготовки приводятся в таблице 1. Химический состав стали марки 20 отличается разнообразием, включая такие элементы, как углерод, марганец, кремний, медь, мышьяк, никель, фосфор и сера. По своей сути, эта сталь представляет собой уникальную смесь, состоящую из феррита и перлита. В процессе термической обработки структура материала может быть преобразована в пакетный мартенсит. Следует отметить, что такие изменения структуры приведут к увеличению прочности стали, но при этом снизят ее пластичность. После термической обработки сталь 20 может быть использована для производства специальных изделий метизного типа.

Таблица 1 – Химический состав образца (Сталь 20 ГОСТ8731-74)

C	Si	Mn	S	P	Ni	Cr	Cu	As	Fe
0,17 - 0,24	0,17 - 0,37	0,35 - 0,65	до 0,04	до 0,04	до 0,25	до 0,25	до 0,25	до 0,08	~98

Антифрикционный слой, состоящий из металлических порошков на основе меди (ПР-БрОЦС 5-5-5, ПР-БрАЖНМц 8,5-1,5-5-1,5 и ПР-БрОН8,5-3), наносился на внутреннюю поверхность заготовки газотермическим методом с использованием специального оборудования (табл. 2).

Таблица 2 - Марки и химический состав порошков на основе меди

Марка	Содержание элементов, %								
	Cu	Al	Fe	Ni	Mn	Zn	Sn	Si	др.
ПР-БрАЖНМц 8,5-1,5-5-1,5	осн.	8,5	1,2	4,8	1,4	-	до 0,01	до 0,2 С	до 0,05
ПР-БрОН8,5-3	осн.	-	-	3	-	-	8,5	0,2	-
ПР-БрОЦС5-5-5	осн.	-	-	-	-	5	5	-	Рв=5

Для процесса газотермического напыления в качестве горючих газов применяли ацетилен баллонный, соответствующий ГОСТ 5457-85, или пропан-бутановую смесь в баллонах. В качестве окислителя использовали кислород баллонный, соответствующий ГОСТ 5583-88. Испытания изготовленных образцов выполнялись на универсальной разрывной машине ГМС-50 в соответствии с ГОСТ 7855-68 (рис. 1).

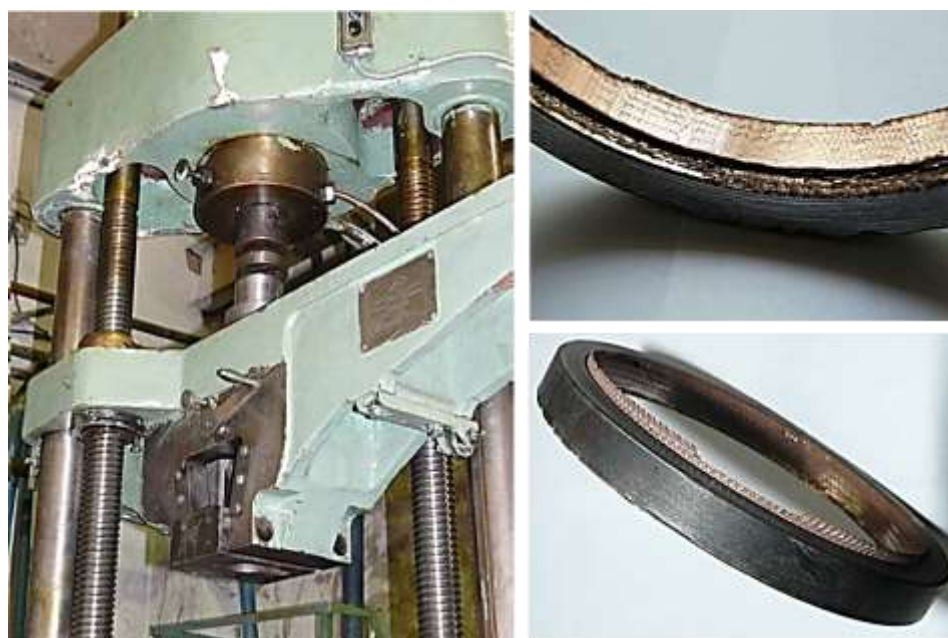


Рисунок 1 – Испытания изготовленных образцов

В данном случае величина прочности сцепления определяется площадью контакта между покрытием и основой, а также их геометрическими параметрами. Силу сдвига измеряли, а прочность сцепления $\sigma_{\text{сц}}$ при сдвиге оценивали через напряжение сдвига τ :

$$\tau = \frac{Q}{S} = \frac{Q}{\pi \cdot b \cdot d}, \text{ МПа}, \quad (1)$$

где Q – сила сдвига, Н;

S – площадь контакта покрытия с основой, м²;

d, b – соответственно диаметр образца и ширина покрытия, м.

Теория

Одним из методов для повышения прочности сцепления было предложено использование процесса формирования покрытия под воздействием центробежной силы и импульсным воздействием, возникающим при ударе частиц об основу (рис. 2). Элементарная центробежная сила инерции, действующая на массу частиц порошка, которые сталкиваются с площадью покрытия, выражается следующим образом:

$$d\bar{F}_u^u = -\bar{a}_u d_m, \quad (2)$$

где d_m - элементарная масса частицы;

a_u - центростремительное ускорение.

Выразим элементарную массу через расход материала за единицу времени в выражении (2) и выполним интегрирование:

$$F_u^u = 0,5 \left(\frac{\pi n}{30} \right)^2 D \int_0^\tau q dt = \frac{(\pi \cdot n)^2 D}{1800} \int_0^\tau q dt, \quad (3)$$

где q - функция расхода напыляемого материала.

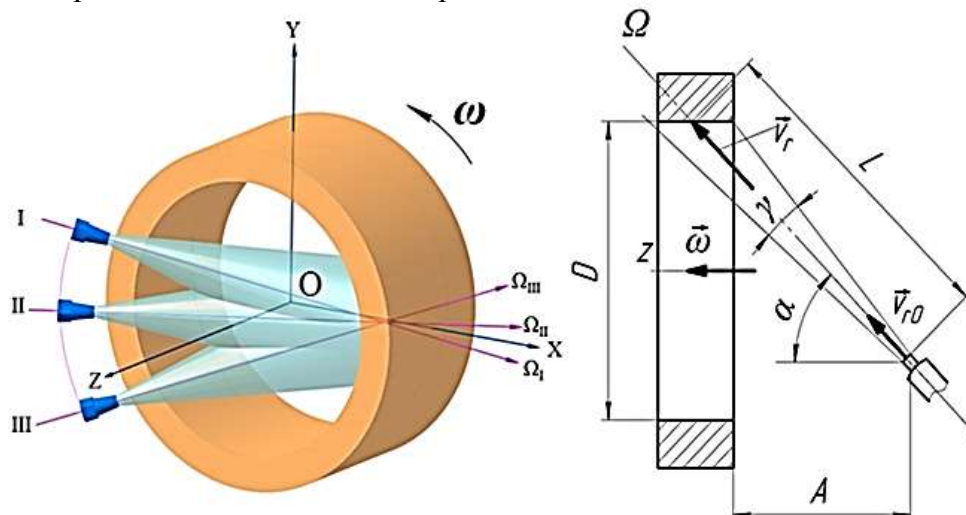


Рисунок 2 – Схема нанесения покрытия

При осаждении антифрикционного покрытия на обрабатываемую поверхность возникает сила инерции Кориолиса:

$$d\bar{F}_\kappa^u = -\bar{a}_\kappa dm, \quad (4)$$

где a_κ - ускорение Кориолиса.

Сила инерции Кориолиса выражается следующим образом:

$$F_\kappa^u = \left(\frac{\pi n}{15} \cdot V_u \cdot \sin(\alpha \pm \gamma/2) \right) \int_0^\tau q dt. \quad (5)$$

Направление силы инерции противоположно кориолисову ускорению, которое определяется по правилу векторного произведения, так как сила Кориолиса возникает в результате взаимодействия движущейся частицы с вращающейся системой отсчета. Это ускорение направлено перпендикулярно как вектору скорости частицы, так и вектору угловой скорости вращения системы, что и задает направление силы инерции.

$$\vec{a}_\kappa = 2\vec{\omega} \times \vec{V}_u. \quad (6)$$

Вектор ускорения должен быть одновременно перпендикулярен двум векторам - вектору угловой скорости и вектору относительной скорости частицы. При этом эти три вектора

(угловой скорости (ω), относительной скорости (\vec{v}_q) и ускорения (\vec{a}_k)) должны образовывать правую тройку векторов, как показано на рисунке 3.

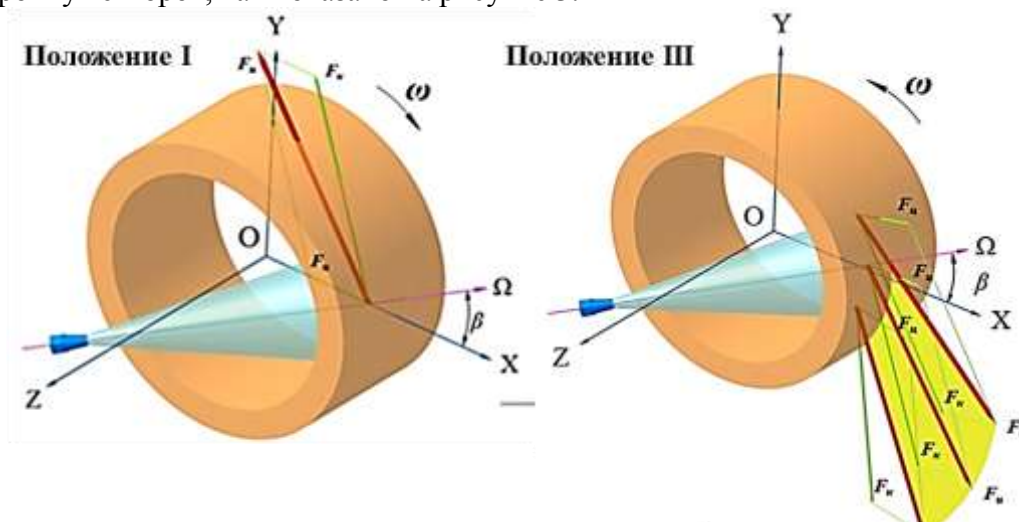


Рисунок 3 – Расчетная схема в плоскости XOY

Найдем проекцию равнодействующей сил инерции на нормаль:

$$F^u = \frac{(\pi n)^2 D}{1800} \int_0^{\tau} q dt \pm \frac{\pi n}{15} \cdot V_q \cdot \sin(\alpha \pm \gamma/2) \cos \beta \int_0^{\tau} q dt, \quad (7)$$

где β - угол, образованный между проекцией скорости частицы на плоскость поперечного сечения детали и касательной линией к поверхности детали в месте падения элементарной массы.

Результаты и обсуждение

Апробация предложенного решения [17-18] проводилась путем продавливания образца с покрытием через матрицу, данный метод представляет собой наиболее широко используемый подход для проведения испытаний на сдвиг (рис. 4).

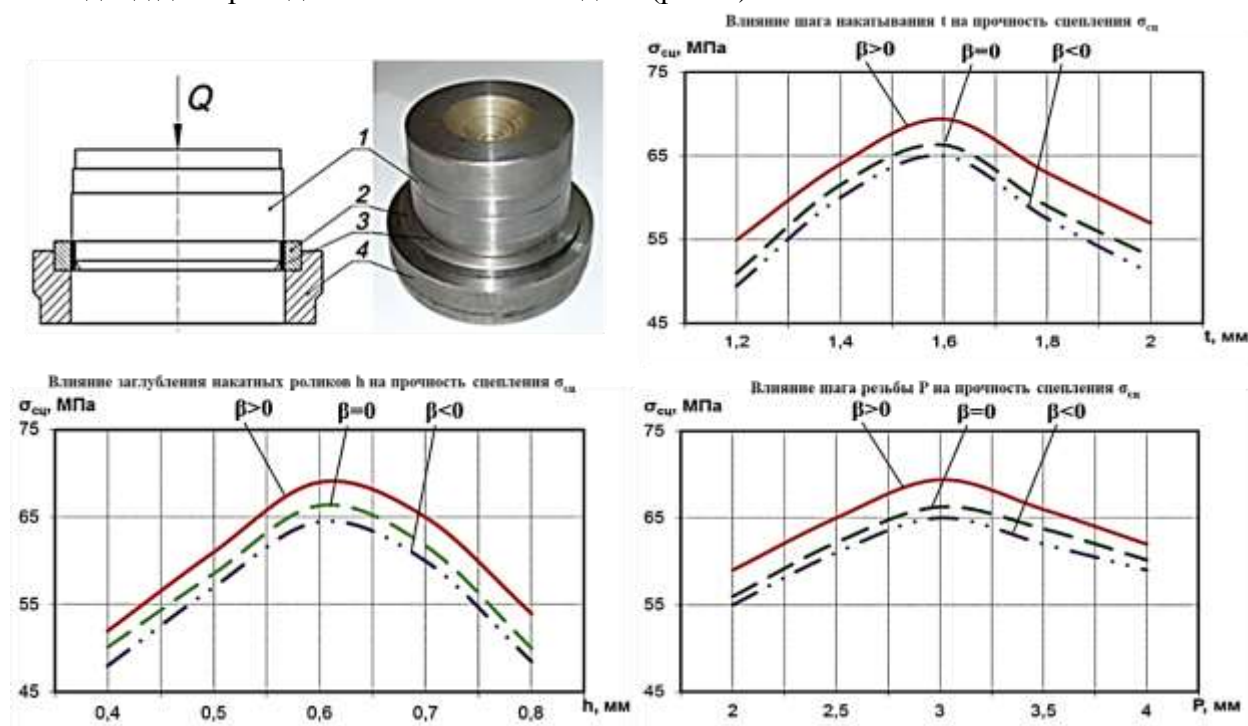


Рисунок 4 – Результаты экспериментальных исследований зависимости прочности сцепления антифрикционного покрытия от положения распылителя

Полученные диаграммы наглядно показывают значительное влияние угла установки газопламенной горелки. При значениях $\beta > 0$ наблюдается увеличение прочности сцепления антифрикционного слоя со стальной основой на 4 %. В то же время при $\beta < 0$ прочность сцепления антифрикционного слоя с основой снижается примерно на 2,3 %.

Следующим способом для повышения прочности сцепления [19] было предложено использовать термореагирующие порошки (ПГ-Ю5-Н или ПГ-Ю10-Н (табл. 3)) в качестве промежуточного слоя между основанием и основным антифрикционным слоем в процессе создания биметаллического подшипника скольжения (рис. 5).

Таблица 3 – Марки и химический состав термореагирующих порошков на основе никеля (ТУ 14-22-76-95)

Марка порошка	Химический состав, %		
	Ni	Al	H ₂ O
ПГ-Ю5-Н	«основа»	4,3	0,02
ПГ-Ю10-Н	«основа»	8,93	0,04

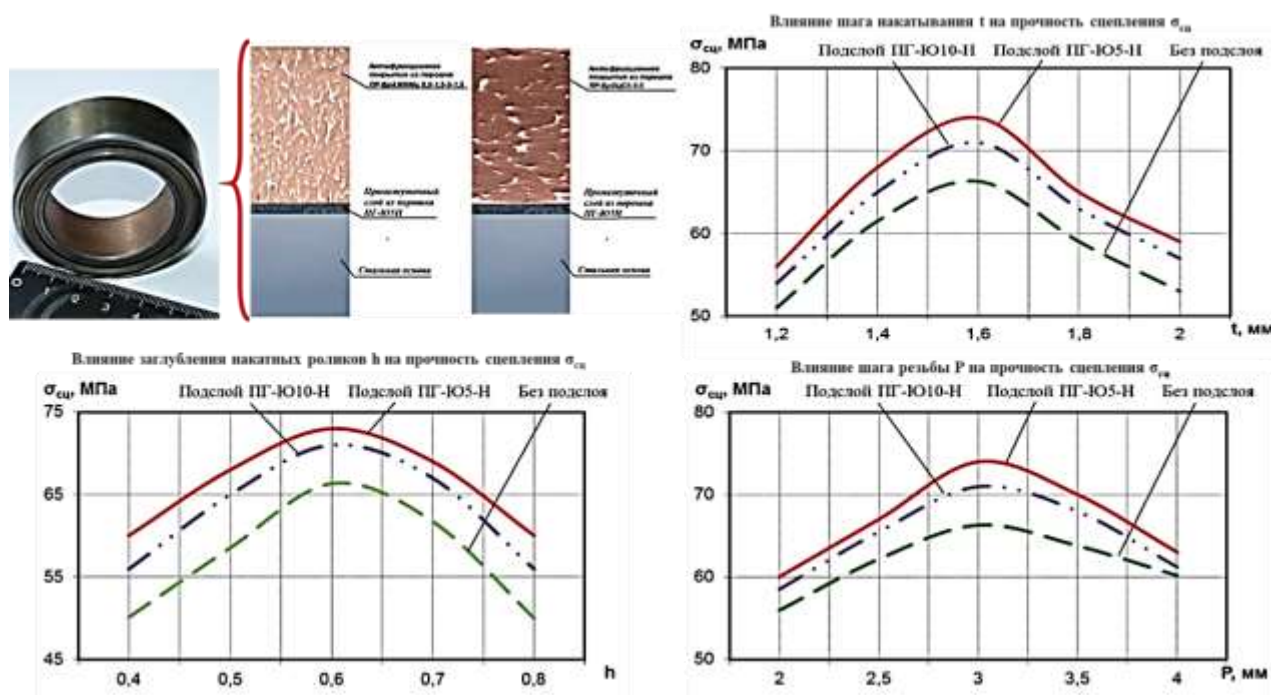


Рисунок 5 – Результаты экспериментальных исследований прочности сцепления антифрикционного покрытия

Полученные диаграммы наглядно показывают эффективность применения данного способа. Использование порошка ПГ-Ю5-Н позволило увеличить прочность сцепления антифрикционного слоя с основой на 12,5 %. Использование порошка ПГ-Ю5-Н позволило увеличить прочность сцепления антифрикционного слоя с основой на 7,4 %.

Еще один способ повышения прочности сцепления [20-21] заключается в использовании новой технология изготовления биметаллического подшипника скольжения с использованием пластического деформирования каждого из антифрикционных слоев после их нанесения (рис. 6 и 7).

Использование нового решения позволило увеличить прочность сцепления антифрикционного покрытия с основой на 7 %. При этом было установлено, что использование метода послойного пластического деформирования антифрикционного покрытия повысить микротвердость сформированного антифрикционного слоя на его поверхности на 20-40 % и у его основания на 8-10 %.

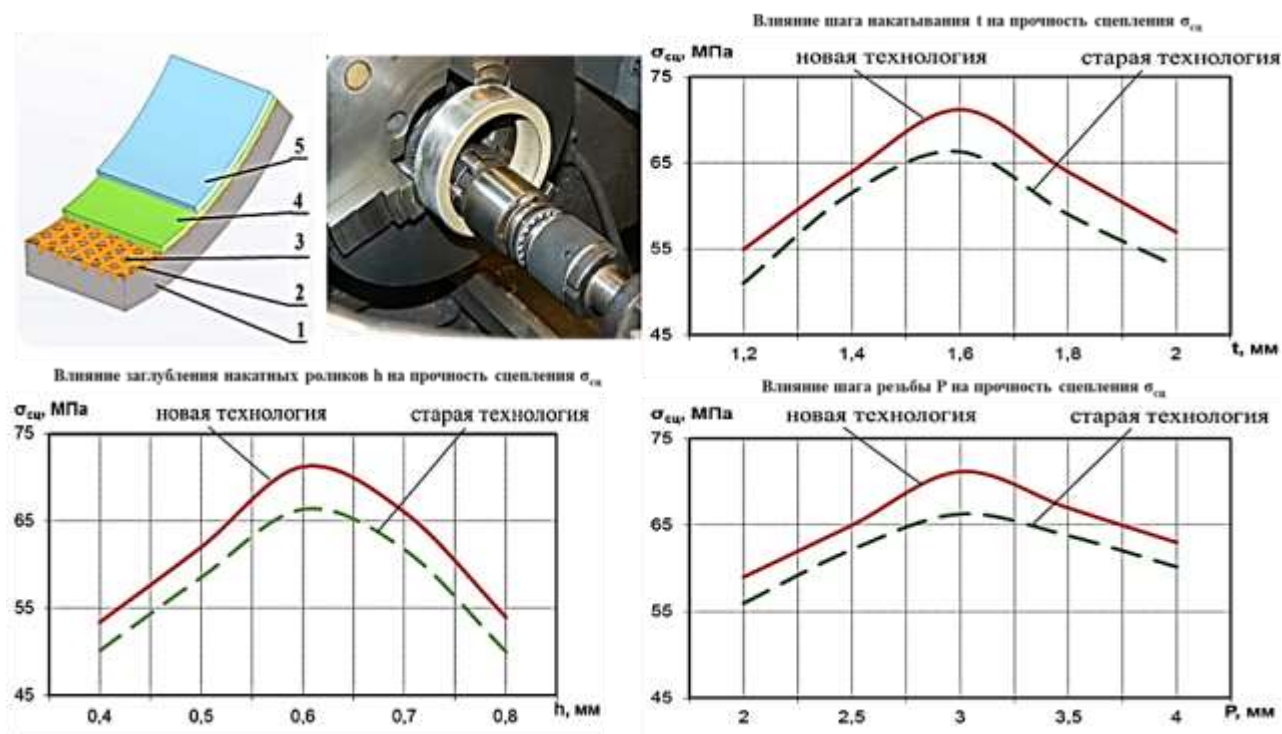


Рисунок 6 – Результаты экспериментальных исследований прочности сцепления антифрикционного покрытия

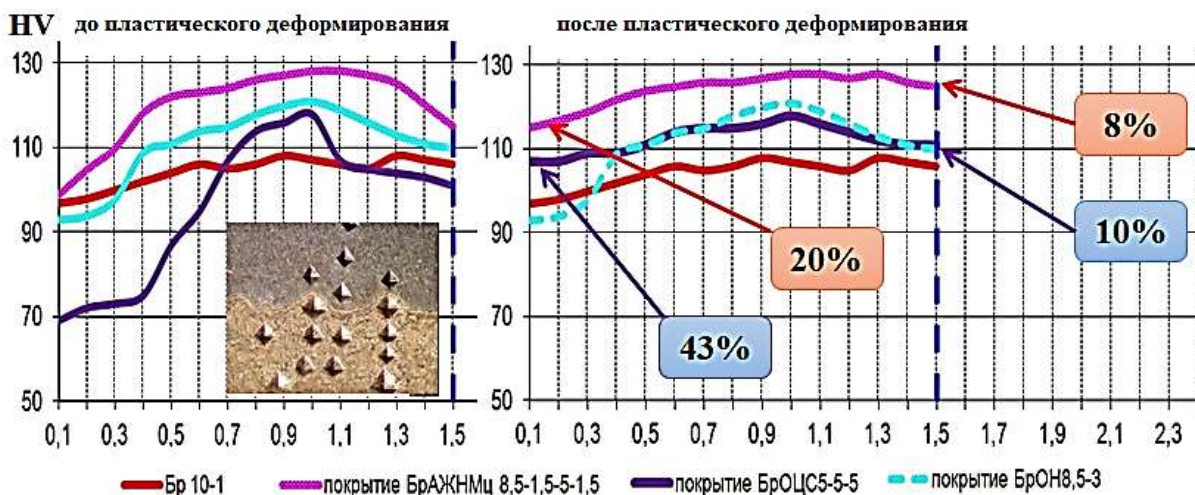


Рисунок 7 – Сравнительные результаты микротвердости антифрикционного покрытия

Выводы

На основе анализа ранее проведенных исследований и новых полученных данных можно сформулировать следующие выводы:

- в ходе проведения эксперимента было получено подтверждение теоретических расчетов о повышении прочности сцепления антифрикционного покрытия в зависимости от расположения газопламенной горелки (при угле установки газопламенной горелки $\beta > 0$ прочность сцепления антифрикционного слоя со стальной основой возрастает на 4 %).
- использование термореагирующего порошка ПГ-Ю5-Н в качестве подслоя между антифрикционным покрытием и стальной основой позволило увеличить прочность сцепления антифрикционного слоя на 7,4 %.
- использование термореагирующего порошка ПГ-Ю10-Н в качестве подслоя между антифрикционным покрытием и стальной основой позволило увеличить прочность сцепления антифрикционного слоя на 12,5 %.

– использование метода пластического деформирования антифрикционного покрытия послойно позволило увеличить прочность сцепления антифрикционного покрытия с основой на 7 %.

– использование метода послойного пластического деформирования антифрикционного покрытия позволило повысить микротвердость сформированного антифрикционного слоя на его поверхности на 20-40 % и у его основания на 8-10 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Pratt G.C. Materials for plain bearings. International Materials Reviews. Vol. 18. №2. 1973. P. 62-88. doi: 10.1179/imr.1973.18.2.62.
2. Zeidan F.Y., Herbage B.S. Fluid film bearing fundamentals and failure analysis // Proceedings of the 20th Turbomachinery Symposium. 1991. P. 161-186.
3. Pratt G.C. Bearing materials: plain bearings // Encyclopedia of Materials: Science and Technology. 2001. P. 488-496. doi: 10.1016/b0-08-043152-6/00094-2.
4. Hanon M.M., Alshammas Y., Zsidai L. Effect of print orientation and bronze existence on tribological and mechanical properties of 3D-printed bronze/PLA composite // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2020. Vol. 108s. №1-2. P. 553-570. doi: 10.1007/s00170-020-05391-x.
5. Summer F., Grün F., Offenbecher M., Taylor S. Challenges of friction reduction of engine plain bearings – tackling the problem with novel bearing materials // Tribology International. Vol. 131. 2019. P. 238-250. doi: 10.1016/j.triboint.2018.10.042
6. Junghans R., Neukirchner J., Schumann D., Lippman K.H. The use of sintered metal bearings for high sliding velocities // Tribology International. Vol. 29. №3. 1996. P. 181-192. doi: 10.1016/0301-679X(95)00087-K.
7. Wilson R.W., Shone E.B. The diagnosis of plain bearing failures. Tribology Series. Vol. 8. №C. 1983. P. 80-131. doi: 10.1016/S0167-8922(08)70695-3.
8. Хромов В.Н., Корнев В.Н., Родичев А.Ю. Технология подготовки поверхности изделия под напыление // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2010. №2(280). С. 63-65.
9. Родичев А.Ю. Технологическое повышение прочности сцепления и износостойкости антифрикционного покрытия биметаллических подшипников скольжения: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.08. Орел, 2011. 224 с.
10. Навознов А. Н. Обоснование и разработка технологии восстановления деталей газопламенным напылением порошковых материалов с применением электромеханической обработки: дис. ... канд. техн. наук. Ульяновск, 1995. 150 с.
11. Корнев В. Н. Повышение прочности сцепления газопламенных покрытий с основой накатыванием на резьбе замкового профиля: дис. ... канд. техн. наук. Орел, 2006. 154 с.
12. Восстановление деталей газопорошковой наплавкой в пропане. РТМ 70.0009.014-83. М.: ГОСНИТИ, 1983. 12 с.
13. Борисов Ю.С., Харламов Ю.А. Газотермические покрытия из порошковых материалов. Киев: Наукова Думка, 1987. 210 с.
14. Тихонов А.Н., Кальнер В.Д. Подшипники скольжения. М.: Машиностроение, 1990. 264 с.
15. Хмелевская В.Б., Гребцов В.Г., Алексеев С.В. Технология плазменного напыления для производства подшипников. Машиностроитель, 1997. №9.
16. Кашицин А.П., Худолей А.Л. Восстановление бронзовых подшипников скольжения нанесением порошковых покрытий. Машиностроитель, 1997. №9. С. 19.
17. Хасуй А., Моригаки О. Наплавка и напыление. М.: Машиностроение, 1985. 240с.
18. Способ получения подшипника скольжения: пат. 2539515 Рос. Федерация №2013118885/02 / Корнев В.Н., Родичев А.Ю., Карасёв И.С., Семёнов А.В.; заявл. 23.04.13; опубл. 20.01.15, Бюл. №2. 4 с.
19. Устройство для накатывания: пат. №2532614 В24В 39/04 00 Рос. Федерация / Корнев В.Н., Родичев А.Ю., Карасёв И.С., Семёнов А.В.; опубл. 10.11.14. Бюл. 31.
20. Способ подготовки поверхности изделия под напыление: пат. №2516506 В05D 3/12 РФ / Просекова А.В., Савин Л.А., Родичев А.Ю., Павликов П.В., Филатов А.Н.; опубл. 20.05.14. Бюл. 14.
21. Способ изготовления подшипника скольжения: пат. 2708410 МПК F16C 33/04, В23Р 6/00 Рос. Федерация № 2018146970 / Родичев А.Ю., Поляков Р. Н., Савин Л.А., Горин А.В. Токмакова М.А.; заявл. 26.12.18; опубл. 06.12.19, Бюл. № 34. С. 5.
22. Способ получения подшипника скольжения: пат. 2539515 Рос. Федерация №2013118885/02 F16/C 33/00 / Корнев В.Н., Родичев А.Ю., Карасёв И.С., Семёнов А.В.; заявл. 23.04.13; опубл. 20.01.15. Бюл. №2. 4с.

Родичев Алексей Юрьевич

Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева

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

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

E-mail: rodfox@yandex.ru

A.Yu. RODICHEV

METHODS OF INCREASING THE STRENGTH OF ADHESION AND THE QUALITY OF ANTI-FRICTION COATING IN THE MANUFACTURING OF BIMETALLIC PLAIN BEARINGS

Abstract. The article presents a detailed study of individual samples of bimetallic plain bearings obtained by thermal spraying of copper-based antifriction powder onto a steel base. Various methods for increasing the adhesion strength of the antifriction coating to the base are considered. Conclusions are made about the formation process and the quality of the obtained antifriction layer. Recommendations for their use in automotive engineering are given.

Keywords: experimental studies, adhesion strength, antifriction coatings, steel base

BIBLIOGRAPHY

1. Pratt G.C. Materials for plain bearings. International Materials Reviews. Vol. 18. №2. 1973. R. 62-88. doi: 10.1179/imr.1973.18.2.62.
2. Zeidan F.Y., Herbage B.S. Fluid film bearing fundamentals and failure analysis // Proceedings of the 20th Turbomachinery Symposium. 1991. P. 161-186.
3. Pratt G.C. Bearing materials: plain bearings // Encyclopedia of Materials: Science and Technology. 2001. P. 488-496. doi: 10.1016/b0-08-043152-6/00094-2.
4. Hanon M.M., Alshammas Y., Zsidai L. Effect of print orientation and bronze existence on tribological and mechanical properties of 3D-printed bronze/PLA composite // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2020. Vol. 108s. №1-2. R. 553-570. doi: 10.1007/s00170-020-05391-x.
5. Summer F., Gr?n F., Offenbecher M., Taylor S. Challenges of friction reduction of engine plain bearings - tackling the problem with novel bearing materials // Tribology International. Vol. 131. 2019. P. 238-250. doi: 10.1016/j.triboint.2018.10.042
6. Junghans R., Neukirchner J., Schumann D., Lippman K.H. The use of sintered metal bearings for high sliding velocities // Tribology International. Vol. 29. №3. 1996. P. 181-192. doi: 10.1016/0301-679X(95)00087-K.
7. Wilson R.W., Shone E.B. The diagnosis of plain bearing failures. Tribology Series. Vol. 8. №C. 1983. P. 80-131. doi: 10.1016/S0167-8922(08)70695-3.
8. Hromov V.N., Korenev V.N., Rodichev A.YU. Tekhnologiya podgotovki poverkhnosti izdeliya pod napylenie // Fundamental'nye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii. 2010. №2(280). S. 63-65.
9. Rodichev A.YU. Tekhnologicheskoe povyshenie prochnosti stsepleniya i iznosostoykosti antifriktsionnogo pokrytiya bimetallicheskih podshipnikov skol'zheniya: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.02.08. Orel, 2011. 224 s.
10. Navoznov A. N. Obosnovanie i razrabotka tekhnologii vosstanovleniya detaley gazoplammennym napyleniem poroshkovykh materialov s primeneniem elektromekhanicheskoy obrabotki: dis. ... kand. tekhn. nauk. Ul'yanovsk, 1995. 150 s.
11. Korenev V. N. Povyshenie prochnosti stsepleniya gazoplammennykh pokrytiy s osnovoy nakatyvaniem na rez'be zamkovogo profilya: dis. ... kand. tekhn. nauk. Orel, 2006. 154 s.
12. Vosstanovlenie detaley gazoporoshkovoy naplavkoy v propane. RTM 70.0009.014-83. M.: GOSNITI, 1983. 12 s.
13. Borisov YU.S., Harlamov YU.A. Gazotermicheskie pokrytiya iz poroshkovykh materialov. Kiev: Naukova Dumka, 1987. 210 s.
14. Tikhonov A.N., Kal'ner V.D. Podshipniki skol'zheniya. M.: Mashinostroenie, 1990. 264 s.
15. Hmelevskaya V.B., Grebtsov V.G., Alekseev S.V. Tekhnologiya plazmennogo napyleniya dlya proizvodstva podshipnikov. Mashinostroitel', 1997. №9.
16. Kashitsin A.P., Hudoley A.L. Vosstanovlenie bronzovykh podshipnikov skol'zheniya nanoseniem poroshkovykh pokrytiy. Mashinostroitel', 1997. №9. S. 19.
17. Hasuy A., Morigaki O. Naplavka i napylenie. M.: Mashinostroenie, 1985. 240s.
18. Sposob polucheniya podshipnika skol'zheniya: pat. 2539515 Ros. Federatsiya №2013118885/02 / Korenev V.N., Rodichev A.YU., Karasiov I.S., Semionov A.V.; zayavl. 23.04.13; opubl. 20.01.15, Byul. №2. 4 s.
19. Ustroystvo dlya nakatyvaniya: pat. №2532614 V24V 39/04 00 Ros. Federatsiya / Korenev V.N., Rodichev A.YU., Karasiov I.S., Semionov A.V.; opubl. 10.11.14. Byul. 31.
20. Sposob podgotovki poverkhnosti izdeliya pod napylenie: pat. №2516506 V05D 3/12 RF / Prosekova A.V., Savin L.A., Rodichev A.YU., Pavlikov P.V., Filatov A.N.; opubl. 20.05.14. Byul. 14.
21. Sposob izgotovleniya podshipnika skol'zheniya: pat. 2708410 MPK F16C 33/04, V23R 6/00 Ros. Federatsiya № 2018146970 / Rodichev A.YU., Polyakov R. N., Savin L.A., Gorin A.V. Tokmakova M.A.; zayavl. 26.12.18; opubl. 06.12.19, Byul. № 34. S. 5.
22. Sposob polucheniya podshipnika skol'zheniya: pat. 2539515 Ros. Federatsiya №2013118885/02 F16/C 33/00 / Korenev V.N., Rodichev A.YU., Karasiov I.S., Semionov A.V.; zayavl. 23.04.13; opubl. 20.01.15. Byul. №2. 4s.

Rodichev Aleksey Yrievich

Orel State University

Adress: 302020, Russia, Orel, Naugorskoe shosse, 29

Candidate of Technical Sciences

E-mail: rodfox@yandex.ru

Д.П. ХОДОСКИН, А.В. САВОСТОВА

ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ДВИЖЕНИЯ НА ПЕШЕХОДНЫХ ПЕРЕХОДАХ В Г. ГОМЕЛЕ

Аннотация. В данной работе было проведено исследование условий движения на пешеходных переходах с целью выявления случаев их несоответствия действующим нормативам.

Ключевые слова: дорожная аварийность, условия движения, треугольник видимости, пешеходный переход

Введение

В Республике Беларусь актуальной проблемой является аварийность на пешеходных переходах. Пешеходные переходы являются конфликтными объектами и местами наличия повышенных потерь в дорожном движении.

В качестве анализируемых условий движения в исследовании были приняты:

- треугольник боковой видимости;
- высота бортового камня на пешеходном переходе;
- наличие пешеходных ограждений;
- расстояние от пешеходного перехода до опор уличного освещения;
- радиус закругления кромки проезжей части.

Треугольник боковой видимости. В пределах треугольников видимости не допускается размещение каких-либо объектов или насаждений, создающих помехи видимости для участников дорожного движения, одновременно движущихся с разных направлений. Аварийность напрямую зависит от боковой видимости: чем меньше треугольник боковой видимости на пешеходном переходе, тем больше вероятность наезда на пешехода [1] (рис. 1).

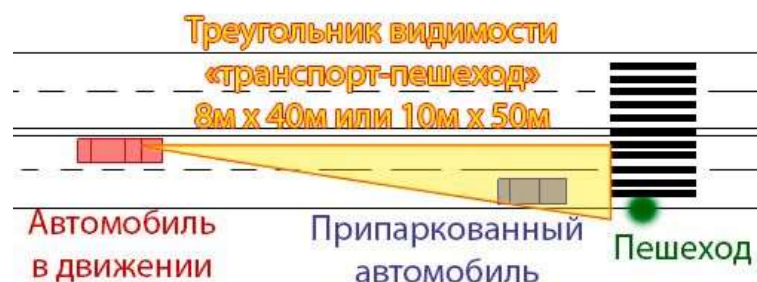


Рисунок 1 – Пример треугольника боковой видимости

Материал и методы

Для оценки условий движения были исследованы пешеходные переходы г. Гомеле. На исследуемых пешеходных переходах за период времени 2021–2022 гг. были выявлены несоответствия требованиям по размерам треугольника боковой видимости (рис. 2).

Диаграмма на рисунке 2 показывает, что в 2021 году на 70 пешеходных переходах треугольники боковой видимости соответствуют требованиям, а на 39 пешеходных переходах – не соответствуют (что в процентном соотношении к сумме исследованных пешеходных переходов составляет порядка 35 %). В 2022 году на 124 пешеходных переходах треугольники боковой видимости соответствуют требованиям, на 30 пешеходных переходах – не соответствуют (порядка 19 %). Это связано с тем, что на пешеходных переходах увеличилась обзорность (уменьшилось число парковочных мест, убрали вертикальные клумбы и т.д.). Это связано с тем, что рядом размещаются жилые постройки, магазины и киоски.

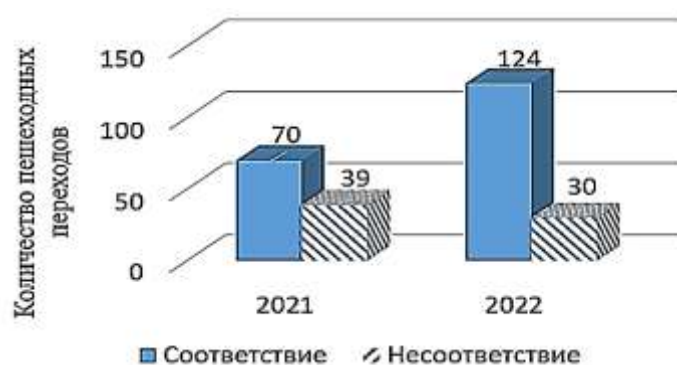


Рисунок 2 – Диаграмма соответствия/несоответствия требованиям по размерам треугольников боковой видимости на пешеходных переходах

Высота бортового камня на пешеходном переходе. Бортовой камень используется в качестве огораживающего элемента, который выполняет роль разграничения пешеходных дорожек и тротуаров от газонов, проезжей части и других территорий.

Высокий бортовой камень способствует предотвращению наезда транспортных средств на пешеходов, но создает существенные помехи передвижению пешеходов, а для некоторых – является непреодолимым препятствием.

Результаты исследований условий движения пешеходов в городе Гомеле показывают, что высота бортового камня на пешеходных переходах в среднем составляет от 3 до 8 см, что противоречит требованиям [2, п. 5.4.8].

Высокие бортовые камни мешают не только велосипедистам, но и инвалидам-колясочникам. Еще одна незащищенная категория людей (в данном случае) – мамы с детскими колясками. Высокий бордюр представляет собой препятствие, из-за которого пешеходы с коляской не всегда успевают вовремя закончить переход, при этом на дороге создается потенциально конфликтная ситуация [3].

Теория

По исследуемым данным была построена диаграмма, которая показывает несоответствие требований бортового камня на пешеходных переходах, согласно п. 5.4.8 [2] (рис. 3).

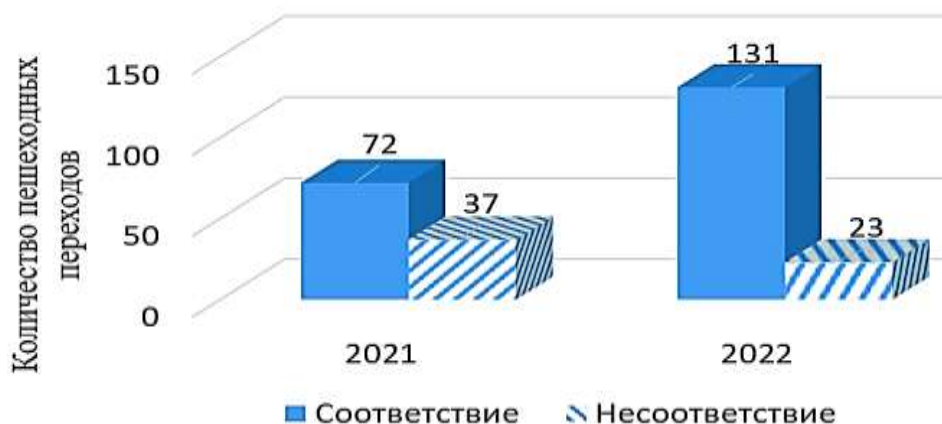


Рисунок 3 – Диаграмма несоответствие требованиям по высоте бортового камня

Диаграмма на рисунке 3 показывает, что в 2021 году на 72 пешеходных переходах высота бортового камня в пределах пешеходного перехода соответствует требованиям, а на 37 пешеходных переходах – не соответствует. Также в 2022 году на 131 пешеходных переходах высота бортового камня соответствует требованиям, на 23 пешеходных переходах – не соответствует. Это связано в некоторых местах с наличием существенных неровностей в границах начала (и конца) переходов и с необходимостью проведения ремонтных работ, особенно

после зимнего периода.

Также диаграмма показывает, что с 2021 по 2022 год увеличилось число пешеходных переходов, на которых высота бортового камня соответствует требованиям. Это связано с тем, что при реконструкции уже существующих или строительстве новых переходов были соблюдены нормативные значения высоты бортового камня.

Наличие пешеходных ограждений. Пешеходное ограждение – это конструкция из металла, предназначенная для организации безопасного пешеходного движения и разграничения автомобильных и пешеходных зон. Установка пешеходных ограждений помогает решить следующие задачи [4]:

- 1) ограждение пешеходных зон;
- 2) предотвращение случайного падения пешеходов с мостового сооружения или высокой насыпи;
- 3) направление потока пешеходов и предотвращение их выхода на проезжую часть в неустановленных местах;
- 4) предотвращение парковки автомобилей на газонах и тротуарах;
- 5) снижение числа ДТП с участием пешеходов.

Разделяют два вида пешеходных ограждений:

- 1) удерживающие пешеходные ограждения – это ограждения для пешеходов, предназначенные для организации пешеходного движения через автомобильную дорогу, а также для предотвращения случайного падения пешеходов с мостового сооружения, высокой насыпи.
- 2) ограничивающие пешеходные ограждения – это ограждения, предназначенные для предотвращения перехода пешеходами автомобильных дорог в неустановленных местах.

Согласно действующим нормам, пешеходные ограждения на автомобильных дорогах устанавливают на основании анализа аварийности, наличия участков концентрации ДТП и оценки тяжести их последствий. Кроме того, в стандартах прописаны правила оборудования отдельных участков автодорог пешеходными ограждениями. Примеры оборудования пешеходных переходов рядом с детскими учреждениями и в районах остановочных пунктов трамваев приведены на рисунках 4 и 5 соответственно.



Рисунок 4 – Установка турникета на магистральных улицах в зоне пешеходного перехода [5]

Поскольку пешеходные дорожные ограждения препятствуют выходу пешеходов на проезжую часть и применению экстренного торможения, с их помощью удастся добиться повышения средней скорости потока автомобилей и пропускной способности дороги (улицы).

Также пешеходные ограждения на автомобильных дорогах остаются основным методом снижения аварийности по вине пешеходов. Поэтому многие неспособны оценить тяжесть возможных последствий от перехода дороги в не предусмотренном месте – и «срезают», выходя на проезжую часть в 5–10 метрах от «зебры».

Расстояние от пешеходного перехода до опор уличного освещения. На пешеходных переходах происходят наезды на пешеходов, в том числе в темное время суток, основными причинами которых является недостаточный уровень освещения.

Пунктом 11.10 источника [2] установлено: «Освещение пешеходных переходов, расположенных у подсобных предприятий, домов культуры, общежитий, школ и других специализированных объектов обществ глухих и инвалидов по зрению следует предусматривать с нормированной яркостью не ниже 0,8 кд/м². Освещение пешеходных переходов, расположенных в других местах, должно быть не менее требуемых норм для проезжей части улиц соответствующей категории». В соответствии с п. 7.5 ТКП 45-2.04-153-2009 освещение улиц, дорог и площадей с регулярным транспортным движением в городских поселениях следует

проектировать, исходя из нормы средней яркости усовершенствованных покрытий, приведенных в таблице данного нормативного документа.

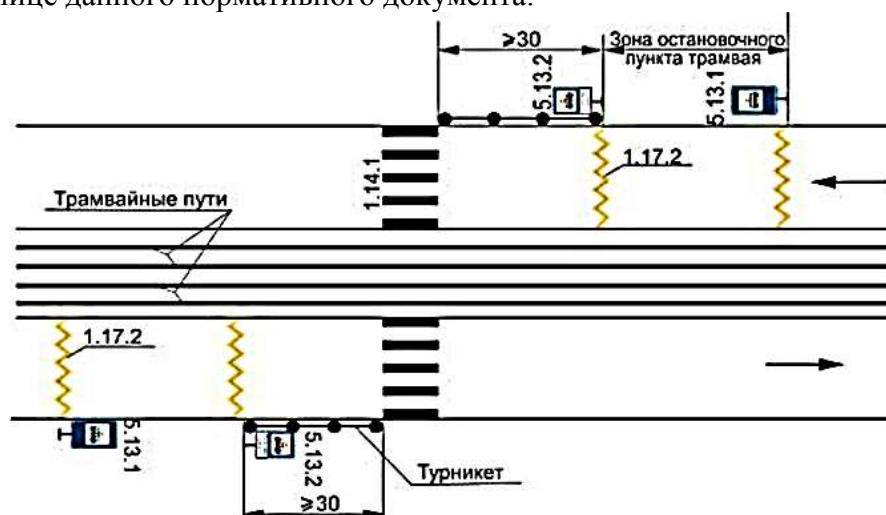


Рисунок 5 – Установка турникета на магистральных улицах в зоне остановочных пунктов маршрутных транспортных средств [5]

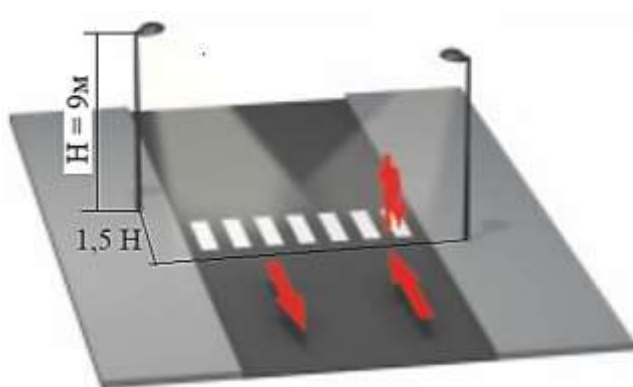


Рисунок 6 – Схема размещения освещения на пешеходном переходе



Рисунок 7 – Диаграмма соответствия/несоответствия требованиям освещению пешеходных переходов за 2021 г

Ночью пешеходные переходы и подходы к ним должны быть освещены так ярко, чтобы пешеходы, проходящие через них, были хорошо видны и были вовремя обнаружены. Расстояние между опорой освещения и пешеходным переходом должно быть $1,5H$, где H – высота опоры установки. Для уличного освещения высота установки равна 6–12 м (рис. 6).

На исследуемых пешеходных переходах за 2021 г. были выявлены несоответствие требованиям освещения пешеходных переходов (рис. 7).

В 2021 году было исследовано 109 пешеходных переходов. Диаграмма поделена на 3 части: на расстоянии 1 метр, на расстоянии от 1 до 5 м и на расстоянии больше 5 метров. Из диаграммы видно, что требованиям расстояния от пешеходного перехода до опоры освещения соответствуют 49 пешеходный переход. 60 пешеходных переходов находятся на расстоянии более 5 метров, что говорит о неудовлетворительной освещенности пешеходных переходов. На исследуемых пешеходных переходах за 2021 год в темное время произошло 3 из 7 ДТП. Из 3 ДТП всего лишь 1 ДТП произошли на пешеходных переходах, где неудовлетворительная

освещенность, а именно на пешеходном переходе по улице Владимирова, 16Б. Можно было избежать этого ДТП, если бы пешеходный переход был достаточно освещен.

На рисунке 8 приведена диаграмма за 2022 г.

В 2022 году было исследовано 154 пешеходных переходов. Диаграмма также поделена на 3 части и показывает, что требованиям расстояния от пешеходного перехода до опоры освещения соответствуют 100 пешеходных переходов, а 54 находятся на расстоянии более 5 метров, что говорит о неудовлетворительной освещенности пешеходных переходов.



Рисунок 8 – Диаграмма соответствия/несоответствия требованиям освещению пешеходных переходов за 2022 г

На исследуемых пешеходных переходах за 2022 год в темное время произошло 4 из 7 ДТП. Из 4 ДТП 2 ДТП произошли на пешеходных переходах, где неудовлетворительная освещенность, а именно на перекрестке «улица Каменщикова – улица Макаенка» и по улице Барыкина, 206. И в данном случае можно было избежать этого ДТП, если бы пешеходный переход был достаточно освещен [9].

Также еще одним показателем является *радиус закругления кромки проезжей части*. Чем больше радиус, тем выше скорость поворота транспорта и потенциально опаснее пешеходный переход, особенно при совмещении транспортной и пешеходной фазы. Радиус за-

кругления кромки проезжей части на пересечениях и примыканиях в одном уровне следует принимать не менее значений, приведенных в таблице источника [2].

В свободных условиях при наличии троллейбусного и автобусного движения радиус закруглений следует принимать не менее 20 м. В условиях реконструкции допускается уменьшать радиус закруглений на магистральных улицах до 8 м, на всех остальных улицах – до 5 м. При пропуске троллейбусного и автобусного движения радиус закругления следует принимать не менее 12 м [2, 7].

По условиям безопасности движения пешеходов, учитывая, что автомобиль, совершающий правый поворот, пересекает два пешеходных перехода, скорость на поворотах должна быть снижена с разрешенной 60 км/ч до 25 км/ч [10].

Таким образом был рассмотрен ряд исследуемых условий движения, которые влияют на аварийность. Для снижения аварийности на пешеходных переходах в г. Гомеле предлагается:

- улучшить видимость;
- уменьшить высоту бортового камня до нормативного показателя, а именно до 0,025–0,040 м;
- установить ограждения в соответствии с СТБ 1300-2014;
- улучшить наружное освещение, а именно уменьшить расстояние от пешеходного перехода до опоры освещения.

На следующем этапе для поиска зависимостей между независимыми и зависимыми переменными в программном продукте *Statistica* с помощью инструмента *Data Mining* проведен анализ и отсев наименее значимых независимых влияющих на вероятность ДТП факторов [11-14]. Учитывая разнородность и большой массив исходных данных (в исследовании было задействовано более 260 пешеходных переходов), для достижения цели применялись следующие методы интеллектуального анализа данных:

- C@RT;
- нейронная сеть;
- случайный лес;
- метод опорных векторов (МОВ);
- бустинг деревьев.

Цель анализа – установить перечень независимых переменных, значимо влияющих на значения показателей аварийности и разработать на основе этого предложения мероприятия по снижению числа и тяжести ДТП с участием пешеходов.

Результаты и обсуждение

Результаты анализа параметра «наличие и длина установки пешеходных ограждений» представлены на рисунке 9.

На диаграмме видно, что на пешеходных переходах на перекрестке или перегоне, регулируемом или не регулируемом – установка пешеходных ограждений сводит аварийность с участием пешеходов к 0. Анализ указанных выше параметров был проведен аналогичным образом [15]. Значение 0,0585 может применяться в том числе и в ходе прогнозирования аварийности на исследуемых объектах.

Причинно-следственный анализ исследуемых параметров с помощью пакета *Statistica* позволил выявить наиболее аварийные пешеходные переходы, которые представлены в таблице 1.

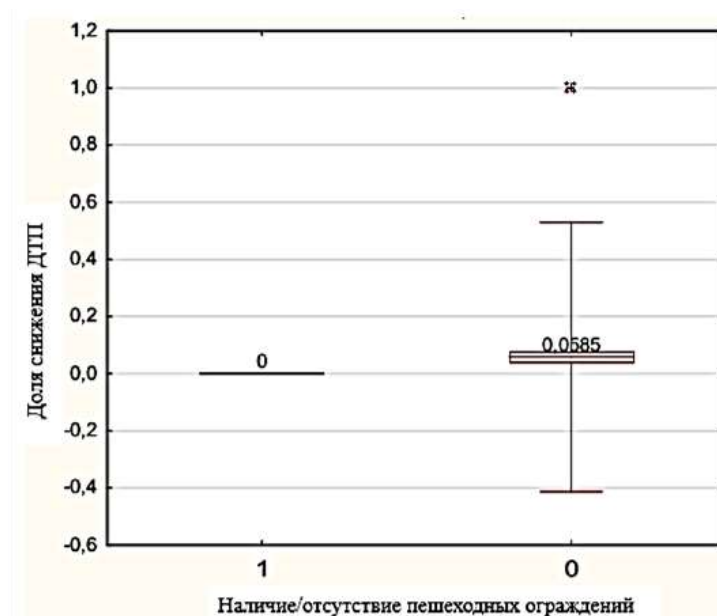


Рисунок 9 – Диаграмма для параметра наличие и длина установки пешеходных ограждений

Таблица 1 – Наиболее опасные пешеходные переходы по результатам исследований влияния параметров условий движения

Улица, дом	Название перекрестка (перегона)
ул. Катунина, 20	перекресток ул. Красноармейская – ул. Катунина
ул. Б.Царикова, 59	перегон
ул. Жукова, 20	перегон
ул. Сосновая, 10	перегон
ул. Белого, 46а	перекресток Белого – Каленникова
ул. Ирнинская, 23б	перекресток ул. Советская – ул. Ирнинская
ул. Красноармейская, 8	перекресток пр-т Ленина – ул. Красноармейская
перекресток Мазурова, 59/2	ул. Мазурова – ул. Головацкого
ул. Федюнинского, д.248	перекресток, ул. Советская – ул. Федюнинского
ул. Советская, д.108	перекресток, ул. Советская – Головацкого

Выводы

Анализируя параметры с помощью статистических методов, можно сделать вывод, что для уменьшения аварийности с участием пешеходов требуется реализовать следующие мероприятия:

- ограничение скоростного режима;
- установка искусственной неровности;

- установка пешеходных ограждений;
- установка конструктивно выделенного островка безопасности и др.

Данные мероприятия приведут к снижению числа ДТП с участием пешеходов, а также позволят снизить их тяжесть.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Треугольник видимости [Электронный ресурс]. URL: <https://vk.com/@urbanistpskov-treugolnik-vidimosti-cto-eto>.
2. ТКП 45-3.03-227-2010. Улицы населенных пунктов [Электронный ресурс]. URL: <https://xn--b1afobdrdw.xn--90ais/wp-content/uploads/2016/01.pdf>.
3. Бордюрный камень [Электронный ресурс]. URL: <https://vk.com/@bkadkrasnodarkrai-dlya-chegonuzhen-bortovoi-kamen>.
4. Пешеходные ограждения [Электронный ресурс]. URL: <https://pik.com/peshekhodnye-ograzhdeniya-snizhayut-avariynost.php>.
5. СТБ 1300-2014. Технические средства организации дорожного движения. Правила применения [Электронный ресурс]. URL: <https://znaktb.by/info/%D0%A1%D0%A2%D0%91%201300-2014.pdf>.
6. СП 4.04.-20 Наружное освещение городов, поселков и сельских населенных пунктов [Электронный ресурс]. URL: https://stn.by/files/projects/txtsp_naruzhnoe_osveschenie_gorodov_poselkov_i_selskih_naselennyh_pu.
7. Болдин А.П., Сарбаев В.И. Надёжность и техническая диагностика подвижного состава автомобильного транспорта: теоретические основы. М.: МАИИ, 2010. 206 с.
8. Бородин А.Л., Васильев В.И., Шабуров В.Н. Методика синтеза алгоритма постановки диагноза агрегатов и систем автомобиля // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. Симферополь: КИПУ, 2022. №4(78). С. 231-237.
9. Васильев А.В. Синтез характеристик газораспределения поршневого двигателя: монография. Волгоград: ВолгГТУ, 2016. 344 с.
10. Вальехо Мальдонадо П.Р., Чайнов Н.Д. Расчет кинематики и динамики рядных поршневых двигателей. М.: ИНФРА-М, 2022. 259 с.
11. Системы телеметрии и мониторинга сельскохозяйственной техники: монография / И.Г. Голубев, Н.П. Мишуров, В.Я. Гольяпин и др. М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 2020. 176 с.
12. Гребенников С.А., Басков В.Н., Гребенников А.С. и др. Диагностирование трансмиссии автомобилей по показателям неравномерности вращения её элементов // Грузовик. 2022. №3. С. 9-15.
13. Гриценко А.В., Шепелев В.Д., Бурцев А.Ю. Диагностирование газораспределительного механизма на основе контроля виброколебаний его элементов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». 2022. Т. 22. № 1. С. 36-47.
14. Дидманидзе О.Н., Дорохов А.С., Катаев Ю.В. Тенденции развития цифровых технологий диагностирования технического состояния тракторов // Техника и оборудование для села. 2020. №11(281). С. 39-43.
15. Добролюбов И.П., Савченко О.Ф., Альт В.В. и др. Точность идентификации состояния двигателей внутреннего сгорания с настраиваемой моделью с помощью измерительной экспертной системы // Вычислительные технологии. 2021. Т. 26. №6. С. 54-67.

Ходоскин Дмитрий Петрович

Белорусский государственный университет транспорта

Адрес: 246653, Республика Беларусь, г. Гомель, ул. Кирова, д. 34

К.т.н., доцент кафедры «Управление автомобильными перевозками и дорожным движением»

E-mail: dlya_moih_studentov@mail.ru

Савостова Анастасия Владимировна

Белорусский государственный университет транспорта

Адрес: 246653, Республика Беларусь, г. Гомель, ул. Кирова, д. 34

Магистрант

E-mail: studen@mail.ru

D.P. KHODOSKIN, A.V. SAVOSTOVA

ASSESSMENT OF TRAFFIC CONDITIONS AT PEDESTRIAN CROSSINGS IN GOMEL

Abstract. *In the Republic of Belarus, an urgent problem is the accident rate at pedestrian crossings. Pedestrian crossings are objects of conflict and places where there are increased losses in road traffic. In this work, a study was conducted of traffic conditions at pedestrian crossings in order to identify cases of their non-compliance with current standards.*

Keywords: *road accident rate, traffic conditions, visibility triangle, crosswalk*

BIBLIOGRAFIYA

1. Treugol'nik vidimosti [Elektronnyy resurs]. URL: <https://vk.com/@urbanistpskov-treugolnik-vidimosti-cto-eto>.
2. TKP 45-3.03-227-2010. Ulitsy naseleennykh punktov [Elektronnyy resurs]. URL: <https://xn--b1afobdrdw.xn--90ais/wp-content/uploads/2016/01.pdf>.
3. Bordurnyy kamen' [Elektronnyy resurs]. URL: <https://vk.com/@bkadkrasnodarkrai-dlya-chego-nuzhen-bortovoi-kamen>.
4. Peshekhodnye ograzhdeniya [Elektronnyy resurs]. URL: <https://pik.com/peshekhodnye-ograzhdeniya-snizhayut-avariynost.php>.
5. STB 1300-2014. Tekhnicheskie sredstva organizatsii dorozhnogo dvizheniya. Pravila primeneniya [Elektronnyy resurs]. URL: <https://znakb.by/info/%D0%A1%D0%A2%D0%91%201300-2014.pdf>.
6. SP 4.04.-20 Naruzhnoe osveshchenie gorodov, poselkov i sel'skikh naseleennykh punktov [Elektronnyy resurs]. URL: https://stn.by/files/projects/txtsp_naruzhnoe_osveschenie_gorodov_poselkov_i_selskih_naseleennykh_pu.
7. Boldin A.P., Sarbaev V.I. Nadiozhnost' i tekhnicheskaya diagnostika podvizhnogo sostava avtomobil'nogo transporta: teoreticheskie osnovy. M.: MAII, 2010. 206 s.
8. Borodin A.L., Vasil'ev V.I., Shaburov V.N. Metodika sinteza algoritma postanovki diagnoza agregatov i sistem avtomobilya // Uchenye zapiski Krymskogo inzhenerno-pedagogicheskogo universiteta. Simferopol': KIPU, 2022. №4(78). S. 231-237.
9. Vasil'ev A.V. Sintez kharakteristik gazoraspredeleniya porshnevogo dvigatelya: monografiya. Volgograd: VolGTU, 2016. 344 s.
10. Val'ekho Mal'donado P.R., CHaynov N.D. Raschet kinematiki i dinamiki ryadnykh porshnevykh dvigateley. M.: INFRA-M, 2022. 259 s.
11. Sistemy telemekhaniki i monitoringa sel'skokhozyaystvennoy tekhniki: monografiya / I.G. Golubev, N.P. Mishurov, V.YA. Gol'tyapin i dr. M.: FGBNU «Rosinformagrotekh». 2020. 176 s.
12. Grebennikov S.A., Baskov V.N., Grebennikov A.S. i dr. Diagnostirovanie transmissii avtomobiley po pokazatelyam neravnomernosti vrashcheniya ego elementov // Gruzovik. 2022. №3. S. 9-15.
13. Gritsenko A.V., Shepelev V.D., Burtsev A.YU. Diagnostirovanie gazoraspredelitel'nogo mekhanizma na osnove kontrolya vibrokolebaniy ego elementov // Vestnik YUUrGU. Seriya «Mashinostroenie». 2022. T. 22. №1. S. 36-47.
14. Didmanidze O.N., Dorokhov A.S., Kataev YU.V. Tendentsii razvitiya tsifrovyykh tekhnologiy diagnostirovaniya tekhnicheskogo sostoyaniya traktorov // Tekhnika i oborudovanie dlya sela. 2020. №11(281). S. 39-43.
15. Dobrolyubov I.P., Savchenko O.F., Al't V.V. i dr. Tochnost' identifikatsii sostoyaniya dvigateley vnutrennego sgoraniya s nastraivaemoy model'yu s pomoshch'yu izmeritel'noy ekspertnoy sistemy // Vychislitel'nye tekhnologii. 2021. T. 26. №6. S. 54-67.

Khodoskin Dmitry Petrovich

Belarusian State University of Transport

Address: 246653, Republic of Belarus, Gomel, st. Kirova, 34

Candidate of Technical Sciences

E-mail: dlya_moih_studentov@mail.ru

Savostova Anastasia Vladimirovna

Belarusian State University of Transport

Address: 246653, Republic of Belarus, Gomel, st. Kirova, 34

Master's student

E-mail: studen@mail.ru

УДК 625.76.08: 625.768

doi:10.33979/2073-7432-2025-1-2(88)-93-100

И.А. ДЕМБОВСКИЙ, С.А. РОДИМЦЕВ

УПРАВЛЯЕМАЯ РАСПЫЛИВАЮЩАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ШТАНГОВЫХ АЭРОДРОМНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ РЕАГЕНТОВ

Аннотация. При вертикальных и горизонтальных колебаниях штанговой распределяющей системы дорожных машин, нарушаются условия равномерного покрытия дорожного полотна жидкими противогололедными реагентами. Управление фронтальной проекцией угла факела распыла форсунок не дают требуемого результата. Рассмотрены условия внесения реагентов при колебаниях распределяющей штанги в продольно-горизонтальной и поперечно-вертикальной плоскостях. Теоретически обоснована принципиальная возможность компенсации, в условиях колебаний, равномерности и плотности распределения реагентов, за счет применения мультирежимных управляемых распылительных форсунок. Предлагаемые форсунки оснащены секторными отражающими дефлекторами, последовательно включаемыми в работу цифровой управляющей системой.

Ключевые слова: распылительная форсунка, распределитель реагентов, факел распыла, распределяющая штанга, дефлектор

Введение

Для зимнего содержания дорожных покрытий используют машины, работа которых основана на механическом, термическом либо химическом способе воздействия на гололед [1]. Ввиду высокой эффективности, отсутствия прямого контакта с покрытием и универсальности в применении различных рабочих материалов, широкое распространение получили распределители химических реагентов и природных сред по обрабатываемой поверхности [2]. Распределители твердых (сыпучих) реагентов снабжены дисковыми или шнековыми разбрасывающими устройствами, обеспечивающими эффективную ширину обработки до 10-15 м. Техника для внесения жидких дорожно-эксплуатационных материалов имеет оснащенное распылительными форсунками распределяющее устройство реечного или штангового типа. Рабочая ширина захвата таких машин может составлять от 3-5 до 30-40 м и более, что определяет их высокую производительность. К техническим средствам такого типа относятся специализированные и комбинированные дорожные машины (КДМ) и агрегаты MPP-8200 с оборудованием AST 2T Combi FEA0024, АПР-3/5, Арктос, МКДУ-1, МАГ 2500/18 (Россия); Schmidt ASP 24/30, Schmidt ASPT, Dammann KS (Швейцария); ASP series (Германия) и др. (рис. 1).



Рисунок 1 - Распределитель жидких реагентов MPP-K30-01 [3]

Эффективность использования химических реагентов для борьбы с гололедом в значительной степени определяется равномерностью внесения противогололедных материалов (ПГМ). Для распределительных систем штангового типа основным ограничением здесь является подвижность штанги в горизонтальной и вертикальной плоскостях, при движении машины или агрегата. Последнее предполагает актуальность проведения исследований, направленных на решение задачи компенсации равномерности распределения ПГМ, при колебаниях распределяющих устройств.

Исходя из актуальности исследования, его цель заключается в теоретическом обосновании и разработке распыливающей системы, обеспечивающей равномерность распределения ПГМ, при колебаниях распределяющего устройства КДМ в поперечно-вертикальной плоскости.

Материал и методы

Достижение поставленной цели осуществлялось на основе гипотезы о компенсации равномерности распределения ПГМ при вертикальных колебаниях штанги за счет управления геометрией факела распыла рабочей жидкости распыливающими форсунками КДМ. Использовались теоретические предпосылки, ранее сформулированные авторами статьи для описания рабочего процесса полевого опрыскивателя [4, 5]. Методика исследований опиралась на общеизвестные методы литературного обзора и патентного поиска глубиной не менее 25 лет, математического анализа, номограммирования, конструирования и схематизации контрольно-управляющих систем.

Теория и расчет

Параметры качества распределения противогололедных реагентов и методы их оценки регламентированы методическими рекомендациями ОДМ 218.3.050-2015 [6]. Плотность распределения реагента рассчитывают по формуле:

$$\rho = \frac{m}{S}, \text{ г м}^{-2}, \quad (1)$$

где m – среднее значение массы материала в поддоне, г;

S – площадь экспериментального поддона, м^2 .

Отклонение фактического значения плотности распределения реагента от установленного (регламентированного), определяют по формуле:

$$P_{\text{отн}} = 100 \frac{(\rho_{\text{изм}} - \rho_{\text{док}})}{\rho_{\text{док}}}, \quad (2)$$

где $P_{\text{отн}}$ – относительная погрешность измерения, %;

$\rho_{\text{изм}}$ – фактическое значение показателя, полученное экспериментально;

$\rho_{\text{док}}$ – установленное или регламентированное значение показателя.

Равномерность распределения жидких ПГМ в направлении движения машины и перпендикулярном ему определяется сравнением средних значений масс жидкости в поддонах, по формуле:

$$P_{\text{отн}} = 100 \frac{(P_{\text{изм}} - P_{\text{док}})}{P_{\text{док}}}, \quad (3)$$

где $P_{\text{изм}}$ – фактическое значение показателя, полученное экспериментально;

$P_{\text{док}}$ – установленное или регламентированное значение показателя.

Фактические отклонения значений плотности и равномерности распределения ПГМ не должны отличаться от регламентированных, более чем на $\pm 10\%$.

Очевидно, что возмущающие воздействия, вызывающие горизонтальные и вертикальные отклонения распределяющей штанги КДМ, повлекут нарушение равномерности распределения ПГМ по обрабатываемой площади. Так, обусловленные изменением поступательной скорости машины колебания штанги в продольно-горизонтальной плоскости гарантируют наложение слоев реагента, что, безусловно, влияет на норму плотности распределения ПГМ (рис. 2).

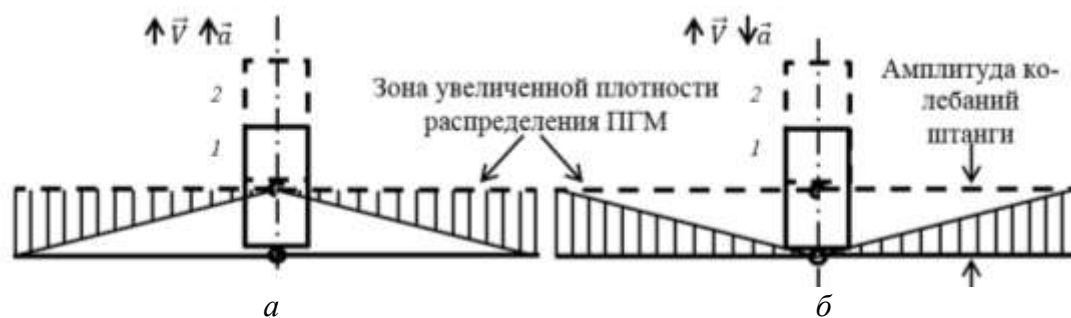


Рисунок 2 – Эпюры плотности распределения ПГМ в горизонтальной плоскости, при положительном (а) и отрицательном (б) ускорении КДМ:
1 – начальное положение агрегата; 2 – последующее положение агрегата

До некоторых пор, оставляем в стороне вопрос повышения равномерности распределения реагента при горизонтальных отклонениях штанги и более подробно рассмотрим варианты компенсации качества внесения ПГМ, при колебаниях распределяющей системы в поперечно-вертикальной плоскости.

Способ установки распылительных форсунок на штанге строго соответствует условию двойного перекрытия смежных потоков жидкости во фронтальной проекции. С целью недопущения смыкания факелов распыла, их плоскости развернуты на $8-10^\circ$, относительно оси штанги. При этом ширина b полосы, обрабатываемой каждой форсункой, будет определяться отношением [7]:

$$b = 2Rtg\left(\frac{\beta}{2}\right)\sin\phi, \text{ м}, \quad (4)$$

где R - расстояние установки распылителя над обрабатываемой полосой, м;

β – угол факела распыла, град;

ϕ - угол поворота факела распыла, относительно движению машины, град.

При данном условии, установка распылительных форсунок на расстоянии 0,5 м до поверхности дорожного покрытия, обеспечивает расчетную ширину обрабатываемой полосы $b \approx 1,41$ м, при угле факела распыла 110° . Расстановка на штанге распылительных форсунок, шагом 0,5 м, позволяют получить высокую степень равномерности распределения рабочей жидкости. Это достигается перекрытием периферийных зон факелов распыла, где плотность орошения поверхности меньше.

Колебания КДМ в поперечно-вертикальной проекции нарушают оптимальную схему перекрытия потоков рабочей жидкости от смежных распылительных форсунок (рис. 3). Следствием этого, в случае уменьшения расстояния между форсунками и поверхностью, будет «полосовая» обработка дорожного полотна, с увеличенной плотностью реагента. Увеличение же этого расстояния повлечет снос частиц ПГМ.

Ранее полученные авторами статьи аналитические зависимости [4], позволяют определить текущие значения ширины b_i обрабатываемой полосы и оптимальных углов β факела распыла каждой распылительной форсункой, независимо от места их установки и угла наклона штанги:

$$b_i = \sqrt{\left(p - (h - \sqrt{h^2 + l^2}) \times \sin\left(\arctg \frac{h}{l} - \alpha\right)\right) \left(\left[\frac{1}{\sin\left(90^\circ - \frac{\beta}{2} - \alpha\right)}\right]^2 + \left[\frac{1}{\cos\left(\frac{\beta}{2} - \alpha\right)}\right]^2 - 2\left(\frac{1}{\sin\left(90^\circ - \frac{\beta}{2} - \alpha\right)}\right)\left(\frac{1}{\cos\left(\frac{\beta}{2} - \alpha\right)}\right) \times \cos\beta\right)}. \quad (5)$$

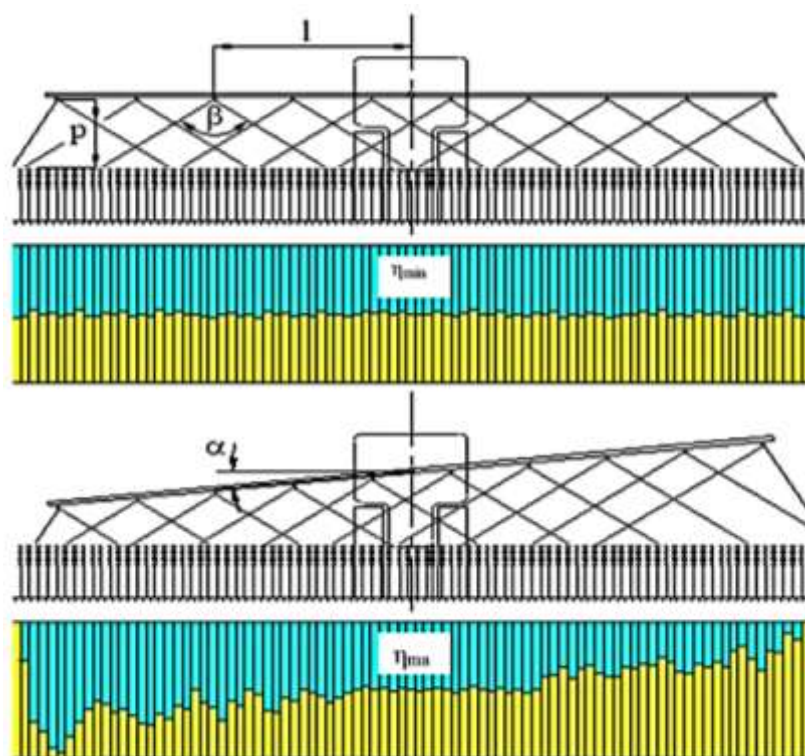


Рисунок 3 – Зависимость равномерности (η) распределения реагента от положения распределяющей штанги КДМ

$$\beta = 2 \arcsin \frac{b_0}{2 \left(\sqrt{\left[p - \left((h - \sqrt{h^2 + l^2}) \times \sin(\arctg \frac{h}{l} - \alpha) \right) \right]^2 + \left(\frac{b_0}{2} \right)^2} \right)}, \quad (6)$$

где b_0 – расчетная ширина полосы обработки одним распылителем, м.;
 p – высота расположения форсунки, относительно дорожного полотна, м;
 h – высота расположения форсунки, относительно оси колебаний, м;
 l – вылет форсунки, относительно оси симметрии КДМ, м;
 β – угол факела распыла, град;
 α – угол наклона штанги в поперечно-вертикальной плоскости, град.

Результаты и обсуждение

Реализация задачи компенсации равномерности распределения реагентов, при вертикальных колебаниях штанги, лишь управлением геометрии фронтального угла распыливания [7, 8], практически недостижима. Это легко объясняется отсутствием возможности поворота плоскости факела распыла на угол, при котором произойдет смыкание потоков от смежных распылительных форсунок. Также, не может быть принят за основу мануальный способ формирования геометрии распыла набором отражательных пластин [9]. Первоначально, представляет интерес конструктивное решение дифференцированного распыливания препаратов с помощью последовательно включаемых дефлекторных секций распылителя [10]. Однако данная разработка, направленная на достижение варьирования расхода жидкости, не предназначена для изменения формы факела распыла. Более предпочтителен вариант управления углом распыливания секторными отражающими дефлекторами мультирежимного распылителя [11].

Общий вид и устройство такого распылителя показаны на рисунке 4. В исходном положении распылителя шаровой регулирующий клапан 11 закрыт, а шаровой клапан 10 открыт для прохода рабочей жидкости. При этом рабочая жидкость поступает во входной канал 3 и далее – в секционный канал 4. Выходя через отверстие 7, часть потока поступает на дефлектор 18 и посредством его боковых направляющих буртиков 21 приобретает при диспергировании угол α_{\min} распыла, например, на 1/3 меньший угла $\alpha_{\text{ном}}$ распыла, установленно-

го картой-заданием на внесение ПГМ. Другая часть потока реагента поступает в секционный канал 5, откуда через отверстие 8 распределяется на секторный дефлектор 19. Здесь, благодаря направляющим буртикам 22 и центральному ребру 24 формируется секторный факел распыла с внешним углом α_{nom} при вершине, установленным картой-заданием на внесение реагента и внутренним углом γ_{min} симметричного оси распыла незаполненного сектора, равным углу α_{min} распыла, сформированного предыдущим дефлектором 18.

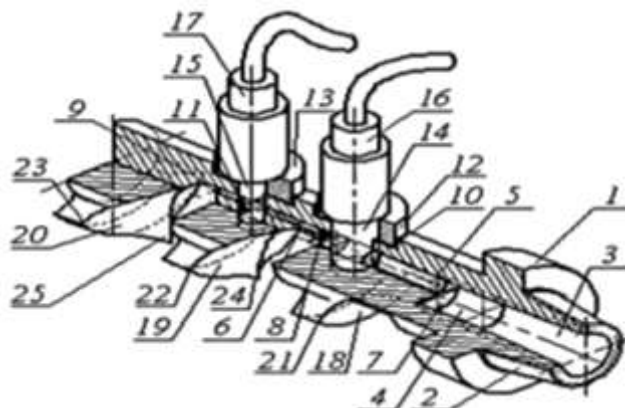


Рисунок 4 - Мультирежимная распылительная форсунка дефлекторного типа [11]

При уменьшении расстояния от форсунки до дорожного полотна, фиксируемого установленными на штанге КДМ датчиками расположения, бортовой компьютер машины подает управляющий электрический сигнал на электромагнитный привод 17. В результате этого происходит поворот вала 15 на угол 90° , открывая нормально закрытый шаровой клапан 11. При этом часть реагента из секционного канала 5 поступает в секционный канал 6, откуда, минуя выходное отверстие 9, распределяется на секторный дефлектор 20. Благодаря направляющим буртикам 23 и центральному ребру 25, жидкость диспергируется секторным факелом распыла с внешним углом α_{max} при вершине, например, на $1/3$ большим угла α_{nom} распыла, и внутренним углом γ_{nom} симметричного оси распыла незаполненного сектора, равным внешнему углу α_{nom} распыла, сформированного предыдущим дефлектором 19. Таким образом, ширина обрабатываемой реагентом полосы увеличивается, компенсируя уменьшение высоты расположения форсунки над дорожным полотном.

При увеличении высоты форсунки над дорожным полотном, что фиксируется датчиками расположения, бортовой компьютер КДМ подает управляющий электрический сигнал на электромагнитный привод 16, в результате чего происходит поворот вала 14 на угол 90° , закрывая нормально открытый шаровой клапан 10. При этом прекращается доступ потока ПГМ к секторным дефлекторам 19 и 20, а диспергирование реагента факелом распыла с углом α_{min} при вершине, реализуется лишь дефлектором 18, который оснащен боковыми направляющими буртиками 21. В этом случае ширина обрабатываемой противогололедным реагентом полосы уменьшается, компенсируя увеличение высоты расположения форсунки над обрабатываемым дорожным полотном.

В соответствии с требованиями стандарта [12], для обеспечения функции управления распылительными форсунками КДМ разработана схема подключения электромагнитных клапанов к системе электроснабжения машины (рис. 5). Как видно, схема включает отдельные блоки БР, состоящие из распылителей, способных формировать факел распыла от минимального (min) до максимального (max) угла распыла реагента. Управление нормально открытыми (ИГо) и нормально закрытыми (ИГз) игольчатыми клапанами осуществляется путем подачи электрического тока на обмотки электромагнита ЭМ. Блок БПУ питания и управления режимами работы распылительных форсунок содержит датчик контроля угла наклона ДУ КДМ, а также блок питания БП, состоящий из аккумуляторной батареи 12 В, 7а ч⁻¹.

Работа схемы заключается в следующем. При горизонтальном положении распределяющей штанги КДМ, находящийся в вязкой среде металлический шарик датчика угла наклона, занимает среднее положение, не входя в контакт с клеммами электрической цепи.

При этом ток в цепи отсутствует; нормально открытый и нормально закрытый клапаны форсунок формируют угол факела распыла, образованный работой первого (min) и среднего (nom) дефлекторов. Данный режим работы распылительной форсунки соответствует номинальному значению корневого угла распыла жидкого ПГМ.

При отклонении штанги в одну из сторон, шарик датчика угла наклона контактирует с одной из клемм, запитывая соответствующую ветвь электрической цепи. Так, при замыкании верхнего (в плоскости схемы) контакта, запирается средний клапан, прекращая доступ потока реагента как к среднему, так и к третьему дефлектору. Такой режим работы будет соответствовать распылу с минимальным углом. Напротив, при замыкании нижнего контакта, напряжение подается на катушку лишь третьего (нормально закрытого) клапана, увеличивая угол распыла до максимального.

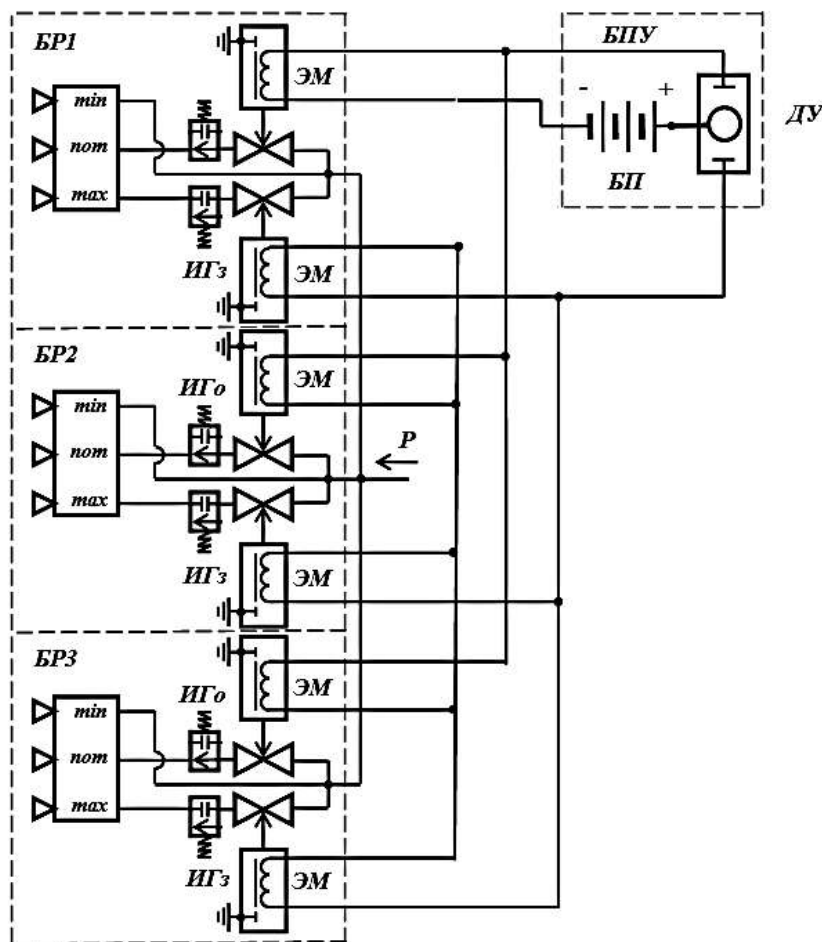


Рисунок 5 – Схема подключения адаптивных распылителей к системе контроля и управления геометрией распыла

Необходимость решения задачи повышения равномерности распределения противогололедных реагентов отражена в работах отечественных и зарубежных авторов [13-15]. Предлагаемая «умная» распыливающая система для штанговых аэродромных распределителей реагентов обеспечивает высокое качество технологической операции по условиям равномерности и плотности распределения жидкого ПГМ, независимо от положения и амплитуды вертикальных колебаний штанги.

Выводы

Рассмотрены условия внесения реагентов при колебаниях распределяющей штанги в продольно-горизонтальной и поперечно-вертикальной плоскостях. Теоретически обоснована принципиальная возможность компенсации, в условиях колебаний, равномерности и плотности распределения реагентов, за счет применения мультирежимных управляемых распыли-

тельных форсунок. Предложена конструкция распылительной форсунки, снабженной секторными отражающими дефлекторами, последовательно включаемыми в работу цифровой управляющей системой. «Умная» система контроля и управления режимами работы комплекта распылительных форсунок позволяет компенсировать равномерность и плотность распределения жидкого ПГМ при колебаниях штанги КДМ в поперечно-вертикальной плоскости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кустарев Г.В., Андрюхов Н.М., Данилов Р.Г. Испытания ширины и плотности распределения твердых реагентов, разбрасываемых комбинированной дорожной машиной // Проблемы экспертизы в автомобильно-дорожной отрасли. 2023. №1(6). С. 26-32. EDN: FTCEERG.
2. Павлов С.А., Погонина А.М. Техника и технология содержания аэродромов в зимний период: учебное пособие. М.: МАДИ, 2021. 246 с. EDN: TDBOKU.
3. Распределители жидких и твердых реагентов [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cominvest-akmt.ru/catalog/aeromachines/airfield-maintenance/allocators>.
4. Dembovskiy I., Rodimtsev S. Optimization of the current spray angle of the nozzles of the adaptive distribution system of a single-support boom sprayer [Электронный ресурс] / International Conference on Ensuring Sustainable Development: Ecology, Energy, Earth Science and Agriculture (AEES2023). Les Ulis, France, 2024. С. 4044. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202449404044>.
5. Родимцев С.А., Дембовский И.А., Панин Е.Н. Разработка и обоснование параметров мобильного опрыскивателя для садово-паркового и ландшафтного строительства // Мир транспорта и технологических машин. 2023. №2(81). С. 26-34. DOI: 10.33979/2073-7432-2023-2(81)-26-34.
6. ОДМ 218.3.050-2015. Методические рекомендации по проведению испытаний и оценки эффективности машин и навесного оборудования для содержания автомобильных дорог: отраслевой дорожный методический документ / Разработчики ООО «ДорТехИнвест» и МАДИ. М.: РОСАВТОДОР, 2015. 296 с.
7. Омаров А.Н., Каиргалиев Е.К., Бакыткалиев А.А. Теоретическое обоснование применения форсунок с щелевым распылением // Инновационная техника и технология. 2019. №1(18) С. 32-37. EDN: ZELWMH.
8. Штанговый опрыскиватель: а.с. 1308307 СССР. МПК А01М7/00(1987.05) / В.В. Ченцов, В.Л. Фрумович, А.В. Лагутин, Я.Ю. Сергеев; заявл. 06.28.85; опубл. 05.07.87, Бюл. 17.
9. Распылитель: а.с. 650589 СССР. МПК А01М7/00(1979.07) / А.И. Билык, И.П. Масло, П.Г. Судак; заявл. 22.11.77; опубл. 05.03.79, Бюл. 9.
10. Дефлекторный распылитель: пат. 2757495 Российская Федерация. МПК А01М7/00(2006.01) / Л.А. Марченко, А.Ю. Спиридонов; заявл. 15.04.21; опубл. 18.10.21, Бюл. 29. EDN: ZHBKPU.
11. Регулируемый дефлекторный распылитель: пат. 224484 Российская Федерация. МПК А01М7/00(2023.12) / С.А. Родимцев, И.А. Дембовский, А.Ю. Родичев, А.В. Кулев, М.В. Кулев, Д.О. Ломакин; заявл. 20.12.23; опубл. 27.03.24, Бюл. 9. EDN: FICRCQ.
12. ГОСТ 2.701–2008 Единая система конструкторской документации. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению. Москва: Стандартинформ, 2009. 16 с.
13. Мандровский К.П., Садовникова Я.С. Влияние скорости машины на равномерность распределения противогололёдных реагентов // Механизация строительства. 2018. №4(79) С. 60-64. EDN: OUBPFT.
14. Aydin D., Akolpoglu M., Kizilel R., Kizilel S. Anti-icing Properties on Surfaces through a Functional Composite // Effect of Ionic Salts. ACS Omega. 2018. №3. P. 7934-7943. DOI: 10.1021/acsomega.8b00816.
15. Mandrovskiy K., Sadovnikova Y. The concept of functioning of the on-board quality control system for anti-icing pavement treatment // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1159. 2021. 012050. DOI:10.1088/1757-899X/1159/1/012050.

Дембовский Илья Андреевич

Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина
Адрес: 302019, Россия, г. Орел, ул. Генерала Родина, д. 69
Аспирант, преподаватель многопрофильного колледжа
E-mail: emilyenn@rambler.ru

Родимцев Сергей Александрович

Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева
Адрес: 302019, Россия, г. Орел, ул. Московская, д. 77
Д.т.н., доцент, профессор кафедры сервиса и ремонта машин
E-mail: rodimcew@yandex.ru

I.A. DEMBOVSKY, S.A. RODIMTSEV

CONTROLLED SPRAYING SYSTEM FOR BOOM AERODROME REAGENT DISTRIBUTORS

Abstract. When vertical and horizontal vibrations of the rod distribution system of road vehicles occur, the conditions for uniform coverage of the road surface with liquid deicing agents are violated.

Controlling the frontal projection of the spray pattern angle of the injectors does not give the required result. The conditions for introducing reagents during oscillations of the distribution rod in the longitudinal-horizontal and transverse-vertical planes are considered. The theoretical possibility of compensation, in conditions of fluctuations, uniformity and density of distribution of reagents, through the use of multi-mode controlled spray nozzles is theoretically substantiated. The proposed injectors are equipped with sector reflective deflectors, sequentially activated by a digital control system.

Key words: spray nozzle, reagent distributor, spray torch, distribution rod, deflector.

BIBLIOGRAPHY

1. Kustarev G.V., Andryukhov N.M., Danilov R.G. Ispytaniya shiriny i plotnosti raspredeleniya tverdykh reagentov, razbrasyvaemykh kombinirovannoy dorozhnoy mashinoy // Problemy ekspertizy v avtomobil'no-dorozhnoy otrasli. 2023. №1(6). S. 26-32. EDN: FTCERG.
2. Pavlov S.A., Pogonina A.M. Tekhnika i tekhnologiya soderzhaniya aerodromov v zimniy period: uchebnoe posobie. M.: MADI, 2021. 246 s. EDN: TDBOKU.
3. Raspredeliteli zhidkikh i tverdykh reagentov [Elektronnyy resurs]. URL: <http://www.cominvest-akmt.ru/catalog/aeromachines/airfield-maintenance/allocators>.
4. Dembovskiy I., Rodimtsev S. Optimization of the current spray angle of the nozzles of the adaptive distribution system of a single-support boom sprayer [Elektronnyy resurs] / International Conference on Ensuring Sustainable Development: Ecology, Energy, Earth Science and Agriculture (AEES2023). Les Ulis, France, 2024. S. 4044. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202449404044>.
5. Rodimtsev S.A., Dembovskiy I.A., Panin E.N. Razrabotka i obosnovanie parametrov mobil'nogo opryskivatelya dlya sadovo-parkovogo i landshaftnogo stroitel'stva // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2023. №2(81). S. 26-34. DOI: 10.33979/2073-7432-2023-2(81)-26-34.
6. ODM 218.3.050-2015. Metodicheskie rekomendatsii po provedeniyu ispytaniy i otsenki effektivnosti mashin i navesnogo oborudovaniya dlya soderzhaniya avtomobil'nykh dorog: otraslevoy dorozhnyy metodicheskiy dokument / Razrabotchiki OOO "DorTekhInvest" i MADI. M.: ROSAVTODOR, 2015. 296 s.
7. Omarov A.N., Kaigaliev E.K., Bakytaliev A.A. Teoreticheskoe obosnovanie primeneniya forsunok s shchelevym raspyleniem // Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya. 2019. №1(18) C. 32-37. EDN: ZELWMH.
8. Shtangovyy opryskivatel': a.s. 1308307 SSSR. MPK A01M7/00(1987.05) / V.V. Chentsov, V.L. Frumovich, A.V. Lagutin, YA.YU. Sergeev; yayavl. 06.28.85; opubl. 05.07.87, Byul. 17.
9. Raspylitel': a.s. 650589 SSSR. MPK A01M7/00(1979.07) / A.I. Bilyk, I.P. Maslo, P.G. Sudak; yayavl. 22.11.77; opubl. 05.03.79, Byul. 9.
10. Deflektornyy raspylitel': pat. 2757495 Rossiyskaya Federatsiya. MPK A01M7/00(2006.01) / L.A. Marchenko, A.YU. Spiridonov; yayavl. 15.04.21; opubl. 18.10.21, Byul. 29. EDN: ZHBKPU.
11. Reguliruemyy deflektornyy raspylitel': pat. 224484 Rossiyskaya Federatsiya. MPK A01M7/00(2023.12) / S.A. Rodimtsev, I.A. Dembovskiy, A.YU. Rodichev, A.V. Kulev, M.V. Kulev, D.O. Lomakin; yayavl. 20.12.23; opubl. 27.03.24, Byul. 9. EDN: FICRCQ.
12. GOST 2.701-2008 Edinaya sistema konstruktorskoy dokumentatsii. Skhemy. Vidy i tipy. Obshchie trebovaniya k vypolneniyu. Moskva: Standartinform, 2009. 16 s.
13. Mandrovskiy K.P., Sadovnikova YA.S. Vliyanie skorosti mashiny na ravnomernost' raspredeleniya protivogololiodnykh reagentov // Mekhanizatsiya stroitel'stva. 2018. №4(79) S. 60-64. EDN: OUBPFT.
14. Aydin D., Akolpoglu M., Kizilel R., Kizilel S. Anti-icing Properties on Surfaces through a Functional Composite // Effect of Ionic Salts. ACS Omega. 2018. №3. R. 7934-7943. DOI: 10.1021/acsomega.8b00816.
15. Mandrovskiy K., Sadovnikova Y. The concept of functioning of the on-board quality control system for anti-icing pavement treatment // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1159. 2021. 012050. DOI:10.1088/1757-899X/1159/1/012050.

Dembovsky Ilya Andreevich

Oryol State Agrarian University
Address: 302019, Russia, Orel, Generala Rodina str., 69
Graduate student, teacher at the multidisciplinary college
E-mail: emilyenn@rambler.ru

Rodimtsev Sergey Aleksandrovich

Doctor of Technical Sciences
Oryol State University
Address: 302030, Orel, Moskovskaya str., 77
E-mail: rodimcew@yandex.ru

УДК: 629.331

doi:10.33979/2073-7432-2025-1-2(88)-101-107

Н.А. ЗАГОРОДНИЙ

ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЁЖНОСТЬ АВТОМОБИЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Аннотация. В работе рассмотрен один из самых важных параметров автомобиля, такой как эксплуатационная надёжность. В статье определяются методы, позволяющие продлить срок эксплуатации транспортного средства. Установлено: применение предлагаемых методов в статье, позволяет достичь максимальной эффективности технической эксплуатации, при этом минимизирует финансовые и временные расходы на содержание и замещение транспорта.

Ключевые слова: автомобильный транспорт, период эксплуатации автомобилей, эксплуатационная надёжность автомобилей, надёжность автомобилей, техническое обслуживание и ремонт автомобилей, срок службы автомобилей

Введение

Важную роль в удовлетворении потребностей мобильности населения занимает автомобильный транспорт, который позволяет обеспечить стабильное перемещение водителя, пассажиров и грузов, несмотря на присущую современным городам неоднородность пространственного размещения основных видов деятельности.

Парк транспортных средств неуклонно растёт. Основную долю занимают легковые автомобили. Важным вопросом на протяжении десятков лет является направление по развитию и функционированию транспортных систем. Аналитическое агентство «АВТОСТАТ» представило данные парка транспортных средств в нашей стране в период с 2010 года по 2020 год. Исходя из диаграммы, представленной на рисунке 1, наглядно виден процесс увеличения парка транспортных средств, исключением выступают автобусы и мотоциклы [1].



Рисунок 1 – Российский автопарк в период с 2010 года по 2020 год

Необходимо отметить, что данная диаграмма позволяет оценивать темпы автомобилизации населения страны, а также развитие структуры коммерческих связей. Транспортные средства, как и все промышленные изделия, обладают рядом эксплуатационных свойств и характеристик. Наиболее важными являются их качество и надёжность [2]. Надёжность подразумевает свойство автомобиля сохранять нормативные значения структурных параметров

за наиболее длительный период времени, при условии выполнения требований по эксплуатации, своевременному квалифицированному техническому обслуживанию и хранению. Данные требования предписывает завод-изготовитель транспортного средства [3].

При оценке эксплуатационной надёжности автомобилей необходимо учитывать их возраст и пробег. С течением времени автомобиль неизбежно вырабатывает свой ресурс, теряя свойство непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение определенного периода времени либо наработки [4]. Также важно учитывать, что понятие о неисправности автомобиля имеет ряд определений в зависимости от характера повреждений. Например, исправное транспортное средство соответствует требованиям нормативно-технической и конструкторской документации, а также требованиям, которые предписывают действующие правила дорожного движения. В тоже время существует такое понятие как работоспособный автомобиль, техническое состояние которого соответствует только требованиям правил дорожного движения [5].

Как правило, автопроизводители указывают эксплуатационный период своих автомобилей в течение 10 лет. Важно учитывать, что данный период времени не является гарантийным. Аналитическое агентство «АВТОСТАТ» предоставило данные о среднем возрасте парка легковых автомобилей по состоянию на 1 января 2021 года, что представлено на рисунке 2.



Рисунок 2 – Возрастная структура парка легковых автомобилей в России

Исходя из данных диаграммы наглядно видно, что средний возраст парка легковых автомобилей составляет 14 лет. Следовательно, для обеспечения безотказной работы данных транспортных средств необходимо к этому вопросу подходить более тщательно и ответственно [6].

Материал и методы

Перед тем как обозначить основные методы, которые могут предпринимать владельцы автомобилей для повышения эксплуатационной надёжности, стоит обозначить что основную работу в этом направлении должен предпринимать завод-изготовитель [7]. Поскольку надёжность автомобиля складывается из ряда параметров таких как долговечность, безотказность, ремонтпригодность, сохраняемость и в целом является способностью длительное время автомобилю работать без нарушения исходных параметров: малый объем операций и количества ремонтов, способность сохранять работу при условии частичных повреждений, сохранение ремонтпригодности, большие межремонтные интервалы и т.д. [8]. Все вышепе-

речисленное, в большей мере, закладывается при конструировании и производстве автомобиля. Исходя из действующего законодательства вмешиваться в конструкцию автомобиля запрещено, следовательно, устранить какие-либо конструктивные недочеты, тем самым повысить надёжность не представляется возможным [9].

Надёжность автомобиля в связи с многообразием определяющих признаков, обозначить единым числовым критерием затруднительно. Для определения надёжности используют ряд параметров и производных из них, например, таких как:

- частота отказов;
- длительность бесперебойной работы;
- закономерность увеличения частоты отказов за период эксплуатации;
- объем, стоимость и временные затраты, необходимые для устранения неисправностей [10].

Использование всех доступных конструктивных и технологических средств предотвращения и уменьшения износа выступает в качестве основного метода повышения надёжности, который предпринимают изготовители транспортных средств, например, такие как:

- 1) ограничение величин удельных давлений и контактных напряжений в сопрягаемых деталях;
- 2) ужесточение норм чистоты обработки трущихся поверхностей;
- 3) термическая обработка;
- 4) применение упрочняющих технологий, цементация, обкатывание, азотирование, нитроцементация, хромирование, газотермическое напыление и т.д.;
- 5) применение материалов, имеющих высокие антифрикционные свойства;
- 6) ужесточение требований для горюче-смазочных материалов;
- 7) применение эффективных защитных металлопокрытий и окраски [11].

В отдельный метод повышения надёжности транспортного средства стоит отнести обеспечение долговечности электрооборудования, поскольку наличие электронных блоков управления и блоков предохранителей прибавляют возможные места неисправностей. Данные электронные устройства обеспечивают работу самых разнообразных систем и узлов автомобиля, начиная от двигателя и коробки переменных передач, заканчивая системами ABS и ESP. Обеспечение надёжности электрооборудования очень важно, так как вследствие отказа детали либо элемента может привести к угрозе жизни. Основными факторами, влияющими на долговечность электрооборудования, являются:

- 1) температура. Существуют нормативные значения рабочего температурного диапазона для электрооборудования автомобиля в пределах от -40°C до $+125^{\circ}\text{C}$;
- 2) вибрации. Нормативные значения вибрации составляют до 3 г. Уровни удара до 20 г;
- 3) влажность. Электронные компоненты, предназначенные для установки в подкапотное пространство, должны обеспечивать защиту от влаги;
- 4) электромагнитные помехи. Электромагнитные помехи генерируются каждой системой. Как правило, это влияет на работу близлежащих элементов электрооборудования автомобиля [12].

Допустимым методом повышения эксплуатационной надёжности автомобиля, который могут предпринимать владельцы, является сокращение межсервисных интервалов проведения технического обслуживания. При эксплуатации нового автомобиля сократить межсервисный интервал не представляется возможным, так как это может повлиять на гарантийные обязательства завода-изготовителя, но при постгарантийном обслуживании увеличить ресурс узлов и агрегатов возможно. Немаловажную роль в надёжности автомобиля занимает квалификация водителя, а также климатические и дорожные условия.

Также в качестве допустимого метода повышения эксплуатационной надёжности можно отнести антикоррозионную обработку автомобиля, так как кузов является самым дорогостоящим элементом автомобиля, при этом обеспечивающая пассивную безопасность. Основными материалами применяемыми для защиты кузова от коррозии являются напыляе-

мые герметики, антигравийные материалы, материалы на основе битума, проникающие составы для скрытых полостей, шовные герметики и т.д.

Теория / Расчет

Неизбежно с течением времени происходит изнашивание узлов и агрегатов автомобиля. Первоначальные свойства, качества и параметры машины в процессе эксплуатации ухудшаются. Для моделирования показателя надежности транспортного средства используют расчет вероятности безотказной работы [13].

Первостепенной задачей при проведении расчета вероятности безотказной работы является построение структурно-функциональной схемы надежности, то есть разбор сложного механизма, в данном случае автомобиля, на блоки, сбой работы которых приведет к невозможности движения автомобиля по дорогам общего пользования [14, 15]. Выделение функциональных блоков легкового автомобиля:

1) трансмиссия. В состав трансмиссии могут входить такие системы как: сцепление (гидротрансформатор), коробка переменных передач, главная передача, дифференциал, полуоси, карданная передача, раздаточная коробка. Чтобы обеспечить точность расчётов, например, коробки переменных передач, а также сцепления выделяют в качестве отдельных блоков;

2) двигатель - устройство преобразования энергии в механическую работу, имеющее заявленный заводом-изготовителем ресурс, обозначенный в виде времени работы либо гарантированным пробегом;

3) рулевое управление;

4) тормозная система;

5) элементы электрооборудования автомобиля. Для расчёта надежности используют только те элементы электрооборудования, выход из строя которых ведет к невозможности движения автомобиля по дорогам общего пользования [16, 17].

Исходя из вышеперечисленного следует сделать вывод, что вероятность безотказной работы транспортного средства равна произведению вероятностей безотказной работы отдельных функциональных блоков.

Результаты

Жизненный цикл каждого транспортного средства возможно представить в виде графика представлено на рисунке 3.

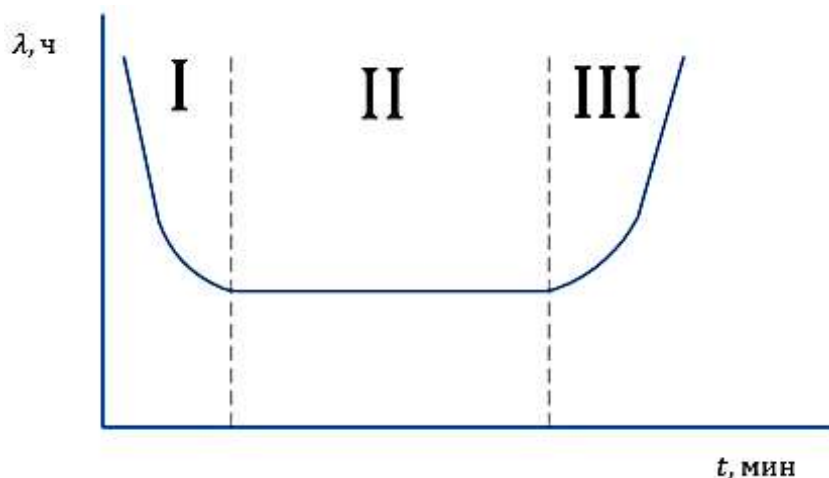


Рисунок 3 – Этапы эксплуатации транспортного средства:

λ - наработка на отказ, ч; t - время, мин; I – приработка, характеризующая процесс изменения поверхностей пар трения в начальный период эксплуатации; II – этап стабильной эксплуатации автомобиля, геометрические размеры пар трения которых находятся в паспортных значениях, предписанных заводом-изготовителем; III – этап физического, морального износа и повышенной интенсивности отказов.

Важно отметить, что для большинства коммерческого транспорта существуют техно-

логические карты капитального ремонта узлов и агрегатов автомобиля, позволяющих вернуть транспортное средство к первому этапу эксплуатации. А также существует агрегатный метод ремонта.

Обсуждение

В большинстве случаев любая современная модель легкового автомобильного транспорта имеет ресурс, позволяющий прослужить без серьезных дорогостоящих отказов, минимум 200 000 км пробега или около 10 лет, вероятно сменив несколько владельцев.

На практике при применении основных методов ухода за автомобилем, таких как своевременное техническое обслуживание и правильное хранение транспортного средства, автомобиль может эксплуатироваться более 300 000 км пробега.

Как только жизненный цикл автомобиля подходит к концу у владельца транспортного средства существует выбор между покупкой нового автомобиля либо восстановление имеющегося.

Преимущества покупки нового транспортного средства:

1) заводская гарантия. В случае возникновения неисправностей, связанных с заводским дефектом, будет произведен бесплатный ремонт, замена детали либо узла в сборе на новый;

2) более энергоэффективный и экологичный автомобиль. С каждым годом требования к экологичности автомобиля ужесточаются. Как правило, новые автомобили потребляют меньше топлива и используют топливо с наибольшим октановым числом;

3) комфорт. Чем современнее автомобиль, тем он более оснащен различного рода электронными помощниками и элементами комфорта;

4) надёжность и безопасность. Современные автомобили обладают большим количеством элементов пассивной и активной безопасности [18, 19].

Преимущества капитального ремонта транспортного средства:

1) экономия средств по сравнению с покупкой нового автомобиля, но стоит отметить, что вложенные средства существенно не повлияют на остаточную стоимость автомобиля;

2) увеличение срока службы автомобиля и т.д. [20].

Выводы

Подведя итоги, из всего выше указанного стоит сделать вывод, что главную роль в эксплуатационной надёжности автомобилей занимает завод-изготовитель, так как на этапе создания и производства закладывается ресурс узлов и агрегатов, а также обеспечивается их ремонтпригодность. Владелец автомобиля может влиять на его надёжность только косвенными методами, например, сокращением интервалов технического обслуживания, бережной эксплуатацией и хранением.

Также немаловажным является своевременная замена транспортного средства новым, так как моральный и физический износ является неизбежным этапом, ведущим к возрастающему количеству отказов, требующих на их устранение высоких материальных и временных затрат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Парк транспортных средств в России: как он изменился за 10 лет? [Электронный ресурс] / URL: <https://www.autostat.ru/infographics/43122/>.
2. Токарев А.Н. Основы теории надежности и диагностика: Учебное пособие. Барнаул: АлтГТУ, 2008. 226 с.
3. Аригин И.Н., Коновалов С.И., Баженов Ю.В. Техническая эксплуатация автомобилей: учебное пособие. Ростов н/Д: Феникс, 2004. 314 с.
4. О безопасности колесных транспортных средств: Технический регламент Таможенного союза № ТР ТС 018/2011 [Электронный ресурс] / сайт Евразийской экономической комиссии. 2012. URL: <http://www.tsouz.ru/db/techreglam/Documents/TR%20TS%20KolesnTrS.pdf>.
5. ГОСТ 33997-2016. Колесные транспортные средства. Требования к безопасности в эксплуатации и методы проверки; введ. 01.02.18. М.: Стандартинформ, 2017. 73 с.
6. Почти 60% легковых автомобилей в России – старше 10 лет [Электронный ресурс] / URL: <https://www.autostat.ru/infographics/47787/>.

7. Бышов Н.В., Кокорев Д.Г., Успенский А.И., Рембалович К.Г., Юхин А.И. Повышение эффективности технической эксплуатации автомобилей // Сельский механизатор. 2015. №7. С. 38-39.
8. Григорьев М.В., Демидов В.В. Применение эффективной стратегии технического обслуживания и ремонта автомобилей как способ повышения их эксплуатационной надежности // Инженерные решения. 2020. №6(16). С. 9-14.
9. Зайцев Е.И. Организация производства на предприятиях автомобильного транспорта. М.: Академия, 2008. 176 с.
10. Яхьяев Н.Я., Кораблин А.В. Основы теории надежности: Учебник. М.: Academia, 2014. 208 с.
11. Геленов А.А., Сочевко Т.И., Спиркин В.Г. Автомобильные эксплуатационные материалы // М.: Академия, 2012. 304 с.
12. Карунин А.Л. Конструкция автомобиля. Электрооборудование. Системы диагностики. М.: Горячая Линия - Телеком, 2005. 480 с.
13. Семькина А.С., Загородний Н.А., Андреева С.О. Организация технологических процессов технического обслуживания и диагностирования автомобилей // «Научные технологии и инновации»: Сборник результатов Международной научно-практической конференции (XXV научные чтения), посвященной 170-летию со дня рождения В.Г. Шухова, БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород. 2023. С. 1070-1075.
14. Вахламов В.К. Конструкция, расчет и эксплуатационные свойства автомобилей. М.: Академия, 2009. 560 с.
15. Загородний Н.А., Заяц Ю.А., Семькина А.С. Методика определения влияния пусковых режимов ДВС на изменение эксплуатационных характеристик двигателя // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. 2024. Т. 21. №1(95). С. 88-97.
16. Семькина А.С., Загородний Н.А. Определение рационального периода эксплуатации карьерного автомобильного транспорта // Мир транспорта и технологических машин. 2024. №3-2(86). С. 89-98.
17. Аметов В.А. Повышение эксплуатационной надежности агрегатов автотранспортных средств путем контроля и модифицирования смазочного масла: дис. ... д-ра техн.наук. Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2006. 382 с.
18. Басков В.Н., Игнатов А.В., Неволин А.А. Повышение безопасности эксплуатации автотранспортных средств с учетом показателей надежности водителя // Мир транспорта и технологических машин. 2023. №3-4(82). С. 83-89.
19. Горбань М.В., Павленко Е.А. Методы оценки и способы повышения эксплуатационной надёжности датчиков массового расхода воздуха двигателем // Надежность. 2017. Т. 17. №4(63). С. 44-48.
20. Заяц Ю.А. Основы теории надежности: учебник. Рязань: РВВДКУ, 2013. 277 с.

Загородний Николай Александрович

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

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

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

E-mail: n.zagorodnij@yandex.ru

N.A. ZAGORODNY

OPERATIONAL RELIABILITY OF VEHICLES DURING THEIR OPERATION

Abstract. The paper considers one of the most important parameters of the car, such as operational reliability. The article defines methods to extend the life of the vehicle. It is established that the application of the proposed methods in the article makes it possible to achieve maximum efficiency of technical operation, while minimizing financial and time costs for the maintenance and replacement of transport.

Keywords: automobile transport, period of operation of cars, operational reliability of cars, reliability of cars, maintenance and repair of cars, service life of cars

BIBLIOGRAPHY

1. Park transportnykh sredstv v Rossii: kak on izmenilsya za 10 let? [Elektronnyy resurs] / URL: <https://www.autostat.ru/infographics/43122/>.
2. Tokarev A.N. Osnovy teorii nadezhnosti i diagnostika: Uchebnoe posobie. Barnaul: AltGTU, 2008. 226 s.
3. Arinin I.N., Kononov S.I., Bazhenov YU.V. Tekhnicheskaya ekspluatatsiya avtomobiley: uchebnoe po-

sobie. Rostov n/D: Feniks, 2004. 314 s.

4. O bezopasnosti kolesnykh transportnykh sredstv: Tekhnicheskiy reglament Tamozhennogo soyuza № TR TS 018/2011 [Elektronnyy resurs] / sayt Evraziyskoy ekonomicheskoy komissii. 2012. URL: <http://www.tsouz.ru/db/techreglam/Documents/TR%20TS%20KolesnTrS.pdf>.

5. GOST 33997-2016. Kolesnye transportnye sredstva. Trebovaniya k bezopasnosti v ekspluatatsii i metody proverki; vved. 01.02.18. M.: Standartinform, 2017. 73 s.

6. Pochti 60% legkovykh avtomobiley v Rossii - starshe 10 let [Elektronnyy resurs] / URL: <https://www.autostat.ru/infographics/47787/>.

7. Byshov N.V., Kokorev D.G., Uspenskiy A.I., Rembalovich K.G., YUkhin A.I. Povyshenie effektivnosti tekhnicheskoy ekspluatatsii avtomobiley // Sel'skiy mekhanizator. 2015. №7. S. 38-39.

8. Grigor'ev M.V., Demidov V.V. Primenenie effektivnoy strategii tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta avtomobiley kak sposob povysheniya ikh ekspluatatsionnoy nadezhnosti // Inzhenernye resheniya. 2020. №6(16). S. 9-14.

9. Zaytsev E.I. Organizatsiya proizvodstva na predpriyatiyakh avtomobil'nogo transporta. M.: Akade-miya, 2008. 176 s.

10. YAk'h'yev N.YA., Korablin A.V. Osnovy teorii nadezhnosti: Uchebnik. M.: Academia, 2014. 208 s.

11. Gelenov A.A., Sochevko T.I., Spirkin V.G. Avtomobil'nye ekspluatatsionnye materialy // M.: Akademiya, 2012. 304 s.

12. Karunin A.L. Konstruktsiya avtomobilya. Elektrooborudovanie. Sistemy diagnostiki. M.: Goryachaya Liniya - Telekom, 2005. 480 s.

13. Semykina A.S., Zagorodniy N.A., Andreeva S.O. Organizatsiya tekhnologicheskikh protsessov tekhnicheskogo obsluzhivaniya i diagnostirovaniya avtomobiley // "Naukoemkie tekhnologii i innovatsii": Sbornik rezul'tatov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (XHV nauchnye chteniya), posvyashchennoy 170-letiyu so dnya rozhdeniya V.G. Shukhova, BG TU im. V.G. Shukhova. Belgorod. 2023. S. 1070-1075.

14. Vakhlamov V.K. Konstruktsiya, raschet i ekspluatatsionnye svoystva avtomobiley. M.: Akademiya, 2009. 560 s.

15. Zagorodniy N.A., Zayats YU.A., Semykina A.S. Metodika opredeleniya vliyaniya puskovykh rezhimov DVS na izmenenie ekspluatatsionnykh kharakteristik dvigatelya // Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo avtomobil'nodorozhnogo universiteta. 2024. T. 21. №1(95). S. 88-97.

16. Semykina A.S., Zagorodniy N.A. Opredelenie ratsional'nogo perioda ekspluatatsii kar'ernogo avtomobil'nogo transporta // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2024. №3-2(86). S. 89-98.

17. Ametov V.A. Povyshenie ekspluatatsionnoy nadezhnosti agregatov avtotransportnykh sredstv putem kontrolya i modifitsirovaniya smazochного masla: dis. ... d-ra tekhn.nauk. Tyumen': Tyumenskiy industrial'nyy universitet, 2006. 382 c.

18. Baskov V.N., Ignatov A.V., Nevolin A.A. Povyshenie bezopasnosti ekspluatatsii avtotransportnykh sredstv s uchetom pokazateley nadezhnosti voditelya // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2023. №3-4(82). S. 83-89.

19. Gorban' M.V., Pavlenko E.A. Metody otsenki i sposoby povysheniya ekspluatatsionnoy nadiozhnosti datchikov massovogo raskhoda vozdukha dvigatelem // Nadezhnost'. 2017. T. 17. №4(63). S. 44-48.

20. Zayats YU.A. Osnovy teorii nadezhnosti: uchebnik. Ryazan': RVVDKU, 2013. 277 s.

Zagorodny Nikolay Alexandrovich

Belgorod State Technological University

Address: 308012, Russia, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Candidate of technical sciences

E-mail: n.zagorodnij@yandex.ru

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 656.025

doi:10.33979/2073-7432-2025-1-2(88)-108-113

А.В. ГРИНЧЕНКО

КОНЦЕПЦИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ВНУТРИОБЛАСТНЫМИ ПАССАЖИРСКИМИ ПЕРЕВОЗКАМИ

***Аннотация.** Рассматривается вопрос о создании интеллектуальной системы поддержки принятия решений с целью повышения социально-экономической эффективности внутриобластных пассажирских автобусных перевозок. Основная задача системы заключается в выборе оптимального варианта организации маршрута движения автобуса в режиме реального времени. При этом маршрут может обслуживаться одним перевозчиком либо разделен на части между двумя перевозчиками.*

***Ключевые слова:** интеллектуальная система, поддержка принятия решений, маршрутная система, пассажирские перевозки, пассажирский транспорт, эффективность перевозок*

Введение

В настоящее время во многих странах и в России наблюдается тенденция к повышению привлекательности общественного пассажирского транспорта, как достойной альтернативе использованию личного транспорта, в том числе в поездках в пределах области или региона. Решению данной задачи может помочь применение современных сквозных цифровых технологий на транспорте для повышения качества транспортного обслуживания пассажиров. Вопросам создания и внедрения интеллектуальных систем в сферах организации движения, управления транспортными средствами и поддержки принятия управленческих решений уделяется повышенное внимание [12].

Сложность эффективного управления внутриобластными пассажирскими перевозками заключается в преимущественно стохастическом характере формирования пассажиропотоков и, следовательно, в неэффективности детерминированной системы принятия решений.

Материал и методы

В перевозках пассажиров по Липецкой области существует сформированная маршрутная система. Однако, перевозки часто бывают экономически неэффективными вследствие того, что на отдельных маршрутах или частях маршрутов наполняемость автобусов пассажирами не полная и достигает менее 50 %. Такая ситуация складывается в определенные периоды суток и дни недели. В связи с этим будет целесообразно принимать оперативное решение в режиме реального времени об организации перевозок на маршрутах. Здесь возможна реализация следующих мероприятий: введение интермодальных пассажирских перевозок, укороченных и длинных рейсов, корректировка расписаний движения транспорта. Маршрут может быть разделен на две части в пункте с большим пассажирообменом. При этом обе части маршрута может обслуживать как один перевозчик, так и два разных перевозчика. Решение об этом должно приниматься, исходя из текущей ситуации в режиме реального времени. И необходимо оперативное оповещение пассажиров об изменениях в работе пассажирского транспорта.

В рамках решения частной задачи предлагается все маршруты внутриобластной маршрутной сети разделить на маршруты, на которых возможны разные варианты организации движения автобусов, и на которых это не целесообразно. Если на маршруте присутствует крупный промежуточный населенный пункт с большим пассажирообменом, то на данном

маршруте можно реализовать разные варианты организации движения автобусов.

Для создания интеллектуальной системы поддержки принятия решений потребуется сформировать единую базу данных, содержащую полную информацию о внутриобластной маршрутной сети. Кроме того необходимо оборудование, позволяющее отправлять и получать информацию о местонахождении автобусов на маршрутах, количестве покупаемых пассажирами билетов на каждом остановочном пункте в режиме реального времени (рис. 1).

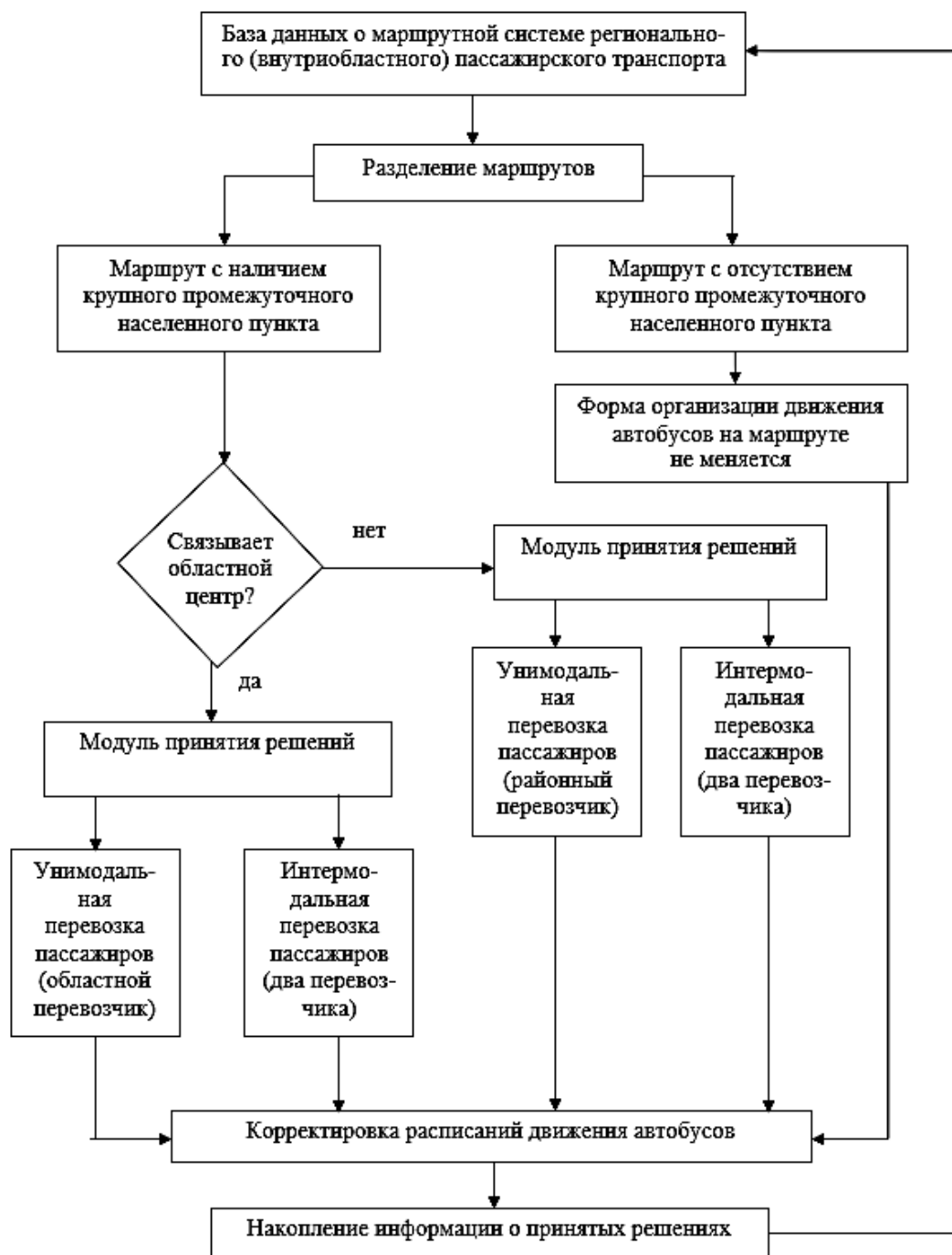


Рисунок 1 – Схема системы поддержки принятия решений

Принятие решения о форме организации пассажирских перевозок осуществляет диспетчер Центра управления внутриобластными пассажирскими перевозками на основе поступающей актуальной информации. Поступающая исходная информация и принятые на ее основе управленческие решения накапливаются в соответствующей базе данных. С течением времени в процессе накопления информации возможно машинное обучение системы и ее интеллектуализация. В результате система может рекомендовать оптимальные варианты ре-

шения диспетчеру, а впоследствии принимать и реализовывать управленческие решения самостоятельно.

Теория / Расчет

Решение о разделении маршрута на две части и обслуживании его двумя перевозчиками принимается, исходя из социально-экономической эффективности. Целевая функция задачи состоит в сокращении суммарных затрат пассажиров, перевозчика и общества в целом

$$F = \sum Z = (Z_{\text{пас}} + Z_{\text{пер}} + Y_{\text{эк}}) \rightarrow \min, \quad (1)$$

где $Z_{\text{пас}}$ – стоимость затрат пассажиров, совершающих поездку от начальной до конечной остановки маршрута, руб.;

$Z_{\text{пер}}$ – стоимость затрат перевозчика по обслуживанию маршрута, руб.;

$Y_{\text{эк}}$ – величина эколого-экономического ущерба от эксплуатации автобусов на маршруте, руб.

Стоимость затрат пассажиров, совершающих поездку от начальной до конечной остановки маршрута, в базовом варианте

$$Z_{\text{пас}} = (C_{\text{пр}} + T_{\text{п}} \cdot C_{\text{п-ч}}) \cdot Q, \quad (2)$$

где $C_{\text{пр}}$ – стоимость проезда по маршруту, руб.;

$T_{\text{п}}$ – время поездки по маршруту до конечной остановки, ч;

$C_{\text{п-ч}}$ – стоимостная оценка пассажиро-часа, руб./ч;

Q – количество пассажиров, совершающих поездку от начальной до конечной остановки маршрута, чел.

Стоимость затрат пассажиров, совершающих поездку от начальной до конечной остановки маршрута, в новом варианте

$$Z_{\text{пас}} = \left(C_{\text{пр1}} + C_{\text{пр2}} + \left(T_{\text{п1}} + \frac{T_{\text{ож}}}{60} + T_{\text{п2}} \right) \cdot C_{\text{п-ч}} \right) \cdot Q, \quad (3)$$

где $C_{\text{пр1}}$ и $C_{\text{пр2}}$ – стоимость проезда соответственно от начального пункта до пункта пересадки и от пункта пересадки до конечного пункта, руб.;

$T_{\text{п1}}$ и $T_{\text{п2}}$ – время поездки соответственно от начального пункта до пункта пересадки и от пункта пересадки до конечного пункта, ч;

$T_{\text{ож}}$ – время ожидания автобуса в пункте пересадки, мин.

Затраты перевозчика по обслуживанию маршрута определяются в соответствии с калькуляцией себестоимости перевозок [6].

Величина эколого-экономического ущерба от эксплуатации автобусов по маршруту определяется в соответствии с методикой, изложенной в работе [7].

Социально-экономический эффект от принятия решения о разделении маршрута на две части и введении интермодальной перевозки определяется по формуле:

$$\Xi_{\text{год}} = \sum Z_1 - \sum Z_2, \quad (4)$$

где $\sum Z_1$ и $\sum Z_2$ – соответственно суммарные затраты на реализацию первого и второго вариантов обслуживания внутриобластного маршрута, определяемые по формуле (1), руб.

Схема функционирования модуля принятия решений о введении интермодальной перевозки представлена на рисунке 2.

Результаты и обсуждение

Для работы интеллектуальной системы поддержки принятия решений необходимо создание Центра управления внутриобластными пассажирскими перевозками, в котором должна содержаться информация о всей внутриобластной маршрутной сети, расписаниях движения автобусов, перевозчиках, подвижном составе, тарифах на проезд и др. Кроме того, в этот Центр должна в режиме реального времени поступать информация о количестве пассажиров, купивших билеты на автобус.

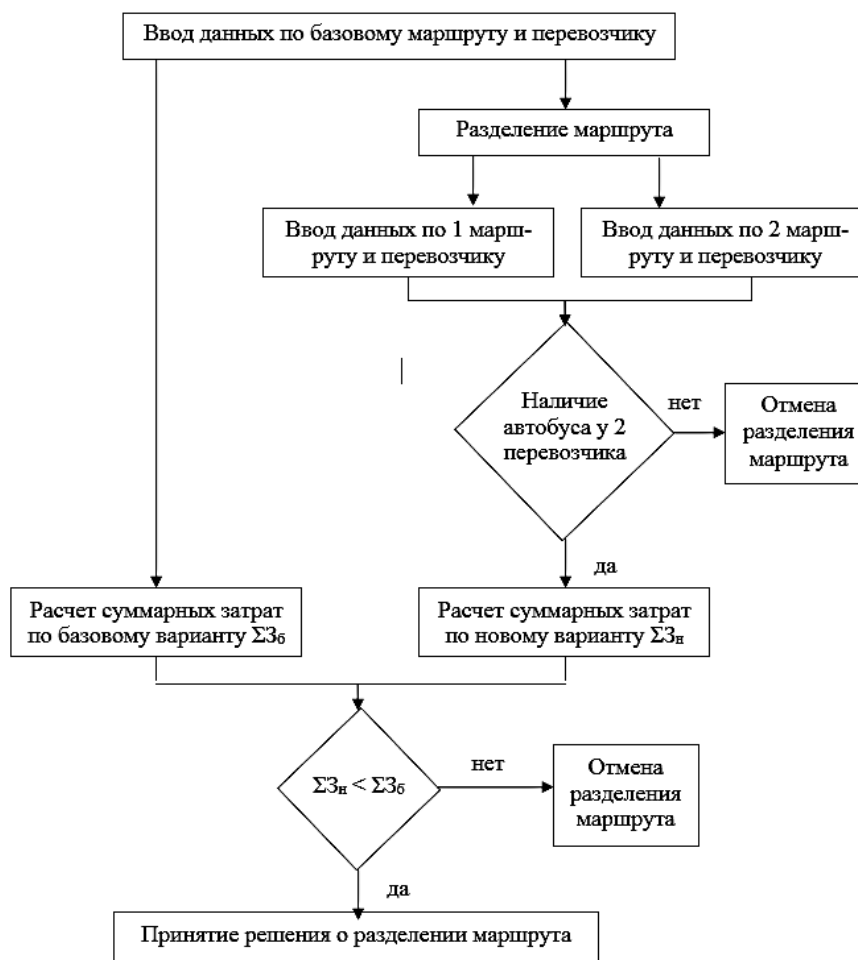


Рисунок 2 – Схема функционирования модуля принятия решений

Поступившая информация обрабатывается и системой принимается решение об одном из вариантов обслуживания маршрута. Вариант разделения обслуживания маршрута между двумя перевозчиками будет возможен только при условии наличия свободного автобуса у перевозчика на необходимый период времени для обслуживания второй части маршрута. Если это условие выполняется, то рассчитываются суммарные затраты всех участников транспортного процесса. Вариант введения интермодальной перевозки и разделения обслуживания маршрута между двумя перевозчиками будет выбран в случае сокращения суммарных затрат.

Важным моментом является своевременное информирование пассажиров об изменениях в маршрутной системе посредством информационных табло на автовокзалах, автостанциях, маршрутных автобусах, а также в приложениях для смартфонов. Для повышения качества транспортного обслуживания пассажир должен иметь возможность построить свой маршрут в системе по критерию сокращения транспортных затрат. Кроме того, помимо получения актуальной информации о наличии, местонахождении и времени прибытия автобусов, пассажир может получать информацию о наличии свободных мест в автобусе.

В процессе работы интеллектуальной системы маршрутная система регулярно корректируется с учетом текущей ситуации и постепенно приходит к своему оптимальному состоянию. В результате возможно введение обоснованных изменений, связанных с укорочением или удлинением трасс маршрутов, количеством выходов и вместимостью автобусов на маршрутах, расписаниями движения автобусов.

Выводы

Предлагаемая концепция интеллектуальной системы поддержки принятия решений при управлении внутриобластными пассажирскими перевозками позволит:

- определить оптимальный вариант организации транспортного обслуживания пассажиров в маршрутной системе: унимодальная или интермодальная перевозка, с точки зрения сокращения суммарных экономических затрат;
- скорректировать расписания движения автобусов, работу перевозчиков в режиме реального времени и предоставить актуальную информацию пассажирам для планирования поездки;
- сократить количество вредных выбросов в результате эксплуатации на маршрутах более рационального подвижного состава.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев В.М. и [др.] Построение архитектуры интеллектуальной системы управления городской рельсовой транспортной системой // Мир транспорта. 2021. Т. 19. №1(92). С. 18-46. DOI: 10.30932/1992-3252-2021-19-1-18-46.
2. Афанасьев А.С., Шаммазов И.А., Кузнецова Е.А. Методика формирования интеграционной платформы функционирования транспортной системы наземного городского пассажирского транспорта // Мир транспорта и технологических машин. 2023. №4-2 (83). С. 61-69. DOI: 10.33979/2073-7432-2023-4-2(83)-61-69.
3. Булатова О.Ю. Определение основных функций ИТС при организации дорожного движения во время проведения городских массовых мероприятий // Мир транспорта и технологических машин. 2022. №3-2(78). С. 63-68. DOI: 10.33979/2073-7432-2022-2(78)-3-63-68.
4. Васильева М.Е., Волкова Е.М., Романов А.С. Интеллектуальные транспортные системы в российских агломерациях: сущность, структура и направления развития // Инновационные транспортные системы и технологии. 2023. Т. 9. №4. С. 117-128. DOI: 10.17816/transsyst202394117-128.
5. Емельянов И.П. [и др.]. Использование интеллектуальных транспортных систем для повышения экологической безопасности автомобильного транспорта в курской области // Мир транспорта и технологических машин. 2023. №1-1(80). С. 103-111. DOI: 10.33979/2073-7432-2023-1(80)-1-103-111.
6. Корчагин В.А., Гринченко А.В., Сысоев Д.К. Повышение социально-экономической эффективности внутриобластных пассажирских перевозок // Аграрный научный журнал. 2016. №12. С. 55-57. EDN: XHIXCL.
7. Корчагин В.А., Гринченко А.В. Распределение автобусов по маршрутам движения с учетом вреда окружающей среде // Аграрный научный журнал. 2015. №9. С. 40-43. EDN: UJURPN.
8. Кригер Л.С. Интеллектуальная система поддержки принятия решений при управлении движением общественного транспорта // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2012. №2. С. 150-155. EDN: PAJWZX..
9. Меренков А.О. Транспортные системы городов: развитие пассажирских сервисов цифрового типа // Транспортное дело России. 2019. №6. С. 73-75. EDN: NCPLZF.
10. Морозов Д.Ю. Роль качественных матриц корреспонденций в перспективных интеллектуальных транспортных системах // Мир транспорта и технологических машин. 2019. №4(67). С. 82-87. EDN: RPIDST.
11. Новиков А.Н. [и др.]. Проблемы внедрения интеллектуальных транспортных систем в регионах // Мир транспорта и технологических машин. 2021. №1(72). С. 47-54. DOI: 10.33979/2073-7432-2021-72-1-47-54.
12. Новиков А.Н. [и др.]. Применение интеллектуальных транспортных систем (ИТС) для повышения эффективности функционирования городского общественного транспорта // Мир транспорта и технологических машин. 2013. №1(40). С. 85-90. EDN: RBWAWR.
13. Семкин А.Н., Шевляков А.Н. Опыт внедрения систем координации движения общественного транспорта на примере орловской городской агломерации // Мир транспорта и технологических машин. 2023. №1-1(80). С. 50-59. DOI: 10.33979/2073-7432-2023-1(80)-1-50-59.
14. Шемякин А.В. [и др.]. Основные направления транспортной доступности в городах // Транспортное дело России. 2019. №4. С. 111-113. EDN: RKKMFL.
15. Швецова Е.В., Пролиско Е.Е., Шуть В.Н. Планирование и организация процесса перевозки в пассажирской информационно-транспортной системе // Математические методы в технологиях и технике. 2021. № 4. С. 111-118. DOI: 10.52348/2712-8873_MMTT_2021_4_111.

Гринченко Александр Викторович

Липецкий государственный технический университет

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

К.т.н., доцент

E-mail: grinchenko_av@stu.lipetsk.ru

A.V. GRINCHENKO

THE CONCEPT OF AN INTELLIGENT DECISION SUPPORT SYSTEM FOR MANAGING INTRA-REGIONAL PASSENGER TRANSPORTATION

Abstract. *The issue of creating an intelligent decision support system is being considered in order to increase the socio-economic efficiency of intra-regional passenger bus transportation. The main task of the system is to select the optimal option for organizing the route of the bus in real time. In this case, the route can be served by one carrier or divided into parts between two carriers.*

Keywords: *intelligent system, decision support, route system, passenger transportation, passenger transport, transportation efficiency*

BIBLIOGRAPHY

1. Alekseev V.M. i [dr.] Postroenie arkhitektury intellektual'noy sistemy upravleniya gorodskoy rel'sovoy transportnoy sistemoy // *Mir transporta*. 2021. T. 19. №1(92). S. 18-46. DOI: 10.30932/1992-3252-2021-19-1-18-46.
2. Afanas'ev A.S., Shammazov I.A., Kuznetsova E.A. Metodika formirovaniya integratsionnoy plat-formy funktsionirovaniya transportnoy sistemy nazemnogo gorodskogo passazhirskogo transporta // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. 2023. №4-2 (83). S. 61-69. DOI: 10.33979/2073-7432-2023-4-2(83)-61-69.
3. Bulatova O.YU. Opredelenie osnovnykh funktsiy ITS pri organizatsii dorozhnogo dvizheniya vo vremya provedeniya gorodskikh massovykh meropriyatiy // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. 2022. №3-2(78). S. 63-68. DOI: 10.33979/2073-7432-2022-2(78)-3-63-68.
4. Vasil'eva M.E., Volkova E.M., Romanov A.S. Intellektual'nye transportnye sistemy v rossiyskikh aglomeratsiyakh: sushchnost', struktura i napravleniya razvitiya // *Innovatsionnye transportnye sistemy i tekhnologii*. 2023. T. 9. №4. S. 117-128. DOI: 10.17816/transsyst202394117-128.
5. Emel'yanov I.P. [i dr.]. Ispol'zovanie intellektual'nykh transportnykh sistem dlya povysheniya ekologicheskoy bezopasnosti avtomobil'nogo transporta v kurskoy oblasti // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. 2023. №1-1(80). S. 103-111. DOI: 10.33979/2073-7432-2023-1(80)-1-103-111.
6. Korchagin V.A., Grinchenko A.V., Sysoev D.K. Povyshenie sotsial'no-ekonomicheskoy effektivnosti vnutrioblastnykh passazhirskikh perevozok // *Agrarnyy nauchnyy zhurnal*. 2016. №12. S. 55-57. EDN: XHIXCL.
7. Korchagin V.A., Grinchenko A.V. Raspredelenie avtobusov po marshrutam dvizheniya s uchetom vreda okruzhayushchey srede // *Agrarnyy nauchnyy zhurnal*. 2015. №9. S. 40-43. EDN: UJURPN.
8. Kriger L.S. Intellektual'naya sistema podderzhki prinyatiya resheniy pri upravlenii dvizheniem obshchestvennogo transporta // *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatika. 2012. №2. S. 150-155. EDN: PAJWZX..
9. Merenkov A.O. Transportnye sistemy gorodov: razvitie passazhirskikh servisov tsifrovogo tipa // *Transportnoe delo Rossii*. 2019. №6. S. 73-75. EDN: NCPLZF.
10. Morozov D.YU. Rol' kachestvennykh matrits korrespondentsiy v perspektivnykh intellektual'nykh transportnykh sistemakh // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. 2019. №4(67). S. 82-87. EDN: RPIDST.
11. Novikov A.N. [i dr.]. Problemy vnedreniya intellektual'nykh transportnykh sistem v regionakh // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. 2021. №1(72). S. 47-54. DOI: 10.33979/2073-7432-2021-72-1-47-54.
12. Novikov A.N. [i dr.]. Primenenie intellektual'nykh transportnykh sistem (ITS) dlya povysheniya effektivnosti funktsionirovaniya gorodskogo obshchestvennogo transporta // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. 2013. №1(40). S. 85-90. EDN: RBWAWR.
13. Semkin A.N., Shevlyakov A.N. Opyt vnedreniya sistem koordinatsii dvizheniya obshchestvennogo transporta na primere orlovskoy gorodskoy aglomeratsii // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. 2023. №1-1(80). S. 50-59. DOI: 10.33979/2073-7432-2023-1(80)-1-50-59.
14. Shemyakin A.V. [i dr.]. Osnovnye napravleniya transportnoy dostupnosti v gorodakh // *Transportnoe delo Rossii*. 2019. №4. S. 111-113. EDN: RKKMFL.
15. SHvetsova E.V., Prolisko E.E., Shut' V.N. Planirovanie i organizatsiya protsessa perevozki v passazhirskoy informatsionno-transportnoy sisteme // *Matematicheskie metody v tekhnologiyakh i tekhnike*. 2021. № 4. S. 111-118. DOI: 10.52348/2712-8873_MMTT_2021_4_111.

Grinchenko Alexander Viktorovich

Lipetsk State Technical University

Address: 398055, Russia, Lipetsk, Moskovskaya str., 30

Candidate of Technical Sciences

E-mail: grinchenko_av@stu.lipetsk.ru

УДК 621.113

doi:10.33979/2073-7432-2025-1-2(88)-114-118

В.В. ЕПИФАНОВ, С.Е. ВИЗГАЛИН, А.О. СТАТЕНИН

ОБОСНОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА В СИСТЕМЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ БЕСПИЛОТНОГО АВТОМОБИЛЯ

Аннотация. В статье рассмотрена структура и системы функционирования беспилотного автомобиля (СФБА). СФБА представляет собой совокупность системы управления беспилотным автомобилем, транспортно-цифровой инфраструктуры, внешней среды. Необходимый и достаточный набор показателей качества для оценки транспортных услуг в СФБА определен на основе существующих стандартов по качеству транспортных услуг на автомобильном транспорте.

Ключевые слова: беспилотный автомобиль, система, показатель, качество, стандарт

Введение

В настоящее время достаточно много компаний в мире создали вполне работоспособные модели беспилотных автомобилей (БА), для которых организовано экспериментальное движение в аэропортах, университетских кампусах, парках, на выделенных полосах автомобильных дорог и т.п. В них применены современные технические средства и разработано оригинальное программное обеспечение [1-4].

Более сложную и трудоемкую задачу представляет создание соответствующей БА системы функционирования беспилотного автомобиля (СФБА), которая поэтапно должна быть внедрена на городских улицах и автомобильных магистралях. На первых этапах БА вероятно придется двигаться в потоках с значительным числом традиционного автомобильного и электротранспорта. Кроме того, имеет место несоответствие дорог и их технического обустройства, различной внешней среды, отсутствия интеллектуальных систем управления и др. В Российской Федерации внедряется пионерский проект строительства автомагистрали М-11 «Нева» с возможностью организации движения беспилотных автопоездов.

Важным является решение проблемы по созданию эффективной СФБА [5].

Материал и методы

По реализуемым функциям СФБА является развитием традиционной системы «водитель-автомобиль-дорога-среда (ВАДС)» для условий БА (рис. 1) [6]. При этом СФБА нивелирует недостатки человеческого фактора, повышает надежность и безопасность организации дорожного движения БА.



Рисунок 1 – Взаимосвязь систем ВАДС и СФБА: СУБА – система управления БА; СБА – беспилотный автомобиль; ИБА – инфраструктура БА; СРБА – среда БА

СУБА включает технические и программные средства для управления на дороге БА (лидары, датчики, радары, программные блоки, система позиционирования с применением спутниковой навигационной системы и др.) СБА состоит из транспортной платформы с различными силовыми агрегатами, модифицированным рулевым управлением, трансмиссией и другими агрегатами. ИБА – это совокупность дорожно-транспортной и цифровой инфраструктуры. Дорожно-транспортная инфраструктура в городах должна иметь соответствующую для БА улично-дорожную сеть с соответствующими техническими средствами, на автомобильных магистралях инженерное обустройство достаточные для функционирования БА. Такой инфраструктуры в городах Российской Федерации сегодня практически нет. Цифровая (сетевая) инфраструктура предназначена для эффективного и безопасного взаимодействия между транспортными средствами и обмена данными с инфраструктурой [7, 8]. Цифровая инфраструктура состоит из технических средств (контроллеры, детекторы, радары, камеры и др.) и программного обеспечения, включая интеллектуальные транспортные системы [9].

СРБА учитывает климатические условия и обустройство автомобильных дорог.

Важное значение при создании и эксплуатации СФБА имеет оценка удовлетворенности потребителей качеством транспортных услуг, предоставляемых в СФБА [10]. Проблема заключается в том, что нет четких стандартов определения и требований к самой СФБА и показателей качества ее деятельности.

Поэтому качество деятельности СФБА нами предлагается оценить через номенклатуру показателей качества транспортных услуг, действующих в настоящее время в перевозках автомобильным транспортом.

Теория / Расчет

Показатели качества отражают мнение потребителя о предоставляемой транспортной услуге. Это относится к этапам создания и эксплуатации СФБА.

Для взаимосвязи с потребителями транспортных услуг в СФБА создана методика, позволяющая оценить их удовлетворенность качеством автономных перевозок.

Методика состоит из двух основных этапов:

- анализ, обобщение и выбор показателей качества транспортных услуг в СФБА;
- оценка показателей качества (оценка удовлетворенности требований потребителей).

Сегодня создание СФБА находится на уровне разработки, испытаний, строительства. Требования потребителей к СФБА вообще не проработаны. Поэтому в данных условиях в качестве требований потребителей нами предложено принять требования к транспортным услугам и показателям качества, изложенным в существующих отечественных и зарубежных стандартах [11-17].

На данном этапе необходимо обосновать необходимый и достаточный набор показателей качества. Для этого нужно объединить одинаковые показатели качества из всех стандартов. Всего в семи стандартах приведено 46 показателей качества.

Для оценки качества транспортных услуг в СФБА необходимо сформировать комплекс показателей качества, т.е. решить задачу создания рационального их набора и являющихся наиболее информативными. Требуется решить задачу, связанную с оценкой некоторой совокупности признаков [18], отвечающих принципу необходимости и достаточности отбора этих признаков. Из теории множеств данную задачу можно представить как наложение множества $P = (p_1, \dots, p_i)$ требований потребителей транспортных услуг в СФБА на множество показателей качества $K = (k_1, \dots, k_i)$ [19].

Представим многозначное отображение x множества P требований потребителей во множество K показателей качества:

$$x : P \rightarrow K.$$

Каждому фактору p_i множества P при отображении x сопоставляется один или несколько элементов k_i множества K , которое в той или иной степени влияют на p_i .

Образ $x(p_i)$ каждого P требования потребителей $p_i \in P$ по множеству K формируется как подмножество показателей качества, сопоставляемых при отображении x элементу p_i :

$$x(p_i) = \{k_i\} \in K,$$

где $\{k_i\}$ - подмножество показателей качества, определяющих p_i (или являющихся наиболее информативными для p_i).

Определить значимые требования потребителей $(p_1, \dots, p_i) \in P$ по отображению x , можно путем объединения всех образов $x(p_i)$ по множеству K :

$$U_{m \in M} x(p_i) = \{ k_i / \exists m (m \in M) \wedge i \in v(y_i) \},$$

где M - множество образов элементов $(p_1, \dots, p_i) \in P$ при отображении x ;

m - элементы множества M .

Комплекс показателей качества K_1 определим через область значений отображения x :

$$K_1 = \{ (U_{m \in M} x(p_i) \in K) \} \subseteq K.$$

Условием согласования i -того показателя качества i -тому требованию потребителей при отображении x является степень его влияния (значимости) на i -ый параметр СФБА. Решить задачу выявления наиболее информативных показателей качества для СФБА с точки зрения удовлетворенности потребителей в настоящее время не реально, так как отсутствуют действующие СФБА и ее потребители.

Результаты

Вместе с тем, наиболее важные показатели качества можно выделить по их распространенности (значимости) в стандартах. В таблице 1 приведены обобщенные показатели качества и число стандартов, в которых они присутствуют.

Таблица 1 – Требования к транспортным услугам в СФБА

№	Показатели качества	Число стандартов в которых присутствует данный показатель
1	Экономические услуги	3
2	Информационность услуги	5
3	Комфортность услуги	5
4	Скорость перемещения	1
5	Своевременность услуги	7
6	Безопасность услуги	5
7	Надежность услуги	5
8	Профессиональная пригодность исполнителей транспортных услуг	1
9	Доступность услуг	3
10	Наличие услуги	2
11	Воздействие на окружающую среду	1
12	Сохранность груза и багажа	3
13	Комплексность транспортных услуг	2
14	Соблюдение расписания регулярных перевозок	1

Видно, что в существующих стандартах наиболее часто указываются требования: своевременность, комфортность, безопасность транспортных услуг, информационное обслуживание, сохранность груза и багажа.

На основе анализа Парето [20] получим, что восемь показателей качества составляют в сумме 80 % значимости всех показателей (табл. 2).

Таблица 2 – Наиболее значимые требования к транспортным услугам в СФБА

№	Значимые показатели качества	Число в стандартах, кол.	Число в стандартах, %.
1	Своевременность услуги	7	15
2	Безопасность услуги	5	11
3	Информационность услуги	5	11
4	Комфортность услуги	5	11
5	Надежность услуги	5	11
6	Экономичность услуги	3	6,7
7	Доступность услуг	3	6,7
8	Сохранность груза и багажа	3	6,7
Итого		36	80

Выводы

Таким образом, на данном этапе целесообразно принять показатели качества, представленные в таблице 2, как показатели качества транспортных услуг в СФБА.

Оценить качество и мониторинг транспортных услуг в СФБА можно путем анкетного

опроса потребителей. Однако в настоящее время отсутствуют действующие СФБА. Можно реализовать прогнозный опрос специалистов и потребителей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шадрин С.С. Методология создания систем управления движением автономных колесных транспортных средств, интегрированных в интеллектуальную транспортную среду: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. М., 2017. 34 с.
2. Климов А.А., Покусаев О.Н., Куприяновский В.П., Намиот Д.Е. Архитектура автономных (беспилотных) автомобилей и инфраструктура для их эксплуатации // Современные информационные технологии и ИТ-технологии. 2018. Т. 14. №3. С. 711-720.
3. Минделл Д. Восстание машин отменяется! Мифы о роботизации. М.: Альпина нонфикшн, 2016. 310 с.
4. Могилевкин И.М. Транспорт и коммуникации. Прошлое, настоящее, будущее. М.: Наука, 2005. 357 с.
5. Епифанов В.В., Гусев С.И., Никитина Е.Н. Проблемы функционирования беспилотных автотранспортных средств // Мир транспорта и технологических машин. 2022. №4-2(79). С. 132-138.
6. Степанов И.С., Покровский Ю.Ю., Ломакин В.В., Москалева Ю.Г. Влияние элементов системы водитель - автомобиль - дорога - среда на безопасность дорожного движения: учебное пособие. М.: МГТУ «МАМИ», 2011. 171 с.
7. Задорожная А.А., Киричек Р.В. Функциональная архитектура сетевой инфраструктуры беспилотного автотранспорта [Электронный ресурс]. URL: <https://conf-ntores.etu.ru>.
8. Комаров В.В., Гараган С.А. Архитектура и стандартизация телематических и интеллектуальных транспортных систем. Зарубежный опыт и отечественная практика. М.: НТБ «Энергия», 2012. 158 с.
9. Климов А.А., Покусаев О.Н., Куприяновский В.П., Намиот Д.Е. Архитектура автономных (беспилотных) автомобилей и инфраструктура для их эксплуатации // Современные информационные технологии и ИТ-технологии. 2018. Т. 14. №3. С. 711-720.
10. Адлер Ю.П. Восемь принципов, которые изменяют мир // Разработка и сертификация систем качества в России. Стратегия, проблемы, рынок услуг: Сборник статей и справочных материалов к внедрению стандартов ИСО серии 9000 версии 2000 г. М.: РИА «Стандарты и качество». 2001. 156 с.
11. ГОСТ Р 51006-96. Услуги транспортные. Термины и определения. М.: Госстандарт России, 1996. 12 с.
12. ГОСТ Р 51825-2001. Услуги пассажирского автомобильного транспорта. Общие требования. М.: Госстандарт России, 2001. 18 с.
13. ГОСТ Р 51004 - 96 Услуги транспортные. Пассажирские перевозки. Номенклатура показателей качества. М.: Госстандарт России, 1996. 15 с.
14. ГОСТ Р 51005-96. Услуги транспортные. Перевозки грузов. Номенклатура показателей качества. М.: Госстандарт России, 1996. 22 с.
15. Об утверждении социального стандарта транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом: Распоряжение Минтранса России от 31.01.2017 № НА-19-р (ред. от 10.03.2021) [Электронный ресурс]. URL: http://www.rosavtodor.ru/doc/transstrateg_221120132_r.zip.
16. European Committee for Standardization. EN 13816:2002. Transportation – Logistics and services – public passenger transport – Service quality definition, targeting and measurement.
17. ГОСТ Р 52298-2004. Услуги транспортно-экспедиторские. Общие требования. М.: Стандартинформ, 2004. 25 с.
18. ГОСТ Р Системы менеджмента качества. Требования. М.: Стандартинформ, 2004. 24 с.
19. Статистические методы анализа экспертных оценок. М.: Наука, 1977. 384 с.
20. Александров П.С. Введение в теорию множеств и общую топологию. М.: Наука, 1977. 367 с.

Епифанов Вячеслав Викторович

Ульяновский государственный технический университет
Адрес: 432700, Россия, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, д. 32
Д.т.н., профессор кафедры «Автомобили»
E-mail: v.epifanov73@mail.ru.

Визгалин Сергей Евгеньевич

Ульяновский государственный технический университет
Адрес: 432700, Россия, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, д. 32
Аспирант
E-mail: vizgalin-sergei@mail.ru

Статенин Алексей Олегович

Ульяновский государственный технический университет
Адрес: 432700, Россия, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, д. 32
Аспирант
E-mail: alineri@mail.ru

V.V. EPIFANOV, S.E. VIZGALIN, A.O. STATENIN

SUBSTANTIATION OF QUALITY INDICATORS IN THE SYSTEM OF FUNCTIONING OF AN UNMANNED VEHICLE

Abstract. *The article examines the relationship between the driver-car-road-environment (VADS) system and the self-driving car (SFBA) functioning system. The SFBA is a combination of transport and digital infrastructure. The necessary and sufficient set of quality indicators for evaluating transport services in the SFBA is determined on the basis of existing standards for the quality of transport services in road transport.*

Keywords: *self-driving car, system, indicator, quality, standard*

1. Shadrin S.S. Metodologiya sozdaniya sistem upravleniya dvizheniem avtonomnykh kolesnykh transportnykh sredstv, integrirovannykh v intellektual'nyy transportnyy sredu: avtoref. dis. ... d-ra tekhn. nauk. M., 2017. 34 s.
2. Klimov A.A., Pokusaev O.N., Kupriyanovskiy V.P., Namiot D.E. Arkhitektura avtonomnykh (bespilotnykh) avtomobiley i infrastruktura dlya ikh ekspluatatsii // *Sovremennye informatsionnye tekhnologii i IT-tekhnologii*. 2018. T. 14. №3. S. 711-720.
3. Mindell D. Vosstanie mashin otmenyaetsya! Mify o robotizatsii. M.: Al'pina nonfikshn, 2016. 310 s.
4. Mogilevkin I.M. Transport i kommunikatsii. Proshloe, nastoyashchee, budushchee. M.: Nauka, 2005. 357 s.
5. Epifanov V.V., Gusev S.I., Nikitina E.N. Problemy funktsionirovaniya bespilotnykh avtotransportnykh sredstv // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. 2022. №4-2(79). S. 132-138.
6. Stepanov I.S., Pokrovskiy YU.YU., Lomakin V.V., Moskaleva YU.G. Vliyaniye elementov sistemy vodi-tel' - avtomobil' - doroga - sreda na bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya: uchebnoye posobie. M.: MGTU "MAMI", 2011. 171 s.
7. Zadorozhnyaya A.A., Kirichek R.V. Funktsional'naya arkhitektura setevoy infrastruktury bespilotnogo avto-transporta [Elektronnyy resurs]. URL: <https://conf-ntores.etu.ru>.
8. Komarov V.V., Garagan S.A. Arkhitektura i standartizatsiya telematicheskikh i intellektual'nykh transportnykh sistem. Zarubezhnyy opyt i otechestvennaya praktika. M.: NTB "Energiya", 2012. 158 s.
9. Klimov A.A., Pokusaev O.N., Kupriyanovskiy V.P., Namiot D.E. Arkhitektura avtonomnykh (bespilotnykh) avtomobiley i infrastruktura dlya ikh ekspluatatsii // *Sovremennye informatsionnye tekhnologii i IT-tekhnologii*. 2018. T. 14. №3. S. 711-720.
10. Adler YU.P. Vosem' printsipov, kotorye izmenyayut mir // *Razrabotka i sertifikatsiya sistem kache-stva v Rossii. Strategiya, problemy, rynek uslug: Sbornik statey i spravochnykh materialov k vnedreniyu standartov ISO serii 9000 versii 2000 g.* M.: RIA "Standarty i kachestvo". 2001. 156 s.
11. GOST R 51006-96. Uslugi transportnye. Terminy i opredeleniya. M.: Gosstandart Rossii, 1996. 12 s.
12. GOST R 51825-2001. Uslugi passazhirskogo avtomobil'nogo transporta. Obshchie trebovaniya. M.: Gosstandart Rossii, 2001. 18 s.
13. GOST R 51004 - 96 Uslugi transportnye. Passazhirskie perevozki. Nomenklatura pokazateley ka-chestva. M.: Gosstandart Rossii, 1996. 15 s.
14. GOST R 51005-96. Uslugi transportnye. Perevozki грузов. Nomenklatura pokazateley kachestva. M.: Gosstandart Rossii, 1996. 22 s.
15. Ob utverzhdenii sotsial'nogo standarta transportnogo obsluzhivaniya naseleniya pri osushchestvlenii perevozok passazhirov i bagazha avtomobil'nyy transportom i gorodskim nazemnym elektricheskim transportom: Rasporyazhenie Mintransa Rossii ot 31.01.2017 № NA-19-r (red. ot 10.03.2021) [Elektronnyy resurs]. URL: http://www.rosavtodor.ru/doc/transstrateg_221120132_r.zip.
16. European Committee for Standardization. EN 13816:2002. Transportation - Logistics and services - public passenger transport - Service quality definition, targeting and measurement.
17. GOST R 52298-2004. Uslugi transportno-ekspeditorskie. Obshchie trebovaniya. M.: Standartin-form, 2004. 25 s.
18. GOST R Sistemy menedzhmenta kachestva. Trebovaniya. M.: Standartinform, 2004. 24 s.
19. Statisticheskie metody analiza ekspertnykh otsenok. M.: Nauka, 1977. 384 s.
20. Aleksandrov P.S. Vvedeniye v teoriyu mnozhestv i obshchuyu topologiyu. M.: Nauka, 1977. 367 s.

Epifanov Vyacheslav Viktorovich
Ulyanovsk State Technical University
Address: 432700, Russia, Ulyanovsk, Severny Venets str.
Doctor of Technical Sciences
E-mail: v.epifanov73@mail.ru

Statenin Alexey Olegovich
Ulyanovsk State Technical University
Address: 432700, Russia, Ulyanovsk, Severny Venets str.
Postgraduate student
E-mail: alineri@mail.ru

Vizgalin Sergey Evgenievich
Ulyanovsk State Technical University
Address: 432700, Russia, Ulyanovsk, Severny Venets str.
Postgraduate student
E-mail: vizgalin-sergei@mail.ru

УДК 656.078:338.2

doi:10.33979/2073-7432-2025-1-2(88)-119-123

В.А. ЛОГИНОВ, Н.М. МОИСЕЕВА

УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ ГРУЗОВОГО АВТОТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С УЧЕТОМ ИНВЕСТИЦИОННОГО ЛАГА

Аннотация. Рассмотрены подходы к управлению развитием грузового автотранспортного предприятия. Предложено применить упрощенную экономическую модель предприятия. Акцент сделан на распределении чистого дохода предприятия на две части: инвестиции в парк автомобилей и фонд оплаты труда работников предприятия. Выдвигается гипотеза о учете лага между инвестициями в автомобильный парк и приростом чистого дохода автотранспортного предприятия.

Ключевые слова: чистый доход автотранспортного предприятия, инвестиции в автомобильный парк, фонд оплаты труда работников, модель развития автотранспортного предприятия, лаг между инвестициями и чистым доходом

Введение

В рассмотренной ранее работе [1] допускалось отсутствие лага между инвестициями в автомобильный парк I и приростом чистого дохода автотранспортного предприятия (АТП) Y .

При анализе поведения решения при разных гипотезах о динамике фонда оплаты труда работников $\Phi(t)$, полагалось [2], что $\Phi(t) = \Phi(0)e^{rt}$, то есть фонд оплаты труда работников увеличивается непрерывно с темпом прироста r .

Общее решение для уравнения чистого дохода автотранспортного предприятия (АТП) [3]

$$Y(t) = I(t) + \Phi(t) \quad \text{или} \quad Y(t) = B(t) \frac{dY(t)}{dt} + \Phi(t),$$

где $\Phi(t)$ - фонд оплаты труда с отчислениями на социальное страхование.

Это довольно серьезное упрощение реального развития предприятия.

Материал и методы

Рассмотрим модель с сосредоточенным лагом. Обозначим величину сосредоточенного лага τ . Тогда инвестиции в парк автомобилей I могут быть сформированы в определенном размере в зависимости от полученного чистого дохода Y [4]

$$I(t) = B \frac{dY(t + \tau)}{dt},$$

где $B = bA$ - коэффициент, называемый в экономической теории акселератором (коэффициент пропорциональности между выходной величиной и скоростью изменения выходной величины);

и общая модель воспроизводства чистого дохода будет иметь вид

$$Y(t) = B \frac{dY(t + \tau)}{dt} + \Phi(t). \quad (1)$$

Если норма инвестиций в автомобильный парк постоянна и равна α , то получаем модель

$$Y(t) = \frac{B}{\alpha} \frac{dY(t + \tau)}{dt} = 0. \quad (2)$$

Это дифференциальное уравнение с запаздывающим аргументом. Методы решения таких уравнений рассмотрены в [5].

Теория / Расчет

Будем искать решение в виде $Y(t) = Y(0)e^{\lambda t}$. Продифференцируем это выражение в

точке $t+\tau$. Получим

$$\frac{dY(t+\tau)}{dt} = Y(0)\lambda e^{\lambda(t+\tau)} = Y(0)\lambda e^{\lambda t} e^{\lambda \tau}.$$

Подставим этот результат в модель (2)

$$Y(t) - \frac{B}{\alpha} Y(0)\lambda e^{\lambda t} e^{\lambda \tau} = 0.$$

Так как

$$Y(t) = Y(0)\lambda e^{\lambda t} \neq 0, \text{ то } 1 - \frac{B}{\alpha} \lambda e^{\lambda \tau} = 0.$$

Откуда находим уравнение для определения темпа λ

$$\lambda e^{\lambda \tau} = \frac{\alpha}{B}. \quad (3)$$

В частном случае при $\alpha=1$ имеем уравнение для максимально возможного темпа прироста λ_{\max}

$$\lambda_{\max} e^{\lambda_{\max} \tau} = \frac{1}{B}. \quad (4)$$

Решение легко находится с помощью надстройки Excel «Подбор параметра».

Анализ уравнения (3) показывает, что λ монотонно убывает при увеличении τ (рис. 1).

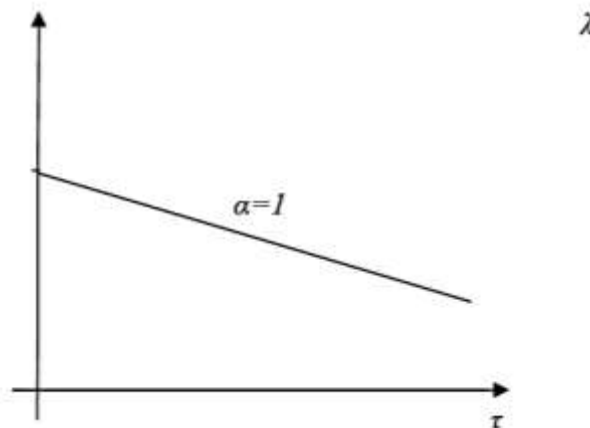


Рисунок 1 - Зависимость темпа прироста чистого дохода АТП от величины инвестиционного лага τ при постоянной норме инвестиций α

Проанализируем модель (1) с заданной траекторией фонда оплаты труда работников АТП

$$\Phi(t) = \Phi(0) e^{rt}. \quad (5)$$

Будем искать решение в виде

$$Y(t) = G e^{\lambda t} + H e^{rt}, \quad (6)$$

где G и H – неопределенные коэффициенты.

Продифференцируем (6) в точке $t+\tau$

$$\frac{dY(t+\tau)}{dt} = G \lambda e^{\lambda(t+\tau)} + H r e^{r(t+\tau)} = G \lambda e^{\lambda t} e^{\lambda \tau} + H r e^{rt} e^{r\tau}.$$

$$\text{При } \lambda e^{\lambda \tau} = \frac{1}{B}; (\lambda = \lambda_{\max}) \text{ имеем } \frac{dY(t+\tau)}{dt} = \frac{1}{B} G e^{\lambda t} + H r e^{rt} e^{r\tau}. \quad (7)$$

Подставим (5), (6) и (7) в уравнение (1)

$$G e^{\lambda t} + H e^{rt} = B \left(\frac{1}{B} G e^{\lambda t} + H r e^{rt} e^{r\tau} \right) + \Phi(0) e^{rt} \quad \text{или} \quad H e^{rt} (1 - B r e^{r\tau}) = \Phi(0) e^{rt}.$$

$$\text{Откуда находим } H = \frac{\Phi(0)}{1 - B r e^{r\tau}}.$$

Так как $Y(0) = G + H$, то теперь можно найти $G = Y(0) = \frac{\Phi(0)}{1 - Bre^{r\tau}}$.

Получим решение уравнения (1) в виде

$$Y(t) = \left[Y(0) = \frac{\Phi(0)}{1 - Bre^{r\tau}} \right] e^{\lambda t} + \frac{\Phi(0)}{1 - Bre^{r\tau}} e^{rt} \quad (8)$$

при $r \neq \lambda_{\max}$.

Результаты и обсуждение

Проанализируем поведение решения:

1) если $r > \lambda_{\max}$, то $Bre^{r\tau} > 1$ и $G > 0$, $H < 0$. Так как темп второго слагаемого выше, чем первого, то темп прироста чистого дохода АТП уменьшается, а в точке t_1 он становится равным нулю. Объем чистого дохода уменьшается. Доля оплаты труда работников на отрезке $[0; t_1]$ возрастает до 1. При $t > t_1$ траектория теряет экономический смысл.

2) если $r < \lambda_{\max}$, то $Bre^{r\tau} < 1$ и $H > 0$. Поведение решения зависит от знака G . Возможны три варианта:

а) $Bre^{r\tau} = 1 - \frac{\Phi(0)}{Y(0)} = \alpha(0)$ и в этом случае $G=0$ и развитие осуществляется с постоянной нормой инвестиций в автомобильный парк $\alpha(0)$ и постоянным темпом оплаты труда работников $r(0)$

$$Y(t) = Y(0)e^{r_0 t},$$

где r определяется из уравнения $re^{r\tau} = \frac{\alpha(0)}{B}$;

б) $Bre^{r\tau} > \alpha(0)$ и в этом случае $G < 0$. Получаем траекторию с уменьшающейся нормой инвестиций в автомобильный парк и уменьшающимся темпом чистого дохода АТП. Поведение решения аналогично решению при $r > \lambda_{\max}$;

в) $Bre^{r\tau} < \alpha(0)$ и в этом случае $G > 0$. Первое слагаемое в (8) растет быстрее второго. Темп прироста чистого дохода АТП и норма инвестиций в автомобильный парк непрерывно увеличивается до пределов λ_{\max} и 1.

Оптимизация с учетом инвестиционного лага τ определяет основные особенности решения задачи. При $t \in [0; \tau]$ динамика чистого дохода предопределяется динамикой инвестиций в предплановом периоде $Y(t) = Y(0)$. На этом участке можно управлять только распределением чистого дохода. Оптимальное решение имеет вид $I^*(t) = 0$, $\Phi^*(t) = Y(0)$.

Если $\tau \leq T \leq \tau + B$, то инвестиции также неэффективны и весь чистый доход идет на оплату труда работников АТП. Максимальное значение $Y(t)$ достигается в точке τ , то есть инвестиционный лаг увеличивает длительность планового периода, при котором инвестиции в автомобильный парк неэффективны с точки зрения интересов фонда оплаты труда работников.

При $T > \tau + B$ развитие осуществляется с релейным переключением. Выделяются четыре участка развития (рис. 2):

1) при $t \in [0; \tau]$ динамика объема чистого дохода АТП предопределена: $Y(t) = Y_0(t)$ весь доход идет на инвестиции в автомобильный парк;

2) при $t \in [\tau; T - \tau - B]$ чистый доход растет максимально возможным темпом $Y(t) = \frac{B}{\alpha} \frac{dY(t+\tau)}{dt} = 0$ и весь расходуется на инвестиции в автомобильный парк;

3) при $t \in [T - \tau - B; T - B]$ чистый доход АТП продолжает расти, но уже весь направляется на оплату труда работников АТП;

4) при $t \in [T - B; T]$ объем чистого дохода не меняется и весь используется на оплату труда работников АТП $Y(t) = Y(T - B)$.

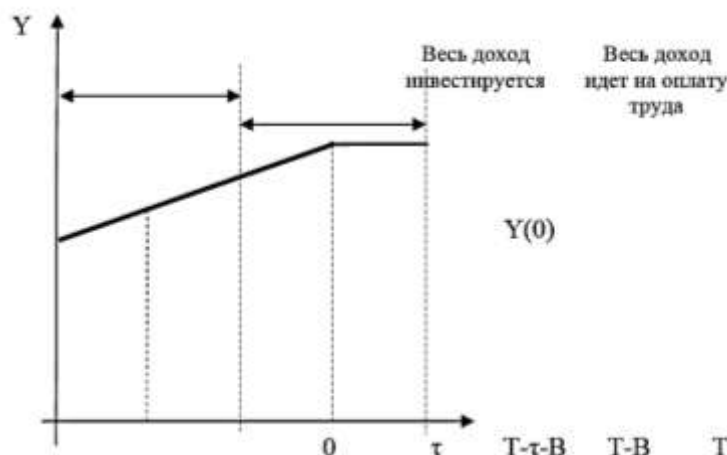


Рисунок 2 – Рост чистого дохода при инвестиционном лаге τ

Как видим, момент релейного переключения смещается к началу планового периода и появляются два участка инерционного роста чистого дохода $t \in [0; \tau]$ и $t \in [T - \tau - B; T - B]$, равных величине лага τ .

Выводы

Решить проблему «релейности» простыми средствами не удастся и необходимы другие способы, требующие дополнительных исследований, таких как включение нелинейных зависимостей, более детальное описание инвестиционного процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ризаева Ю.Н., Логинов В.А., Сухатерина С.Н., Сухатерин А.Б. Управление развитием грузового автотранспортного предприятия // Мир транспорта и технологических машин. 2023. №4-2(83). С. 123-128.
2. Ризаева Ю.Н., Логинов В.А., Третьяков А.С. Управление развитием грузового автотранспортного предприятия // Инфокоммуникационные и интеллектуальные технологии на транспорте: Сборник статей международной научно-практической конференции. Липецк, 2022. С. 160-162.
3. Ризаева Ю.Н., Логинов В.А., Кузнецов А.Е. Управление развитием грузового автотранспортного предприятия при разных гипотезах о динамике фонда оплаты труда работников // Вестник Липецкого государственного технического университета. 2022. №3. С. 57-62.
4. Ризаева Ю.Н., Логинов В.А., Кузнецов А.Е. Управление развитием грузового автотранспортного предприятия при гипотезе о непрерывном росте фонда оплаты труда работников. Вестник Липецкого государственного технического университета. 2023. №1. С. 21-27.
5. Эльсгольц Л.Э., Норкин С.Б. Введение в теорию дифференциальных уравнений с отклоняющимся аргументом. М.: Наука, 1971. 130 с.
6. Ризаева Ю.Н., Логинов В.А., Кузнецов А.Ю. Планирование поставок продукции при изменяющемся во времени спросе потребителя // Вестник Липецкого государственного технического университета. 2021. №3. С. 54-59.
7. Логинов В.А., Суворов В.А., Ляхов А.С. Модель влияния научно-технического прогресса на производственно-экономическую деятельность грузового автотранспортного предприятия // Инфокоммуникационные и интеллектуальные технологии на транспорте: Материалы I международной научно-практической конференции. В 2 т. 2018. С. 105-108.
8. Логинов В.А., Суворов В.А., Ляхов А.С. Квазипроизводственная функция грузового автотранспортного предприятия с переменной технологической структурой перевозок // Инфокоммуникационные и интеллектуальные технологии на транспорте: Материалы I международной научно-практической конференции. В 2 т. 2018. С. 101-104.
9. Логинов В.А., Карташова А.К. Устойчивость развития транспортных систем // Тенденции развития современной науки: Сборник тезисов докладов научной конференции студентов и аспирантов Липецкого государственного технического университета. В 2-х ч. 2017. С. 538-541.
10. Логинов В.А., Шапошников Ю.О. Снижение себестоимости грузовых автомобильных перевозок // Тенденции развития современной науки: Сборник тезисов докладов научной конференции студентов и аспирантов Липецкого государственного технического университета. В 2-х ч. 2017. С. 683-685.

Логинов Владимир Анатольевич

Липецкий государственный технический университет
Адрес: 398055, Россия, г. Липецк, ул. Московская, 30
К.э.н., доцент кафедры управления автотранспортом
E-mail: v_loginov@lipetsk.ru

Моисеева Наталья Михайловна

Липецкий государственный технический университет
Адрес: 398055, Россия, г. Липецк, ул. Московская, 30
К.т.н., доцент кафедры управления автотранспортом
E-mail: moiseeva_nm@stu.lipetsk.ru

V.A. LOGINOV, N.M. MOISEEVA

MANAGEMENT OF THE DEVELOPMENT OF A FREIGHT TRANSPORT ENTERPRISE TAKEN INTO ACCOUNT OF THE INVESTMENT LAG

Abstract. Approaches to managing the development of a freight motor transport enterprise are considered. It is proposed to apply a simplified economic model of the enterprise. The emphasis is on the distribution of the enterprise's net income into two parts: investments in the vehicle fleet and the wage fund for the enterprise's employees. A hypothesis is put forward about taking into account the lag between investments in the vehicle fleet and the increase in the net income of a motor transport enterprise.

Keywords: net income of a motor transport enterprise, investments in a vehicle fleet, wage fund for workers, development model of a motor transport enterprise, lag between investments and net income

BIBLIOGRAPHY

1. Rizaeva YU.N., Loginov V.A., Sukhaterina S.N., Sukhaterin A.B. Upravlenie razvitiem gruzovogo avtotransportnogo predpriyatiya // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2023. №4-2(83). S. 123-128.
2. Rizaeva YU.N., Loginov V.A., Tret'yakov A.S. Upravlenie razvitiem gruzovogo avtotransportnogo predpriyatiya // Infokommunikatsionnye i intellektual'nye tekhnologii na transporte: Sbornik statey mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Lipetsk, 2022. S. 160-162.
3. Rizaeva YU.N., Loginov V.A., Kuznetsov A.E. Upravlenie razvitiem gruzovogo avtotransportnogo predpriyatiya pri raznykh gipotezakh o dinamike fonda oplaty truda rabotnikov // Vestnik Lipetskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2022. №3. S. 57-62.
4. Rizaeva YU.N., Loginov V.A., Kuznetsov A.E. Upravlenie razvitiem gruzovogo avtotransportnogo predpriyatiya pri gipoteze o nepreryvnom roste fonda oplaty truda rabotnikov. Vestnik Lipetskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2023. №1. S. 21-27.
5. El'sgol'ts L.E., Norkin S.B. Vvedenie v teoriyu differentsial'nykh uravneniy s otklonyayushchimsya argumentom. M.: Nauka, 1971. 130 s.
6. Rizaeva YU.N., Loginov V.A., Kuznetsov A.YU. Planirovanie postavok produktsii pri izmenyayushchimsya vo vremeni sprose potrebitelya // Vestnik Lipetskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2021. №3. S. 54-59.
7. Loginov V.A., Suvorov V.A., Lyakhov A.S. Model' vliyaniya nauchno-tekhnicheskogo progressa na proizvodstvenno-ekonomicheskuyu deyatel'nost' gruzovogo avtotransportnogo predpriyatiya // Infokommunikatsionnye i intellektual'nye tekhnologii na transporte: Materialy I mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. V 2 t. 2018. S. 105-108.
8. Loginov V.A., Suvorov V.A., Lyakhov A.S. Kvaziproizvodstvennaya funktsiya gruzovogo avtotransportnogo predpriyatiya s peremennoy tekhnologicheskoy strukturoy perevozok // Infokommunikatsionnye i intellektual'nye tekhnologii na transporte: Materialy I mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. V 2 t. 2018. S. 101-104.
9. Loginov V.A., Kartashova A.K. Ustoychivost' razvitiya transportnykh sistem // Tendentsii razvitiya sovremennoy nauki: Sbornik tezisov dokladov nauchnoy konferentsii studentov i aspirantov Lipetskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. V 2-kh ch. 2017. S. 538-541.
10. Loginov V.A., Shaposhnikov YU.O. Snizhenie sebestoimosti gruzovykh avtomobil'nykh perevozok // Tendentsii razvitiya sovremennoy nauki: Sbornik tezisov dokladov nauchnoy konferentsii studentov i aspirantov Lipetskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. V 2-kh ch. 2017. S. 683-685.

Loginov Vladimir Anatolievich

Lipetsk State Technical University
Address: 398055, Russia, Lipetsk, st. Moscow, 30
Candidate of Economic Sciences
E-mail: v_loginov@lipetsk.ru

Moiseeva Natalia Mikhailovna

Lipetsk State Technical University
Address: 398055, Russia, Lipetsk, st. Moscow, 30
Candidate of Technical Sciences
E-mail: moiseeva_nm@stu.lipetsk.ru

Уважаемые авторы!
Просим Вас ознакомиться с требованиями
к оформлению научных статей.

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

- Представляемый материал должен быть оригинальным (оригинальность не менее 70 %), не опубликованным ранее в других печатных изданиях.
- объем материала, предлагаемого к публикации, измеряется страницами текста на листах формата А4 и содержит от 4 до 9 страниц;
- статья предоставляется в электронном виде (по электронной почте или на любом электронном носителе);
- в одном номере может быть опубликована только одна статья одного автора, включая соавторство;
- если статья возвращается автору на доработку, исправленный вариант следует прислать в редакцию повторно, приложив письмо с ответами на замечания. Доработанный вариант статьи рецензируется и рассматривается редакционной коллегией вновь. Датой представления материала считается дата поступления в редакцию окончательного варианта исправленной статьи;
- аннотации всех публикуемых материалов, ключевые слова, информация об авторах, списки литературы будут находиться в свободном доступе на сайте соответствующего журнала и на сайте Российской научной электронной библиотеки - РУНЭБ (Российский индекс научного цитирования).

ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

Научная статья, предоставляемая в журнал, должна иметь следующие **обязательные элементы**:

Введение

Укажите цели работы и предоставьте достаточный накопленный опыт, избегая подробного обзора литературы или обобщенных результатов.

Материал и методы

Предоставьте достаточно подробных сведений, чтобы можно было воспроизвести работу независимым исследователем. Методы, которые уже опубликованы, должны быть обобщены и указаны ссылкой. Если вы цитируете непосредственно из ранее опубликованного метода, используйте кавычки и также ссылаетесь на источник. Любые изменения существующих методов также должны быть описаны.

Теория / расчет

Раздел «Теория» должен продлить, а не повторять предысторию статьи, уже рассмотренную во введении, и заложить основу для дальнейшей работы. Напротив, раздел «Расчет» представляет собой практическое развитие с теоретической основы.

Результаты

Результаты должны быть четкими и краткими.

Обсуждение

Здесь необходимо рассмотреть значимость результатов работы, а не повторять их. Часто целесообразен комбинированный раздел «Результаты и обсуждение». Избегайте подробных цитат и обсуждений опубликованной литературы.

Выводы

Основные выводы исследования могут быть представлены в кратком разделе «Выводы», который может стоять отдельно или составлять подраздел раздела «Обсуждение» или «Результаты и обсуждение».

В тексте статьи **не рекомендуется**:

- применять обороты разговорной речи, техницизмы, профессионализмы;
 - применять для одного и того же понятия различные научно-технические термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке;
 - применять произвольные словообразования;
 - применять сокращения слов, кроме установленных правилами русской орфографии, соответствующими стандартами;
- Сокращения и аббревиатуры должны расшифровываться по месту первого упоминания (вхождения) в тексте статьи.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

Статья должна быть набрана шрифтом Times New Roman, размер 12 pt с одинарным интервалом, текст выравнивается по ширине; абзацный отступ - 1,25 см, правое поле - 2 см, левое поле - 2 см, поля внизу и сверху - 2 см.

Обязательные элементы:

- **заглавие** (на русском и английском языке) публикуемого материала - должно быть точным и ёмким; слова, входящие в заглавие, должны быть ясными сами по себе, а не только в контексте; следует избегать сложных синтаксических конструкций, новых словообразований и терминов, а также слов узкопрофессионального и местного значения;

- **аннотация** (на русском и английском языке) - описывает цели и задачи проведенного исследования, а также возможности его практического применения, указывает, что нового несет в себе материал; рекомендуемый средний объем - 500 печатных знаков;

- **ключевые слова** (на русском и английском языке) - это текстовые метки, по которым можно найти статью при поиске и определить предметную область текста; обычно их выбирают из текста публикуемого материала, достаточно 5-10 ключевых слов;

- **список литературы** должен содержать 15-20 источников. В списке литературы количество источников, принадлежащих любому автору не должно превышать 30% от общего количества.

ПОСТРОЕНИЕ СТАТЬИ

- Индекс универсальной десятичной классификации (УДК) - сверху слева с абзацным отступом.
- С пропуском одной строки - выровненные по центру страницы, без абзацного отступа и набранные прописными буквами светлым шрифтом 12 pt инициалы и фамилии авторов (И.И. ИВАНОВ).

- С пропуском одной строки - название статьи, набранное без абзацного отступа прописными буквами полужирным шрифтом 14 pt и расположенное по центру страницы.
- С пропуском одной строки - краткая (не более 10 строк) аннотация, набранная с абзацного отступа курсивным шрифтом 10 pt на русском языке. С абзацного отступа - ключевые слова на русском языке.
- Текст статьи, набранный обычным шрифтом прямого начертания 12 pt, с абзацной строки, расположенный по ширине страницы.
- Список литературы, набранный обычным шрифтом прямого начертания 10 pt, помещается в конце статьи. Заголовок «**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**» набирается полужирным шрифтом 12 pt прописными буквами с выравниванием по центру.
- После списка литературы, с абзацного отступа, приводятся набранные обычным шрифтом 10 pt сведения об авторах (на русском языке) в такой последовательности:
 Фамилия, имя, отчество (полужирный шрифт)
 Учреждение или организация
 Адрес
 Ученая степень, ученое звание, должность
 Электронная почта (обычный шрифт), не может повторяться у двух и более авторов
- С пропуском одной строки - выровненные по центру страницы, без абзацного отступа и набранные прописными буквами светлым шрифтом 12 pt инициалы и фамилии авторов (на английском языке).
- С пропуском одной строки - название статьи, набранное без абзацного отступа прописными буквами полужирным шрифтом 14 pt и расположенное по центру страницы (на английском языке).
- Краткая (не более 10 строк) аннотация, набранная с абзацного отступа курсивным шрифтом 10 pt, с абзацного отступа - ключевые слова (на английском языке).
- С абзацного отступа, приводятся набранные обычным шрифтом 10 pt сведения об авторах (на английском языке).

ТАБЛИЦЫ, РИСУНКИ, ФОРМУЛЫ

Все таблицы, рисунки и основные формулы, приведенные в тексте статьи, должны быть пронумерованы.

Формулы следует набирать в редакторе формул Microsoft Equation 3.0 с размерами: обычный шрифт - 12 pt, крупный индекс - 10 pt, мелкий индекс - 8 pt.

Формулы, внедренные как изображение, не допускаются!

Русские и греческие буквы, а также обозначения тригонометрических функций, набираются прямым шрифтом, латинские буквы - курсивом.

Формулы располагают по центру страницы и нумеруют (только те, на которые приводят ссылки); порядковый номер формулы обозначается арабскими цифрами в круглых скобках около правого поля страницы.

В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими стандартами. Описание начинается со слова «где» без двоеточия, без абзацного отступа; пояснение каждого символа дается с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Единицы измерения даются в соответствии с Международной системой единиц СИ.

Переносить формулы на следующую строку допускается только на знаках выполняемых операций, причем знак в начале следующей строки повторяют.

Пример оформления формулы в тексте

$$q_1 = (\alpha - 1)^2 (1 + \frac{1}{2\alpha}) / d, \quad (1)$$

где $\alpha = 1 + 2a/b$ - коэффициент концентрации напряжений;

$d = 2a$ - размер эллиптического отверстия вдоль опасного сечения.

Рисунки и другие иллюстрации (чертежи, графики, схемы, диаграммы, фотоснимки) следует располагать непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые. Рисунки, число которых должно быть логически оправданным, представляются в виде отдельных файлов в формате *.eps (Encapsulated PostScript) или TIF размером не менее 300 dpi.

Если рисунок небольшого размера, желательно его обтекание текстом.

Подписи к рисункам (полужирный шрифт курсивного начертания 10 pt) выравнивают по центру страницы, в конце подписи точка не ставится, например:

Рисунок 1 - Текст подписи

Пояснительные данные набираются светлым шрифтом курсивного начертания 10 pt и ставят после наименования рисунка.

Таблицы должны сопровождаться ссылками в тексте.

Заголовки граф и строк таблицы пишутся с прописной буквы, а подзаголовки - со строчной, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставятся. Текст внутри таблицы в зависимости от объема размещаемого материала может быть набран шрифтом меньшего кегля, но не менее 10 pt. Текст в столбцах располагают от левого края либо центрируют.

Слово «Таблица» размещается по левому краю, после него через тире располагается название таблицы, например: Таблица 1 - Текст названия

Если в конце страницы таблица прерывается и ее продолжение будет на следующей странице, нижнюю горизонтальную линию в первой части таблицы не проводят. При переносе части таблицы на другую страницу над ней пишут слово «Продолжение» и указывают номер таблицы: Пример: Продолжение таблицы 1

Нумерация граф таблицы арабскими цифрами необходима только в тех случаях, когда в тексте имеются ссылки на них, при делении таблицы на части, а также при переносе части таблицы на следующую страницу.

Адрес издателя:

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»
302026, Орловская обл., г. Орёл, ул. Комсомольская, 95
Тел.: (4862) 75-13-18
www.oreluniver.ru.
E-mail: info@oreluniver.ru

Адрес редакции:

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»
302030, Орловская обл., г. Орёл, ул. Московская, 77
Тел.+7 905 856 6556
www.oreluniver.ru.
E-mail: srmotu@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 25.02.2025 г.
Дата выхода в свет 28.03.2025 г.
Формат 70x108/16. Усл. печ. л. 7,8
Цена свободная. Тираж 500 экз.
Заказ № 70

Отпечатано с готового оригинал-макета
на полиграфической базе ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»
302026, г. Орёл, ул. Комсомольская, 95