

ISSN 2073-7432

МИР ТРАНСПОРТА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№ 2 (81) 2023

Научно-технический
журнал

Издается с 2003 года

Выходит четыре раза в год

№ 2(81) 2023

Мир транспорта и технологических машин

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

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

Заместитель главного редактора:
Васильева В.В. к.т.н., доц.

Редакция:

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

Ответственный за выпуск: Акимочкина И.В.

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

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

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

© Составление. ОГУ имени И.С. Тургенева,
2023

Содержание

Эксплуатация, ремонт, восстановление

- Адиб Ремаве, А.Н. Ременцов, В.А. Егоров Анализ системы технического обслуживания автомобилей в странах ближнего востока 3
- А.И. Горшков, А.И. Горшков, Е.Н. Грибанов, И.В. Родичева Синтез и особенности структуры защитного покрытия на основе алюмосиликата на поверхности алюминия 10
- В.И. Сарбаев, А.Г. Гусев, А.С. Гришин, С. Джованис Управление предупредительными заменами и запасами деталей и узлов в автобусном парке 18

Технологические машины

- С.А. Родимцев, И.А. Дембовский, Е.Н. Панин Разработка и обоснование параметров мобильного опрыскивателя для садово-паркового и ландшафтного строительства 26

Безопасность движения и автомобильные перевозки

- Е.В. Голов, С.С. Евтюков, Е.В. Сорокина Влияние спектральной плотности ординат микропрофиля автомобильной дороги на результаты диагностического обследования 35
- Л.О. Савин, А.О. Мирошниченко, Д.Д. Карелин Возможности применения ситуационных центров для регулирования дорожного движения. Опыт России на примере города Белгорода 44
- В.Э. Клявин, Ю.Н. Ризаева, А.В. Гринченко Комплексный показатель качества пассажирских перевозок автомобильным транспортом 51
- В.В. Сиваков, П.В. Тихомиров, В.В. Камынин, К.С. Боровая Оценка транспортного обслуживания населения г. Брянска 58
- Л.Е. Куценко Прогнозирование ДТП как один из способов снижения смертности 67
- В.В. Епифанов Программно-целевой подход установления взаимосвязи параметров пассажирских перевозок на общественном автомобильном транспорте 74
- А.В. Домбалин, В.В. Зырянов, Е.Е. Шаталова, О.В. Проскурина Разработка геоинформационной базы пешеходных потоков в Ростовской агломерации 81

Вопросы экологии

- А.Н. Якубович, И.А. Якубович Оценка климатических рисков для автодорожной сети северного региона России 89

Образование и кадры

- Е.Н. Грядунова, М.А. Якунина, А.Д. Серебренников, К.В. Васильев Использование промышленного робота в качестве учебного оборудования при обучении студентов транспортных специальностей 96
- М.Н. Вражнова, М.Г. Плетнев, А.А. Пахомова Социально-транспортное рейтинговое сервисов ИТС 104

Экономика и управление

- Т.А. Менухова, Т.А. Берест Алгоритм расчета упущенной выгоды перевозчика при вынужденном простое автобусов на линии или снятии его с рейса по вине «третьих лиц» 112
- Д.Б. Ефименко, В.А. Демин, Д.А. Комкова, В.Д. Герами Методика выбора технологии грузообработки для складов электронной торговли 119
- А.С. Терентьев, С.А. Гусев, И.А. Гусева Применение информационных технологий в процессе управления транспортировкой продукции нефтепереработки 126

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

№ 2(81) 2023

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

<p><i>Editor-in-Chief</i> A.N. Novikov <i>Doc. Eng., Prof.</i></p> <p><i>Associate Editor</i> V.V. Vasileva <i>Can. Eng.</i></p>	<h2>Contents</h2> <h3>Operation, Repair, Restoration</h3> <p><i>Adib Remave, A.N. Rementsov, V.A. Egorov</i> Features of the operation and operability of vehicles in the middle east..... 3</p> <p><i>A.I. Gorshkov, A.I. Gorshkov, E.N. Gribanov, I.V. Rodicheva</i> Synthesis and features of the structure of a protective coating based on aluminosilicate on the surface of aluminum..... 10</p> <p><i>V.I. Sarbaev, A.G. Gusev, A.S. Grishin, S. Jovanis</i> Management of preventive replacements and stock of parts and assembly in the bus fleet..... 18</p>
<p><i>Editorial Board:</i> E.V. Ageev <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> I.E. Agureev <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> A.V. Bazhinov <i>Doc. Eng., Prof. (Ukraine)</i> V.N. Baskov <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> V.M. Vlasov <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> S.N. Glagolev <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> M. Demic <i>Doc. Eng., Prof. (Serbia)</i> A.S. Denisov <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> L. Żakowska <i>Ph.D., Doc. Sc., Prof. (Poland)</i> S.V. Zhankaziev <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> V.V. Zyryanov <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> I.G. Martyuchenko <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> A.A. Mitusov <i>Doc. Eng., Prof. (Kazakhstan)</i> V.V. Nordin <i>Can. Eng. (Russia)</i> O. Prentkovskis <i>Doc. Eng., Prof. (Lithuania)</i> P. Pribyl <i>Doc. Eng., Prof. (Czech Republic)</i> A.E. Pushkarev <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> A.N. Rementsov <i>Doc. Edc., Prof. (Russia)</i> V.I. Sarbaev <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> L.A. Sivachenko <i>Doc. Eng., Prof. (Belarus)</i> D.A. Yungmeister <i>Doc. Eng., Prof. (Russia)</i> A. Szarata <i>Ph.D., Doc. Sc., Prof. (Poland)</i></p>	<h3>Technological machines</h3> <p><i>S.A. Rodimtsev, I.A. Dembovsky, E.N. Panin</i> Development and substantiation of the parameters of a mobile sprayer for garden and park and landscape construction... 26</p> <h3>Road safety and road transport</h3> <p><i>E.V. Golov, S.S. Evtyukov, E.V. Sorokina</i> The effect of the spectral density of the ordinates of the microprofile of the highway on the results of the diagnostic examination..... 35</p> <p><i>L.O. Savin, A.O. Miroshnichenko, D.D. Karelin</i> The possibilities of situational centers using for traffic regulation. The Russia experience on the Belgorod city example.... 44</p> <p><i>V.E. Klyavin, Yu.N. Rizaeva, A.G. Grinchenko</i> Comprehensive indicator of the quality of passenger transportation by road..... 51</p> <p><i>V.V. Sivakov, P.V. Tikhomirov, V.V. Kamynin, K.S. Borovaya</i> Assessment of transport services for the population of Bryansk 58</p> <p><i>L.E. Kushchenko</i> The prediction of accidents as one of the ways decrease in mortality 67</p> <p><i>V.V. Epifanov</i> The program-target approach of establishing the relationship between the parameters of passenger transportation on public road transport..... 74</p> <p><i>A.V. Dombalyan, V.V. Zyryanov, E.E. Shatalova, O.V. Proskurina</i> Development of a geoinformation base of pedestrian streams in the Rostov agglomeration..... 81</p>
<p><i>Person in charge for publication:</i> I.V. Akimochkina</p>	
<p><i>Editorial Board Address:</i> 302030, Russia, Orel, Orel Region, Moskovskaya str., 77 Tel. +7 (905)8566556 https://oreluniver.ru/science/journal/mtitm E-mail: srmostu@mail.ru</p>	<h3>Ecological Problems</h3> <p><i>A.N. Yakubovich, I.A. Yakubovich</i> Assessment of climate risks for the road network of the Russian northern region..... 89</p>
<p>The journal is registered in Federal Agency of supervision in sphere of communication, information technology and mass communications. Registration Certificate ПИ № ФС77-67027 of August 30 2016</p>	<h3>Education and Personnel</h3> <p><i>E.N. Gryadunova, M.A. Yakynina, A.D. Serebrennikov, K.V. Vasiliev</i> Use of industrial robot as educational equipment for student training transport specialties..... 96</p> <p><i>M.N. Vrazhnova, M.G. Pletnev, A.A. Pachomova</i> Social and transport rating of ITS services..... 104</p>
<p>Subscription index: 16376 in a union catalog «The Press of Russia» on sites www.pressa-rf.ru and www.akc.ru</p>	<h3>Economics and Management</h3> <p><i>T.A. Menuhova, T.A. Berest</i> Algorithm for calculating the carrier's lost profit in the case of forced bus downtime or removal of the bus from the line due to the fault of «third parties»..... 112</p> <p><i>D.B. Efimenko, V.A. Demin, D.A. Komkova, V.D. Gerami</i> Methodology for selecting cargo handling technology for e-commerce warehouses..... 119</p> <p><i>A.S. Terentyev, S.A. Gusev, I.A. Guseva</i> Application of information technologies in the process of transportation management of oil refining products..... 126</p>
<p>© Registration. Orel State University, 2023</p>	

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

Научная статья

УДК 656.13.2(597)

doi:10.33979/2073-7432-2023-2(81)-3-9

АДИБ РЕМАВЕ, А.Н. РЕМЕНЦОВ, В.А. ЕГОРОВ

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ В СТРАНАХ БЛИЖНЕГО ВОСТОКА

Аннотация. В статье представлено сравнение относительных показателей по обеспеченности системы технического обслуживания автомобилей в рассматриваемых странах. В результате проведенных исследований выявлено, что сеть объектов технического обслуживания стран Ближнего Востока является недостаточно совершенной. Выявлена необходимость создания новых предприятий технического сервиса (ПТС) автомобилей.

Ключевые слова: автомобильный транспорт, техническое обслуживание, обеспеченность населения автотранспортными средствами, Ближний Восток, предприятия технического сервиса автомобилей, поддержание работоспособного состояния автомобилей

Введение

Ближний Восток - это обширный регион, расположенный на стыке Азии, Африки и Европы, включающий акватории Средиземного и Красного морей и Персидского залива [1]. Согласно Большой российской энциклопедии [2], основными странами Ближнего Востока являются: Саудовская Аравия, Иордания Объединенные Арабские Эмираты (ОАЭ), Палестина и Ливан. Климат данного региона можно охарактеризовать как крайне жаркий и чрезвычайно сухой при средней температуре в 29° С, однако часто температура достигает отметки в 38° С и выше. Отмечается повышенная запыленность воздуха окружающей среды. Особенности данного климата в значительной степени влияют на работоспособность узлов и агрегатов автомобилей. Основными факторами, влияющими на техническое состояние автомобиля, являются: высокая температура; дисцентрация пыли в воздухе; тяжелые дорожные условия (камни, грунт, песок); сильные ветры; недостаток воды и ее низкое качество.

Автомобили, предназначенные для эксплуатации в условиях жаркого климата, должны иметь усиленные системы охлаждения двигателя замкнутого типа, устраняющие потери охлаждающей жидкости от испарения, а также масляные радиаторы для охлаждения масла двигателя. На автомобилях, эксплуатирующихся в условиях повышенной запыленности воздуха, необходима усиленная фильтрация воздуха, топлива, масла. Шины, резинотехнические изделия и детали из полимерных материалов, топливо, масло, тормозная жидкость и другие материалы должны быть рассчитаны на обеспечение надежной работы при высоких температурах [3].

Аккумуляторная батарея должна быть размещена в наименее нагреваемой зоне автомобиля [4]. Кабина водителя, отсек пассажиров должны быть отделены от двигателя надежной теплоизоляцией и иметь оборудование для вентиляции и кондиционирования. Крыша должна иметь эффективную теплоизоляцию от нагрева солнечными лучами. Для уменьшения нагрева поверхности автомобиля, на которые попадают солнечные лучи, окрашиваются в светлые тона, стойкие к солнечной радиации [5].

В условиях жаркого климата происходит быстрое старение гидравлических масел в связи с ускорением процессов окисления под действием повышенных температур, попаданием в гидросистему пыли и частиц износа трущихся деталей, которые являются катализаторами процессов окисления. Предпочтительными для этих условий являются масла, содержащие антиокислительные и защитные присадки, а для механизмов, работающих в тяжелых условиях при повышенных давлениях (гидроприводы автомобилей-самопогрузчиков, гидротрансформаторы и др.), целесообразно использовать, особенно летом, более вязкие масла [6].

Материал и методы

Анализ статистических данных показал, что в странах Ближнего Востока имеет место преобладание автомобилей марок Hyundai, Toyota (19 % от общего количества), одновре-

менно наименьшее число - это автомобили марки Seat (4 % от общего количества). Следует также отметить, что автомобили марки Toyota за счет своей простоты, функциональности и ремонтпригодности заслужили популярность по всему миру, страны Ближнего Востока не стали исключением.

В последнее время, на фоне наложенных западом санкций против Российской Федерации, в нашу страну стали завозить автомобили из арабских стран, особую популярность заслужил автомобиль Toyota LandCruiser 300. При этом необходимо понимать, что применяемые в автомобилях для арабских стран компоненты и технические жидкости отличаются от тех, которые предусмотрены для холодного климата [7]. В страны с жарким климатом производители поставляют автомобили с менее прочной защитой картера, уменьшенным объемом бачка омывателя, другие сайлент-блоки и пружины, устанавливается более мощная система кондиционирования и рециркуляции воздуха.

Большая часть эксплуатируемых автомобилей в странах Ближнего Востока выпуска 2011-2019-х годов, средний пробег составляет 200 тыс. км. При данных значениях пробега любой автомобиль неизбежно нуждается в техническом обслуживании и ремонте [8].

Проведем анализ организации технического обслуживания и ремонта автомобилей в странах Ближнего Востока [9]. На рисунке 1 представлено распределение предприятий технического сервиса (ПТС) автомобилей в странах Ближнего Востока. Необходимо отметить, что к предприятиям технического сервиса (ПТС) следует относить предприятия, выполняющие работы по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей, дилерские ПТС, пункты экспресс замены масла, пункты технического осмотра (контроля), восстановления узлов и агрегатов и другие. Как видно из графика, наибольшее количество ПТС находится в ОАЭ, наименьшее - в Палестине, что прямо пропорционально уровню экономического развития перечисленных стран.

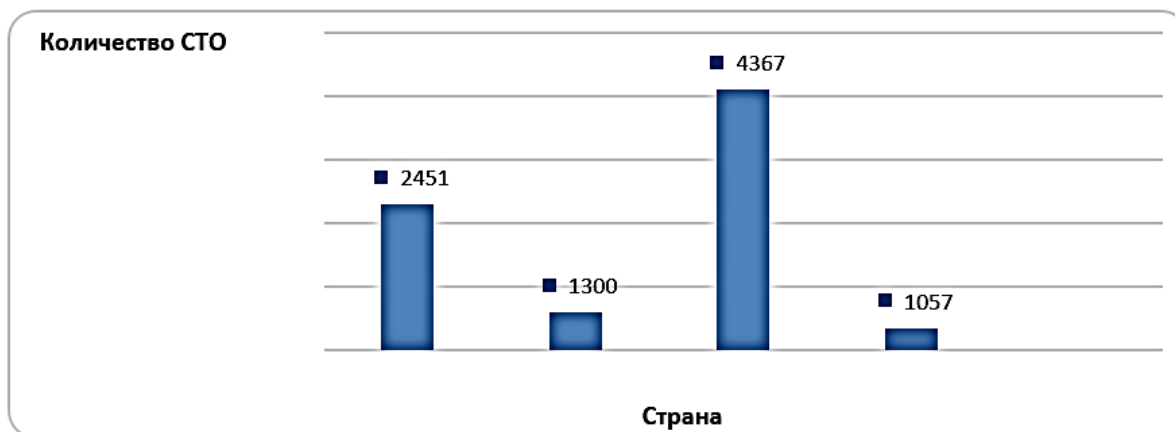


Рисунок 1 – Распределение ПТС по странам Ближнего Востока

Теория

Проанализируем систему технического обслуживания, необходимую для систематически выполняемых воздействий по контролю и поддержанию работоспособного состояния автомобилей в Саудовской Аравии [10-13]. В таблице 1 представлены данные по обеспеченности городов ПТС автомобилей.

Проанализировав данные, представленные в таблице 1, можно сделать следующие выводы:

1. Наибольшее количество автомобилей (более 5 млн.) эксплуатируется в городе Мекка, а наибольшее количество ПТС (394, из которых 36 дилерские) и магазинов автозапчастей (227 магазинов) расположено в городе Эр-Риад, на рисунке 2 изображено их расположение на карте [14]. По карте видно, что магазины и ПТС компактно рассредоточены в трех районах города, так же отмечается факт компактного размещения магазинов автозапчастей с местами технического обслуживания автомобилей. Наименьшее количество автомобилей (око-

ло 92 тыс.) эксплуатируется в городе Джизан, так же в данном городе расположено наименьшее количество ПТС(10).

Таблица 1 – Данные по обеспеченности системы технического обслуживания городов Саудовской Аравии

Город	общее количество ПТС	Количество дилерских предприятий	Население, чел	Количество автомобилей	Количество магазинов автозапчастей
Эр-рияд	358	36	7676655	4797806	227
Джидда	250	20	3976000	742369	155
Мекка	220	18	2042000	5051320	168
Медина	200	15	1152991	513355	103
Эд-даммам	150	6	903000	2971356	131
Эль-хуфuf	170	6	660788	557076	90
Эт-тайф	180	5	579960	237427	85
Бурайда	120	0	467400	258421	45
Эль-мубарраз	140	0	25813	121470	49
Унайза	130	0	250000	229629	98
Дахран	150	4	134764	158869	78
Джизан	100	3	99213	91744	89
Табук	160	10	80200	172302	23

2. Исходя из обеспеченности населения автотранспортными средствами, жители города Эль-Мубарраз являются самыми обеспеченными автомобилями (на одного жителя приходится 4,7 авто). Самыми малообеспеченными автомобилями являются жители города Джидда (на одного жителя приходится 0,18 авто). Жители столицы Саудовской Аравии, города Эр-Риад обеспечены автомобилями ниже среднего показателя (на одного жителя приходится 0,62 авто).

3. Исходя из обеспеченности ПТС город Эль-Мубарраз является самым обеспеченным ПТС (на 121,4 тыс. авто приходится 140 ПТС), города Эр-Риад, Мекка и Эд-Даммам имеют наименьший коэффициент обеспеченности ПТС, в городах Бурайда, Эль-Мубарраз, Унайда нет ни одного дилерского предприятия технического сервиса (ПТС). По обеспеченности магазинами автозапчастей город Джизан является самым обеспеченным (на 91,7 тыс. авто приходится 89 магазинов автозапчастей). Согласно рисунка 2 видно, что магазины и ПТС, в основном, сосредоточены в трех районах города.



Рисунок 2 – Размещение ПТС и магазинов автозапчастей в городе Эр-Риад

В таблице 2 представлены данные по обеспеченности городов системой технического обслуживания Государства Палестина.

Таблица 2 – Данные по обеспеченности системой технического обслуживания автомобилей городов Государства Палестина

Город	Количество ПТС	Количество дилерских ПТС	Население, чел	Количество автомобилей	Количество магазинов автозапчастей
рамалла и эль-бира	133	14	350861	99524	113
вифлеем	126	3	220597	22999	55
дженин	75	3	314866	29949	68
иерихон	29	0	55800	3042	3
калькилия	112	0	112400	6746	31
наблус	349	6	388321	38538	128
сальфит	9	0	80100	2257	5
тубас	16	4	61927	1731	5
тулькарм	37	4	188760	16992	29
хеврón	122	5	750223	46284	98

Результаты и обсуждение

Проанализировав данные, представленные в таблице 2, можно сделать следующие выводы:

1. Наибольшее количество автомобилей (более 750 тыс.) эксплуатируется в городе Хеврón, наибольшее количество ПТС (355, из которых 6 дилерские) и магазинов автозапчастей (128 магазинов) расположено в городе Наблус. В столице Государства Палестина, городе Рамалла и Эль-Бира отмечается среднее число ПТС и магазинов (147 ПТС и 133 магазина автозапчастей). Наименьшее количество автомобилей (около 56 тыс.) эксплуатируется в городе Иерихон, хотя наименьшее количество ПТС (9) расположено в городе Сальфит. На рисунке 3 изображено расположение элементов системы технического обслуживания автомобилей на карте [15]. Согласно рисунку 3 видно, что магазины и ПТС, в основном, сосредоточены в двух районах города.



Рисунок 3 – Размещение ПТС и магазинов автозапчастей в городе Рамалла и Эль-Бира

2. Исходя из обеспеченности населения автомобилями, жители города Рамалла и Эль-Бира являются самыми обеспеченными автотранспортными средствами (на одного жителя

приходится 0,28 авто). Самыми малообеспеченными являются жители города Тубас (на одного жителя приходится 0,027 авто).

3. Исходя из обслуживания город Калькилия является самым обеспеченным ПТС (на 112,4 тыс. авто приходится 112 ПТС), у города Сальфит наименьшее число ПТС. По обеспеченности магазинами автозапчастей города Рамалла и Эль-Бира и Нэблус являются самыми обеспеченными [16].

В результате анализа системы технического обслуживания по контролю, поддержанию и восстановлению работоспособного состояния автомобилей в рассмотренных странах выявлено, что обеспеченность системой стран Ближнего Востока является недостаточной. В самом обеспеченном городе, системой технического обслуживания, Эль-Мубарразе, на 1 предприятие приходится около 850 автомобилей. С учетом увеличенного среднего пробега и тяжелых климатических условий эксплуатации автомобилей в рассматриваемых странах, существует необходимость проведения технического обслуживания с малой периодичностью. При грубом расчете, с учетом обслуживания (ремонта) автомобилей один раз в месяц, на одном ПТС например придется обслуживать 28 автомобилей в день в городе Эль-Мубарразе, который является самым обеспеченным городе Саудовской Аравии системой технического обслуживания. Можно отметить, что в странах Ближнего Востока отсутствует рациональность в построении элементов системы технического обслуживания автомобилей. Расположение ПТС и магазинов автозапчастей не всегда соответствуют потребностям региона, в результате чего некоторые элементы системы технического обслуживания простаивают, а некоторые перегружены [17-19].

Выводы

По причине необходимости создания новых предприятий технического сервиса автомобилей в странах Ближнего Востока, актуальным вопросом является разработка методики построения элементов системы технического обслуживания, необходимой для систематически выполняемых воздействий по контролю, поддержанию и восстановлению работоспособного состояния автомобилей. Методика должна учитывать численность населения и обеспеченность его автотранспортными средствами, а также результаты анализа отчетов функционирования уже существующих предприятий технического сервиса автомобилей [20]. А также отдельно объёмы работ по ТО и ремонту государственных автомобилей, в том числе обусловленные спецификой отказов и неисправностей в данном регионе, исходя из их функционала, разномарочности и имеющих место значительных простоев в ожидании ремонта на существующих предприятиях. Что позволит сформировать рациональную структуру технического сервиса автомобилей в государстве Палестина.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Климат стран ближнего востока [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://torise.ru/klimat-stran-blizhnego-vostoka/>
2. Большая российская энциклопедия / гл. ред. Ю.С. Осипов. - в 35 т. - М.: Большая российская энциклопедия, 2004-2017.
3. Якунин Н.Н. Эксплуатация автомобильного транспорта: Учебное пособие. – 2017.
4. Сергеев Н.Н. Электрооборудование и электронные системы автомобиля. – 2015.
5. Проскурин А.И., Москвин Р.Н., Карташов А.А. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей на предприятиях автосервиса: Учебное пособие. – 2014.
6. Агеев Е.В., Севостьянов А.Л., Родионов Ю.В. Проблемы и перспективы развития технической эксплуатации автомобилей: Монография. – 2014.
7. Автомобили из арабских стран завозят в РФ. Какие риски у такой покупки [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.gazeta.ru/auto/2022/04/24/14767616.shtml>
8. Ikromov I.A., Abduraximov A.A., Fayzullayev H. Experience and prospects for the development of car service in the field of car maintenance //ISJ Theoretical & Applied Science. – 2021. – Т. 11. – №103. – С. 344-346.
9. Салахов И.М. и др. Анализ стратегий технического обслуживания и ремонта машин и оборудования АПК //Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации. – 2020. – С. 142-146.
10. Яссер Оде, Фарес Джарадат. Годовой статистический отчет за 2020 год. - Министерство транспорта и коммуникаций Саудовской Аравии. – 2021. - С. 26-79.

11. Абдель Насер Осман, Маан Шехаде. Годовой статистический отчет за 2020 год. - Министерство транспорта и коммуникаций Саудовской Аравии. –2021. - С. 26-79.
12. Лина Назель, Мухаммад Абу Али. Годовой статистический отчет за 2020 год. - Министерство транспорта и коммуникаций Саудовской Аравии. – 2021. - С. 26-79
13. Эаль Баргути, Махарен Кожа. Годовой статистический отчет за 2020 год. - Министерство транспорта и коммуникаций Саудовской Аравии. – 2021. - С. 26-79.
14. Адиб Баргути, Мохомед Кисоани. Годовой статистический отчет за 2020 год. - Министерство транспорта и коммуникаций Саудовской Аравии. –2021. - С. 26-79.
15. Обад Фарис, Ахмад Салах. Годовой статистический отчет за 2020 год. - Министерство транспорта и коммуникаций Палестина. –2021. - С. 18-52.
16. Ибрагим Маан, Оде Фарес. Годовой статистический отчет за 2020 год. - Министерство транспорта и коммуникаций Палестина. –2021. - С. 18-52.
17. А.Д. Ахмед Камаль Афифи. Градостроительное планирование и его влияние на программы обороны. – Наифский арабский университет (NAUSS), 2010.
18. Оли Мохмад. Влияние классифицированных объектов на окружающую среду - исследование на станции Шуэб управления городскими технологиями. - Университет Нажран, 2021.
19. Абдулазиз, Мохаммед Джума. Географический анализ городского транспорта в городе Бенисуэф // Бюллетень Ассиутского университета по экологическим исследованиям. – 2021. – Т. 24. – №1. – С. 91-102.
20. КадиршаевТургунбай, Ибрахимов Каримжан Исмаилович. Технологический расчет станций технического обслуживания, с учетом число заездов и количество обслуживаемых автомобилей // Universum: технические науки. - 2021. - №11-1(92).

Ременцов Андрей Николаевич

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)
Адрес: 125319, Россия, Москва, Ленинградский пр., 64
К.т.н., д.п.н., профессор
E-mail: rementsov@yandex.ru

Егоров Виктор Акимович

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)
Адрес: 125319, Россия, Москва, Ленинградский пр., 64
К.т.н., доцент
E-mail: yegorov@tea.madi.ru

Адиб Ремаве

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)
Адрес: 125319, Россия, Москва, Ленинградский пр., 64
Аспирант
E-mail: Mrrimawi93@gmail.com

ADIB REMAVE, A.N. REMENTSOV, V.A. EGOROV

**FEATURES OF THE OPERATION AND OPERABILITY
OF VEHICLES IN THE MIDDLE EAST**

Abstract. *The article presents a comparison of relative indicators for the provision of car maintenance systems in the countries under consideration. As a result of verified studies, it has been established that the network of maintenance facilities in the countries of the Middle East is not perfect. An initiative to create new technical service enterprises (PTS) for cars has been identified.*

Keywords: *road transport, maintenance, provision of the public with vehicles, the Middle East, maintenance facilities, maintenance of good condition of vehicles*

BIBLIOGRAPHY

1. Klimat stran blizhnego vostoka [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://torise.ru/klimat-stran-blizhnego-vostoka/>
2. Bol'shaya rossiyskaya entsiklopediya / gl. red. Yu.S. Osipov. - v 35 t. - M.: Bol'shaya rossiyskaya entsiklopediya, 2004-2017.
3. Yakunin N.N. Ekspluatatsiya avtomobil'nogo transporta: Uchebnoe posobie. - 2017.
4. Sergeev N.N. Elektrooborudovanie i elektronnyye sistemy avtomobilya. - 2015.

5. Proskurin A.I., Moskvina R.N., Kartashov A.A. Tekhnicheskoe obsluzhivanie i remont avtomobiley na predpriyatiyakh avtoservisa: Uchebnoe posobie. - 2014.
6. Ageev E.V., Sevost'yanov A.L., Rodionov Yu.V. Problemy i perspektivy razvitiya tekhnicheskoy ekspluatatsii avtomobiley: Monografiya. - 2014.
7. Avtomobili iz arabskikh stran zavozyat v RF. Kakie riski u takoy pokupki [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://www.gazeta.ru/auto/2022/04/24/14767616.shtml>
8. Ikromov I.A., Abduraximov A.A., Fayzullayev H. Experience and prospects for the development of car service in the field of car maintenance // ISJ Theoretical & Applied Science. - 2021. - T. 11. - №103. - S. 344-346.
9. Salakhov I.M. i dr. Analiz strategiy tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta mashin i oborudovaniya APK // Nauchnoe soprovozhdenie tekhnologiy agropromyshlennogo kompleksa: teoriya, praktika, innovatsii. - 2020. - S. 142-146.
10. Yasser Ode, Fares Dzharadat. Godovoy statisticheskiy otchet za 2020 god. - Ministerstvo transporta i kommunikatsiy Saudovskoy Aravii. - 2021. - S. 26-79.
11. Abdel` Naser Osman, Maan Shekhade. Godovoy statisticheskiy otchet za 2020 god. - Ministerstvo transporta i kommunikatsiy Saudovskoy Aravii. - 2021. - S. 26-79.
12. Lina Nazeel`, Mukhammad Abu Aliya. Godovoy statisticheskiy otchet za 2020 god. - Ministerstvo transporta i kommunikatsiy Saudovskoy Aravii. - 2021. - S. 26-79.
13. Eyal` Barguti, Makharen Kozha. Godovoy statisticheskiy otchet za 2020 god. - Ministerstvo transporta i kommunikatsiy Saudovskoy Aravii. - 2021. - S. 26-79.
14. Adib Barguti, Mokhommed Kisoani. Godovoy statisticheskiy otchet za 2020 god. - Ministerstvo transporta i kommunikatsiy Saudovskoy Aravii. - 2021. - S. 26-79.
15. Obad Faris, Akhmad Salakh. Godovoy statisticheskiy otchet za 2020 god. - Ministerstvo transporta i kommunikatsiy Palestina. - 2021. - S. 18-52.
16. Ibragim Maan, Ode Fares. Godovoy statisticheskiy otchet za 2020 god. - Ministerstvo transporta i kommunikatsiy Palestina. - 2021. - S. 18-52.
17. A.D. Akhmed Kamal` Afifi. Gradostroitel`noe planirovanie i ego vliyanie na programmy oborony. - Naifskiy arabskiy universitet (NAUSS), 2010.
18. Oli Mokhammad. Vliyanie klassifitsirovannykh ob"ektov na okruzhayushchuyu sredu - issledovanie na stantsii Shuerb upravleniya gorodskimi tekhnologiyami. - Universitet Nazhran, 2021.
19. Abdulaziz, Mokhammed Dzuma. Geograficheskiy analiz gorodskogo transporta v gorode Benisuef // Byulleten` Assiutskogo universiteta po ekologicheskim issledovaniyam. - 2021. - T. 24. - №1. - S. 91-102.
20. KadirshaevTurgunbay, Ibrakhimov Karimzhan Ismailovich. Tekhnologicheskii raschet stantsiy tekhnicheskogo obsluzhivaniya, s uchedom chislo zaezdov i kolichestvo obsluzhivaemykh avtomobiley // Universum: tekhnicheskie nauki. - 2021. - №11-1(92).

Rementsov Andrey Nikolaevich

Moscow Automobile and Road Construction State Technical University
Address: 125319, Russia, Moscow, Leningradskiy pr., 64
Candidate of technical sciences, doctor of pedagogical sciences
E-mail: rementsov@yandex.ru

Egorov Viktor Akimovich

Moscow Automobile and Road Construction State Technical University
Address: 125319, Russia, Moscow, Leningradskiy pr., 64
Candidate of technical sciences
E-mail: yegorov@tea.madi.ru

Adib Remave

Moscow Automobile and Road Construction State Technical University
Address: 125319, Russia, Moscow, Leningradskiy pr., 64
Graduate student
E-mail: Mrrimawi93@gmail.com

А.И. ГОРШКОВ, А.И. ГОРШКОВ, Е.Н. ГРИБАНОВ, И.В. РОДИЧЕВА

СИНТЕЗ И ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ ЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ АЛЮМОСИЛИКАТА НА ПОВЕРХНОСТИ АЛЮМИНИЯ

Аннотация. В работе получены механически прочные защитные покрытия на основе алюмосиликата на алюминии электрохимическим методом в электролитах с разной концентрацией метасиликата натрия и гидроксида натрия. С помощью рентгеноспектрального анализа, инфракрасной спектроскопии, металлографии и атомно-силовой микроскопии были изучены характеристики поверхности полученных покрытий. В работе была установлена зависимость характеристик поверхности от концентрации щелочи и напряжения. Предложен механизм процесса нанесения защитного покрытия на поверхность алюминия. Полученные покрытия обладают достаточной механической прочностью и увеличивают устойчивость алюминия к агрессивным средам.

Ключевые слова: защитные покрытия, алюмосиликаты, электролиз

Введение

Алюминий и его сплавы широко используются в различных отраслях промышленности. Они обладают коррозионной стойкостью и высокой теплопроводностью. Алюминий и его сплавы также имеют высокие показатели удельной прочности, что позволяет им находить широкое применение в транспортном машиностроении, включая производство легковых автомобилей, авиационно-космических конструкций и подвижного состава железнодорожного транспорта [1-5]. Это лишь некоторые примеры применения алюминия и его сплавов. В целом, алюминий является важным материалом современной индустрии, который используется в широком диапазоне областей и сфер деятельности, но наибольшую область применения он находит в транспортном машиностроении.

При воздействии агрессивных сред или экстремальных условий алюминий может быстро разрушаться, поэтому его поверхность покрывают специальными защитными покрытиями разнообразной природы и используют для этого различные методы от плазмохимического оксидирования до золь-гель метода [6-11]. Также возможны другие методы, например, гальваническое покрытие, плазменное напыление, керамическое напыление и др. [12-20]. Выбор метода и состава покрытия зависит от условий эксплуатации детали, требований к ее прочности и адгезии к поверхности, а также от желаемых свойств защитного слоя.

Материал и методы

Одним из перспективных методов улучшения коррозионной стойкости алюминия является формирование на алюминиевых деталях машин покрытий на основе алюмосиликатов, которые позволят защитить детали от тепловых нагрузок, высоких температур и коррозии. Целью данной работы является получение такого защитного покрытия на основе алюмосиликатов и изучение особенностей его формирования для дальнейшего применения в защите алюминиевых деталей в транспортном машиностроении. Обработка поверхности алюминия - важный этап производства, поскольку алюминий представляет собой реакционно способный металл, который может быстро окисляться воздухом. Для защиты поверхности от коррозии используются различные способы нанесения покрытий.

Теория

Для формирования защитного алюмосиликатного покрытия на предварительно обработанном алюминии (A99 100 нм), согласно методике [21], которая включала обработку алюминия в ацетоне и смеси кислот с последующим отжигом в муфельной печи, с целью очищения и подготовки поверхности образцов перед нанесением защитного покрытия. Для нанесения покрытия использовали электрохимический метод синтеза в потенциостатическом режиме (напряжение 8 В – 30 В) в водных растворах Na_2SiO_3 и NaOH . Идентификацию покрытий проводили при помощи ИК-спектроскопии (ИК-фурье спектрометр ФСМ 2202, таб-

летирование с бромидом калия, $4000\text{--}450\text{ см}^{-1}$) и рентгеноспектрального микроанализа (электронный микроскоп JSM-6380LV с рентгеновской приставкой INCA Energy-250). Морфология поверхности была изучена с помощью металлографии (микроскоп Альтами MET 1M) и атомно-силовой микроскопии (микроскоп NanoEducator II, NT-MDT), а толщина покрытий была измерена при помощи толщиномера (Horstek TC 515, разрешающая способность 100 нм и точность измерения $\pm 5\%$). Определена удельная площадь поверхности по сорбции метиленового синего.

Результаты и обсуждение

Установлено, что в процессе электролиза водных растворов метасиликата натрия и гидроксида натрия на аноде образуется механически прочная пленка. РСМА-спектры различных участков поверхности всех образцов показывают наличие кремния, алюминия, кислорода и натрия исключительно в поверхностном и приповерхностном слоях (рис. 1). КР-спектроскопия является чувствительным методом исследования каркасной структуры алюмосиликатов. На КР-спектрах пленок (рис. 2 а) наблюдаются пики в диапазоне 140 см^{-1} – 270 см^{-1} , что характерно для алюмосиликатов с шести- и более членными циклами.

На ИК-спектрах пленок (рис. 2 б) наблюдаются характеристические полосы поглощения характерные для синтетических алюмосиликатов. Полученные покрытия имеют интенсивные полосы поглощения в области частот $900\text{--}1250\text{ см}^{-1}$ и $400\text{--}600\text{ см}^{-1}$, что свидетельствует о наличии колебаний внутри каркаса тетраэдров $[(\text{Al}, \text{Si})\text{O}_4]$. Положение этих полос зависит от соотношения Si/Al в минерале. Полосы поглощения при 1163 , 1130 , 1092 см^{-1} соответствуют мостиковым связям Si-O-Si(Al), в то время как полоса поглощения при 953 см^{-1} характеризует валентные колебания немостиковых Si-O-связей. Деформационные колебания немостиковой связи Al-O(H) задают полосы поглощения при 940 и 913 см^{-1} , тогда как полоса 872 см^{-1} соответствует колебаниям OH-групп, составляющих Si-OH или Si-O(H)-Al. Колебания связей Si-O-Al, O-Si-O и Si-O-H характеризуются полосами поглощения при 705 , 580 и 452 см^{-1} . Полоса поглощения в области $560\text{--}580\text{ см}^{-1}$ свидетельствует о колебаниях по внешним связям сдвоенных четырех, пяти и шестичленных колец в структуре тетраэдров $[\text{AlO}_4]^{5-}$ и $[\text{SiO}_4]^{4-}$.

Основываясь на данных анализа спектров, можно предположить, что образующиеся поверхностные структуры относятся к высококремнистым алюмосиликатам, близким к типам MFI и FAU.

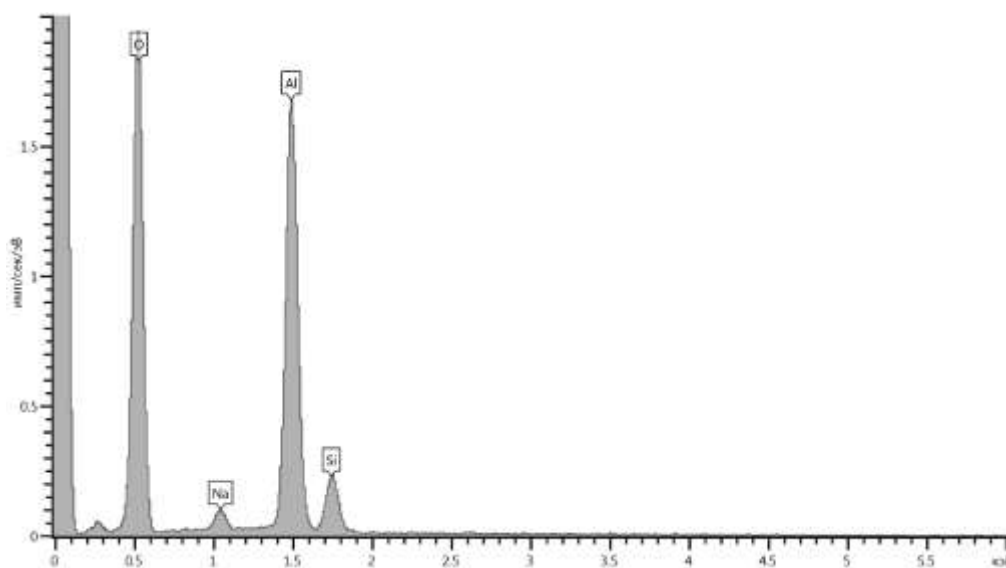


Рисунок 1 - Типичный EDX-спектр плёнки

Скорость роста покрытия на алюминии зависит от ионной проводимости. На рисунке 3 показаны типичные зависимости плотности тока от времени процесса, характеризующие формирование покрытия. На начальном этапе электролиза образуется высокоомный слой алюмосиликата, который контролирует разность потенциалов между катодом и анодом.

Пульсация тока на этом этапе связана с образованием пузырьков газа. Затем ток резко падает до минимума, затем увеличивается до максимума и убывает по экспоненциальной кривой. Последний этап характеризуется медленным падением тока, обусловленным ограниченной диффузией ионов в структуре покрытия.

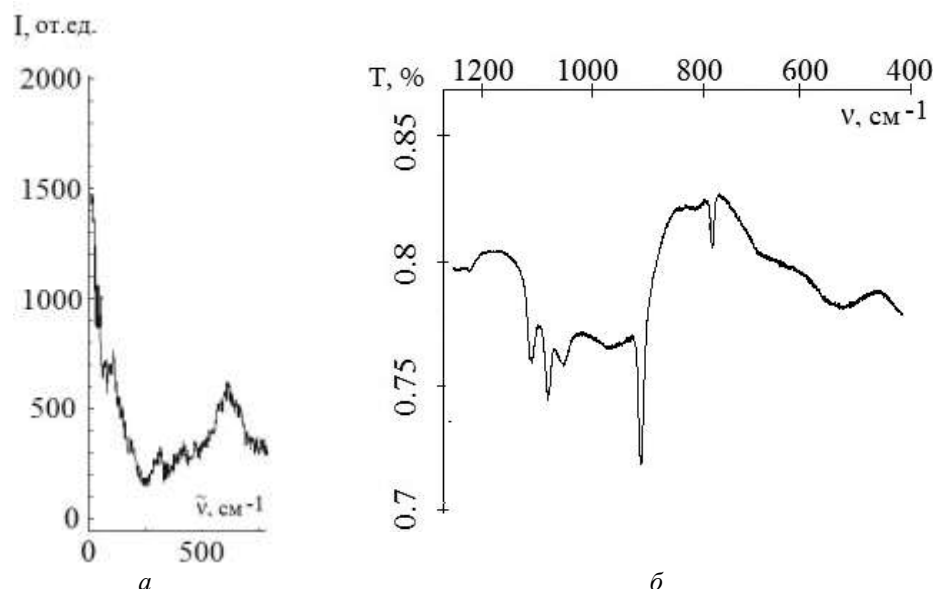


Рисунок 2 – Результаты спектроскопического исследования покрытий:
а - КР-спектр, б - ИК-спектр

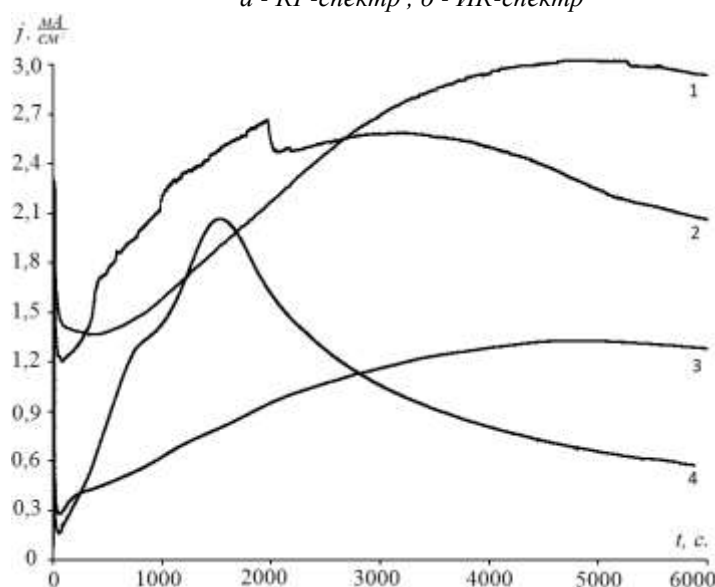


Рисунок 3 - Кривые анодирования: 1 – 26 В, 2 – 30 В, 3 – 16 В, 4 – 8 В. $[NaOH] = 0.1 \text{ М}$

На основе полученных данных можно предложить следующий механизм процесса нанесения покрытия электрохимическим способом. На первой стадии происходит травление алюминия в щелочном электролите. На этом этапе происходит образование ямок травления (рис. 4), причем повышение напряжения и концентрации щелочи, приводит к увеличению их количества.

Далее происходит растворение анода (алюминия) и взаимодействие его ионов с силикат- и гидроксид-ионами в растворе. Это приводит к образованию на поверхности анода слоя оксида алюминия, который выступает базой для формирования защитного алюмосиликатного слоя. Анализ подложки после снятия защитного алюмосиликатного слоя (рис. 5) показал, что на поверхности наблюдается характерная периодическая структура пор, с размерами, совпадающими с максимальным размером диагонали параллелепипедов алюмосиликата. Это говорит о том, что рост слоя оксида алюминия и нуклеация алюмосиликата происходят одновременно, обусловленные наличием в растворе силикатов и алюминатов. Как результат,

защитное покрытие имеет многослойную структуру, где фаза алюмосиликата возрастает от поверхности алюминия к внешней части.

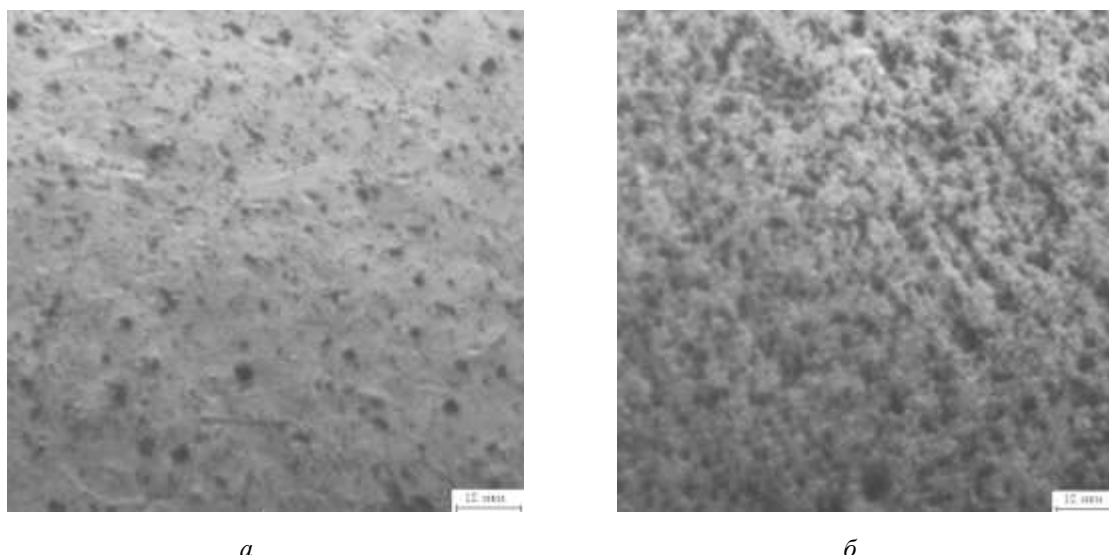


Рисунок 4 - Металлографическое изображение поверхности анода после травления в водном растворе 0.1 М NaOH при 8 В (а) и 26 В (б), 60 минут

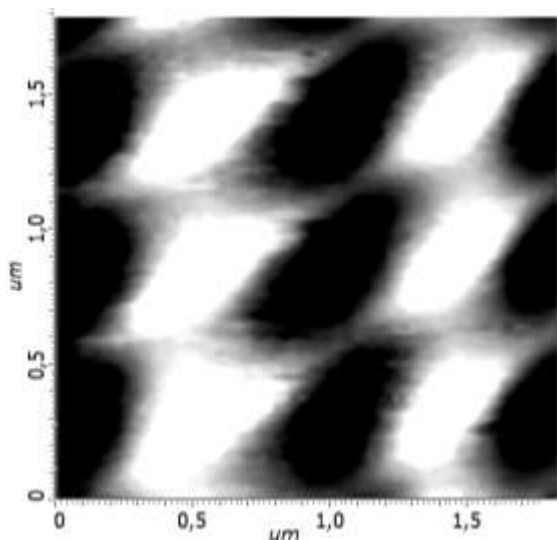


Рисунок 5 - АСМ-изображение поверхности покрытия на основе алюмосиликата (контактная мода, фазовый сигнал) поверхности анода под покрытием алюмосиликата, 26 В, [NaOH]=0.05 М, 3×3×0.07 мкм

На эксплуатационные характеристики полученных защитных покрытий в узлах машин влияют геометрические параметры поверхности. Средняя арифметическая шероховатость профиля R_a (табл. 1) полученных покрытий отражает неровность поверхности образцов. Поверхности полученных покрытий состоят из объемных фигур: глобул и параллелепипедов (рис. 6). Покрытия, полученные при низком напряжении (8 В), имеют в качестве структурных элементов поверхности глобулы с диаметрами от 500 нм до 2.5 мкм и параметром $R_a \sim 270-310$ нм (рис. 6 а). Поверхности пленок, полученные при напряжении от 16 В до 30 В, характеризуются параллелепипедами в качестве структурных элементов поверхности (рис. 6 б). Пленки, полученные при большем напряжении, имеют меньший перепад высот (не более 100-200 нм) и параметр $R_a \sim 10-50$ нм. Геометрические параметры структурных

элементов поверхности колеблются в пределах 150 нм - 250 нм.

Толщина, полученных покрытий определена для каждого образца и находится в интервале от 1,0 мкм до 18,5 мкм (табл. 1), увеличивается с понижением напряжения электролиза и увеличением концентрации NaOH в электролите.

Таблица 1 - Геометрические характеристики полученных покрытий

[NaOH], моль/л	0,05				0,10			
U, В	8	16	26	30	8	16	26	30
R_a , нм	281	18	16	55	273	22	8	13
Толщина, мкм	12,3±0,4	7,4±0,3	2,1±0,6	0,9±0,4	18,5±0,5	9,6±0,5	2,1±0,1	1,0±0,3

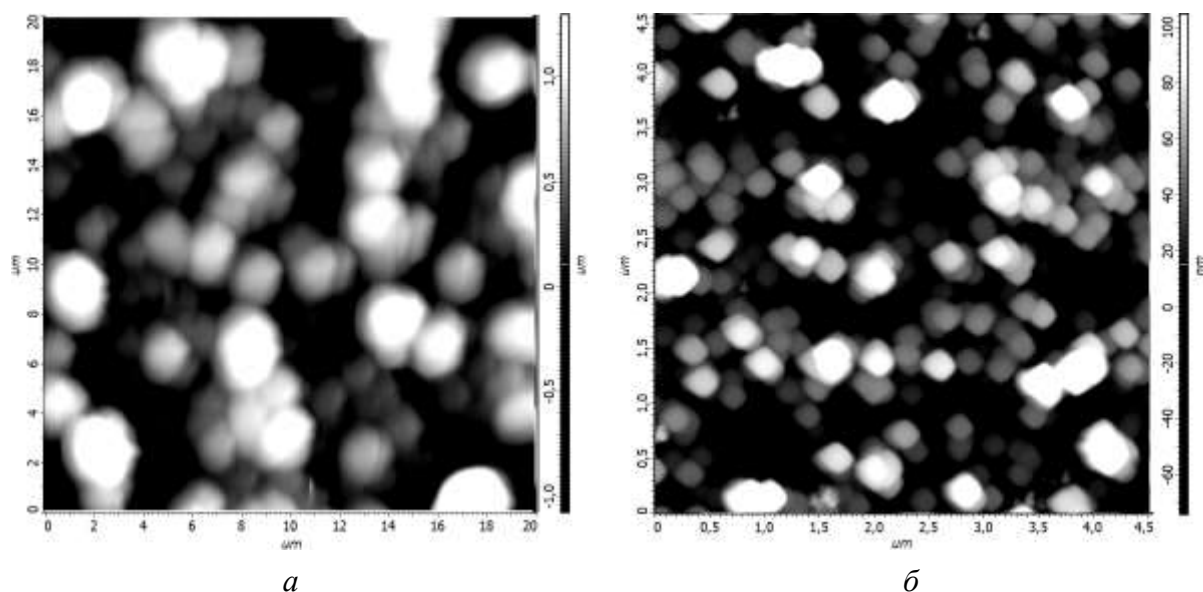


Рисунок 6 - АСМ-изображение поверхности покрытия на основе алюмосиликата:
а - 8 В, $[NaOH]=0.05$ М, $20 \times 20 \times 2.2$ мкм; б - 30 В, $[NaOH]=0.05$ М; $4 \times 4 \times 0.2$ мкм

Важной текстурной характеристикой поверхности образца является удельная площадь поверхности ($S_{уд}$): с ростом удельной площади поверхности возрастает поверхность детали доступная для взаимодействия с другими веществами. Таким образом, от данного параметра будет зависеть возможность нанесения на получаемое покрытие других материалов, например, лакокрасочных. Также удельная площадь поверхности влияет на теплообмен между отдельными деталями сложного узла.

Для всех полученных покрытий определена площадь удельной поверхности. На рисунке 7 представлена зависимость данного параметра от напряжения, при котором проводился электролиз. Как видно из рисунка концентрация щелочи не оказывает решающего влияния на площадь удельной поверхности. Определяющим фактором роста удельной площади поверхности покрытия является величина напряжения, при котором протекает электролиз: с увеличением напряжения электролиза увеличивается удельная площадь поверхности, что можно объяснить уменьшением характерных размеров структурных элементов покрытия.

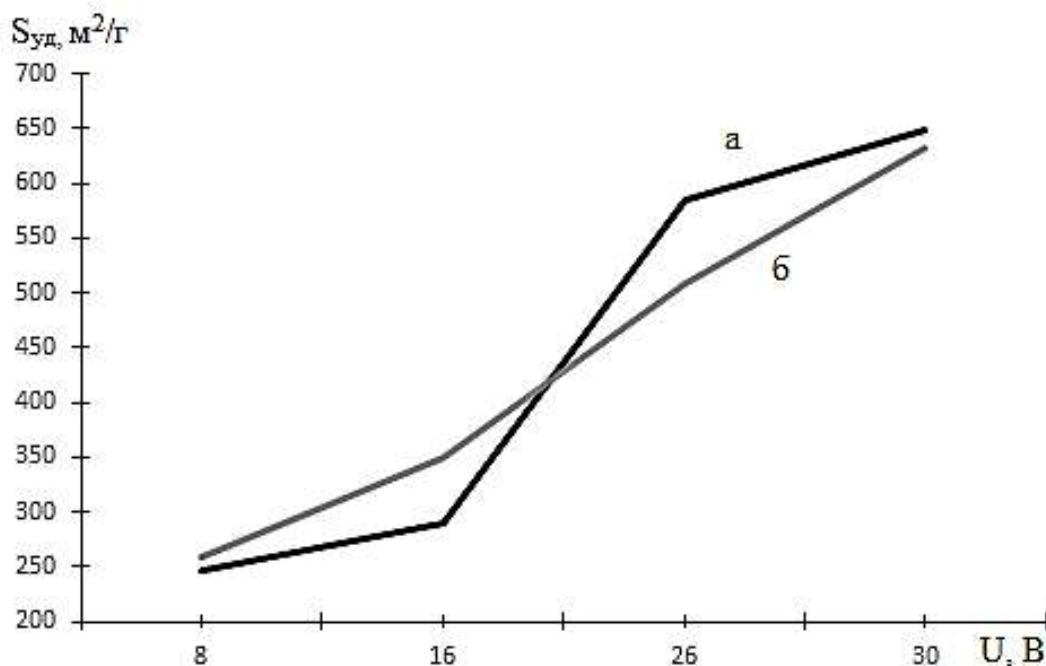


Рисунок 7 – Зависимости удельной площади поверхности покрытий от напряжения (U), при котором получено покрытие: а - $[NaOH]=0.05$ моль/л, б - $[NaOH]=0.10$ моль/л

Выводы

В работе предложен и применен метод электрохимического нанесения защитного покрытия на основе алюмосиликата на поверхность алюминия в щелочно-силикатных электролитах. Эти покрытия представляют собой тонкие пористые пленки микро- и субмикротолщины. Их природу определяли методами РСМА, ИК- и КР-спектроскопии, а морфология изучалась методами металлографии и атомно-силовой микроскопии. При напряжении электролиза 8 В получили аморфное глобулярное покрытие, при более высоком напряжении – кристаллическое. Установлено, что увеличение напряжения электролиза приводит к уменьшению толщины покрытий и одновременно к увеличению удельной площади поверхности. Предложен механизм роста алюмосиликатного покрытия, который заключается в росте ячеистого анодного слоя оксида алюминия, выступающего основанием для роста пленок. Полученные пленки обладают достаточной механической прочностью и могут быть использованы как самостоятельные, так и в качестве подложек для нанесения других покрытий, например, лакокрасочных, поскольку их пористая структура способствует лучшей адгезии к поверхности. Данный метод может быть применен в транспортном машиностроении для повышения износостойкости деталей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Yasakau K.A., Tedim J., Zheludkevich M.L., Ferreira M.G.S. Handbook of Smart Coatings for Materials Protection: Smart coatings for corrosion protection: an overview. Cambridge: Woodhead Publishing, 2014. - P. 224-274
2. Бантураби С.А. Мировой рынок алюминия и роль государства в развитии алюминиевой промышленности // XXX Международные Плехановские чтения: Сборник статей аспирантов и молодых ученых. – Москва: Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова. – 2017. – С. 267-271.
3. Хазанов Л.Г. Перспективы роста потребления алюминия, в том числе в автомобильной промышленности // Технология колесных и гусеничных машин. – 2012. – №3. – С. 39-41.
4. C50L HuckBolt. Huck-engineered lockbolts for the most challenging applications. Waco, Alcoa Fastening Systems, 2012. - 8 p.
5. Mori R. A new structured aluminium-air secondary battery with a ceramic aluminium ion conductor // RSC Advances. – 2013. – Vol. 3. - №29. – P. 11547-11551. – DOI 10.1039/c3ra42211a.
6. Agureev L., Savushkina S., Ashmarin A. et al. Study of plasma electrolytic oxidation coatings on aluminum composites // Metals. – 2018. – Vol. 8. -№6. – P. 459. – DOI 10.3390/met8060459.
7. Markov M.A., Bykova A.D., Krasikov A.V. et al. Formation of Wear- and Corrosion-Resistant coatings by the microarc oxidation of aluminum // Refractories and Industrial Ceramics. – 2018. – Vol. 59. - №2. – P. 207-214. – DOI 10.1007/s11148-018-0207-3.
8. Filonina V.S., Nadaraia K.V., Mashtalyar D.V et al. Formation of protective coatings on amg3 aluminum alloy using fluoropolymer nanopowder // Solid State Phenomena. – 2020. – Vol. 312. – P. 330-334. – DOI 10.4028/www.scientific.net/SSP.312.330.
9. Hamdy K., Okunkova A.A., Fedorov S.V. Coatings-electrodes for processing dielectric aluminum oxide ceramics on a wire electrical discharge machine // Journal of Physics: Conference Series: 15. – Saint Petersburg. - 2021. – P. 012011. – DOI 10.1088/1742-6596/1954/1/012011.
10. Ananiashvili K., Okrosashvili M., Loladze T. et al. Structure and properties of tantalum coatings obtained by electron beam technology on aluminum substrates // 2020. – Vol. 10. - №11. – P. 3737. – DOI 10.3390/app10113737.
11. Matykina E., Arrabal R., Pardo A. et al. Energy-Efficient PEO Process of Aluminium Alloys // Mater. Lett. - 2014. - V. 127. - P. 13-16.
12. Guan Y., Xia Y., Li G. Growth mechanism and corrosion behavior of ceramic coatings on aluminum produced by autocontrol AC PULSE PEO // Surf. Coat. Technol. - 2008. - V. 202. - P. 4602-4612.
13. Liao, Ruijin & Zhiping, Zuo & Guo, Chao & Yuan, Yuan & Zhuang, Aoyun. Fabrication of superhydrophobic surface on aluminum by continuous chemical etching and its anti-icing property. Applied Surface Science. – 2016. – №317. – P. 701-709. – doi: 10.1016/j.apsusc.2014.08.187.
14. Gulicovski, Jelena & Bajat, Jelena & Jokić, B. & Panić, Vladimir & Miskovic-Stankovic, Vesna & Milonjic, Slobodan. Protective ability and impedance response of sol-gel reversely transformed ceria conversion coating on aluminium // Journal of Solid State Electrochemistry. – 2016 – P. 20. – doi: 10.1007/s10008-015-3040-3.
15. Liu W., Pu Y., Liao H. et al. Corrosion and wear behavior of PEO coatings on D16T aluminum alloy with different concentrations of graphene // Coatings. – 2020. – Vol. 10. - №3. – P. 249. – DOI 10.3390/coatings10030249.
16. Baranova T.A., Chubenko A.K., Ryabikov A.E. et al. Microarc synthesis of nanostructured radiation-absorbing coatings on aluminum and titanium surfaces // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – Tomsk. - 2018. – P. 012037. – DOI 10.1088/1757-899X/286/1/012037.

17. Khoroshko L.S., Orekhovskaya T.I., Meledina M.V. Sol-gel coatings for photolithography on nanoporous anodic alumina and aluminum // Physics, chemistry and applications of nanostructures: Proceedings of International Conference Nanomeeting. – 2017. – Minsk: World Scientific Publishing Co. – P. 398-401.

18. Barandehfar F., Aluha J., Gitzhofer F. Synthesis of cubic aluminum nitride (AlN) coatings through suspension plasma spray (sps) technology // Coatings. – 2021. – Vol. 11. – №5. – DOI 10.3390/coatings11050500.

19. Болотов А.Н., Новиков В.В., Новикова О.О. Интенсификация формирования износостойкого керамического покрытия на алюминии и его сплавах // Вестник Тверского государственного технического университета. – 2013. – №1(23). – С. 60-62.

20. Bozhko I.A., Rybalko E.V., Kalashnikov M.P. et al. Effect of aluminum content on the performance of coatings based on Al-Si-N // Key Engineering Materials. – 2016. – Vol. 685. – P. 591-595. – DOI 10.4028/www.scientific.net/KEM.685.591.

21. Jinsub Choi. Fabrication of monodomain porous alumina using nanoimprint lithography and its applications: Dissertation ... Doktor-Ingenieur, 2004. – 103 p.

Горшков Александр Игоревич

Орловский государственный университет
имени И.С. Тургенева
Адрес: 302026, Россия, г. Орел, ул. Комсомольская, 95
Старший преподаватель
E-mail: gorshkov.a.i@yandex.ru

Грибанов Евгений Николаевич

Орловский государственный университет
имени И.С. Тургенева
Адрес: 302026, Россия, г. Орел, ул. Комсомольская, 95
К.х.н., доцент, зав. кафедрой химии
E-mail: gribanoven@gmail.com

Горшков Алексей Игоревич

Орловский государственный университет
имени И.С. Тургенева
Адрес: 302026, Россия, г. Орел, ул. Комсомольская, 95
Аспирант
E-mail: gai4x4@gmail.com

Родичева Ирина Владимировна

Орловский государственный университет
имени И.С. Тургенева
Адрес: 302020, Россия, г. Орёл, Наугорское шоссе, 29
Аспирант
E-mail: rodfox@yandex.ru

A.I. GORSHKOV, A.I. GORSHKOV, E.N GRIBANOV, I.V. RODICHEVA

SYNTHESIS AND FEATURES OF THE STRUCTURE OF A PROTECTIVE COATING BASED ON ALUMINOSILICATE ON THE SURFACE OF ALUMINUM

Abstract. *In this work, mechanically strong protective coatings based on aluminosilicate on aluminum were obtained by electrochemical method in electrolytes with different concentrations of sodium metasilicate and sodium hydroxide. X-ray spectral analysis, infrared spectroscopy, metallography and atomic force microscopy were used to study the surface characteristics of the coatings obtained. In the work, the dependence of the surface characteristics on the concentration of alkali and voltage was established. The mechanism of the process of applying a protective coating to the surface of aluminum is proposed. The resulting coatings have sufficient mechanical strength and increase the resistance of aluminum to aggressive environments.*

Keywords: *protective coatings, aluminosilicates, electrolysis*

BIBLIOGRAPHY

1. Yasakau K.A., Tedim J., Zheludkevich M.L., Ferreira M.G.S. Handbook of Smart Coatings for Materials Protection: Smart coatings for corrosion protection: an overview. Cambridge: Woodhead Publishing, 2014. – P. 224-274

2. Banturabi S.A. Mirovoy rynek alyuminiya i rol` gosudarstva v razvitii alyuminievoy promyshlennosti // XXX Mezhdunarodnye Plekhanovskie chteniya: Sbornik statey aspirantov i molodykh uchenykh. – Moskva: Rossiyskiy ekonomicheskii universitet imeni G.V. Plekhanova. – 2017. – S. 267-271.

3. Hazanov L.G. Perspektivy rosta potrebleniya alyuminiya, v tom chisle v avtomobil`noy promyshlennosti // Tekhnologiya kolesnykh i gusenichnykh mashin. – 2012. – №3. – S. 39-41.

4. C50L HuckBolt. Huckengineered lockbolts for the most challenging applications. Waco, Alcoa Fastening Systems, 2012. – 8 p.

5. Mori R. A new structured aluminium-air secondary battery with a ceramic aluminium ion conductor // RSC Advances. – 2013. – Vol. 3. – №29. – P. 11547-11551. – DOI 10.1039/c3ra42211a.

6. Agureev L., Savushkina S., Ashmarin A. et al. Study of plasma electrolytic oxidation coatings on aluminum composites // Metals. – 2018. – Vol. 8. – №6. – P. 459. – DOI 10.3390/met8060459.

7. Markov M.A., Bykova A.D., Krasikov A.V. et al. Formation of Wear- and Corrosion-Resistant coatings by the microarc oxidation of aluminum // *Refractories and Industrial Ceramics*. - 2018. - Vol. 59. - №2. - P. 207-214. - DOI 10.1007/s11148-018-0207-3.
8. Filonina V.S., Nadaraia K.V., Mashtalyar D.V et al. Formation of protective coatings on amg3 aluminum alloy using fluoropolymer nanopowder // *Solid State Phenomena*. - 2020. - Vol. 312. - P. 330-334. - DOI 10.4028/www.scientific.net/SSP.312.330.
9. Hamdy K., Okunkova A.A., Fedorov S.V. Coatings-electrodes for processing dielectric aluminum oxide ceramics on a wire electrical discharge machine // *Journal of Physics: Conference Series*: 15. - Saint Petersburg. - 2021. - P. 012011. - DOI 10.1088/1742-6596/1954/1/012011.
10. Ananiashvili K., Okrosashvili M., Loladze T. et al. Structure and properties of tantalum coatings obtained by electron beam technology on aluminum substrates // 2020. - Vol. 10. - №11. - P. 3737. - DOI 10.3390/app10113737.
11. Matykina E., Arrabal R., Pardo A. et al. Energy-Efficient PEO Process of Aluminium Alloys // *Mater. Lett.* - 2014. - V. 127. - P. 13-16.
12. Guan Y., Xia Y., Li G. Growth mechanism and corrosion behavior of ceramic coatings on aluminum produced by autocontrol AC PULSE PEO // *Surf. Coat. Technol.* - 2008. - V. 202. - P. 4602-4612.
13. Liao, Ruijin & Zhiping, Zuo & Guo, Chao & Yuan, Yuan & Zhuang, Aoyun. Fabrication of superhydrophobic surface on aluminum by continuous chemical etching and its anti-icing property. *Applied Surface Science*. - 2016. - №317. - R. 701-709. - doi: 10.1016/j.apsusc.2014.08.187.
14. Gulicovski, Jelena & Bajat, Jelena & Joki, B. & Pani, Vladimir & Miskovic-Stankovic, Vesna & Milonjic, Slobodan. Protective ability and impedance response of solgel reversely transformed ceria conversion coating on aluminium // *Journal of Solid State Electrochemistry*. - 2016 - P. 20. - doi: 10.1007/s10008-015-3040-3.
15. Liu W., Pu Y., Liao H. et al. Corrosion and wear behavior of PEO coatings on D16T aluminum alloy with different concentrations of graphene // *Coatings*. - 2020. - Vol. 10. - №3. - P. 249. - DOI 10.3390/coatings10030249.
16. Baranova T.A., Chubenko A.K., Ryabikov A.E. et al. Microarc synthesis of nanostructured radiation-absorbing coatings on aluminum and titanium surfaces // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. - Tomsk. - 2018. - P. 012037. - DOI 10.1088/1757-899X/286/1/012037.
17. Khoroshko L.S., Orekhovskaya T.I., Meledina M.V. Solgel coatings for photolithography on nanoporous anodic alumina and aluminum // *Physics, chemistry and applications of nanostructures: Proceedings of International Conference Nanomeeting*. - 2017. - Minsk: World Scientific Publishing Co. - P. 398-401.
18. Barandehfar F., Aluha J., Gitzhofer F. Synthesis of cubic aluminum nitride (AlN) coatings through suspension plasma spray (sps) technology // *Coatings*. - 2021. - Vol. 11. - №5. - DOI 10.3390/coatings11050500.
19. Bolotov A.N., Novikov V.V., Novikova O.O. Intensifikatsiya formirovaniya iznosostoykogo keramicheskogo pokrytiya na alyuminiy i ego splavakh // *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. - 2013. - №1(23). - S. 60-62.
20. Bozhko I.A., Rybalko E.V., Kalashnikov M.P. et al. Effect of aluminum content on the performance of coatings based on Al-Si-N // *Key Engineering Materials*. - 2016. - Vol. 685. - P. 591-595. - DOI 10.4028/www.scientific.net/KEM.685.591.
21. Jinsub Choi. Fabrication of monodomain porous alumina using nanoimprint lithography and its applications: Dissertation ... Doktor-Ingenieur, 2004. - 103 p.

Gorshkov Aleksander Igorevich
Orel State University
Address: Orel, Komsomolskaya str., 95
Senior lecturer
E-mail: gorshkov.a.i@yandex.ru

Gorshkov Aleksey Igorevich
Orel State University
Address: Orel, Komsomolskaya str., 95
Graduate student
E-mail: gai4x4@gmail.com

Gribanov Evgeny Nikolaevich
Orel State University
Address: Orel, Komsomolskaya str., 95
Candidate of Chemical Sciences,
E-mail: gribanoven@gmail.com

Rodicheva Irina Vladimirovna
Orel State University
Address: 302020, Russia, Orel, Naugorskoe shosse, 29
Postgraduate student
E-mail: rodfox@yandex.ru

В.И. САРБАЕВ, А.Г. ГУСЕВ, А.С. ГРИШИН, С. ДЖОВАНИС

УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНЫМИ ЗАМЕНАМИ И ЗАПАСАМИ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ В АВТОБУСНОМ ПАРКЕ

Аннотация. В статье рассмотрены проблемы согласования работ по техническому обслуживанию автобусов, их текущему ремонту и предупредительными заменами. Поставлена задача выбора критерия рационального распределения и периодичности проведения предупредительных замен, что ведет к согласованию с системой управления запасами автобусного парка. Для моделирования системы управления запасами в статье предлагается факторная модель генерации взаимосвязанного ряда поставок запчастей, которая включается в обобщенную аналитико-имитационную модель многономенклатурной системы управления запасами.

Ключевые слова: автобусы, техническое обслуживание, текущий ремонт, предупредительные замены, периодичность технических воздействий, имитационное моделирование системы управления запасами

Введение

Организация текущего ремонта подвижного состава является одной из наиболее актуальных задач АТП [3, 4]. Простои автомобилей (автобусов) в ремонте очень высоки, вследствие чего до 25 % автомобильного парка ежедневно не выпускается на линию. Снижение качества текущего ремонта (ТР), вследствие его слабой организации, ведет к уменьшению межремонтных пробегов и, следовательно, к росту объемов ТР. Важнейшей задачей организации ремонта является снижение времени простоя автомобилей в ТР. Планирование процессов ТО и ТР заключается в составлении графика поступления автобусов на посты обслуживания для прохождения ТО и текущего ремонта, а в задачу технической службы входит обеспечение реализации производственного плана и выполнения максимального количества работ по замене необходимых узлов и агрегатов при имеющихся ресурсах.

Все это ведет к необходимости рационального планирования и распределения работ между ТО, текущим ремонтом и предупредительными заменами, что, в свою очередь, ставит необходимость согласования с задачами системы управления запасами. В качестве критериев эффективности проведения работ по ТО и ремонту автобусов можно использовать комплексные показатели надежности, такие, как коэффициент технической готовности или другие [9].

Материал и методы

Рационально выбранная периодичность обслуживания [7, 8, 13], а также реализация механизмов предупредительных замен деталей и узлов, существенным образом может влиять на уменьшение числа и времени неплановых ремонтов $T_{\text{непл}}$. Реальное суммарное время неплановых ремонтов при этом за счет предупредительных замен сократится на величину $\Delta T_{\text{непл}}^{\text{пред}}$ будет равно

$$T_{\text{непл}}^{\text{пр}} = T_{\text{непл}} - \Delta T_{\text{непл}}^{\text{пред}}, \quad (1)$$

где $T_{\text{непл}}$ – время неплановых ремонтов без предупредительных замен;

$\Delta T_{\text{непл}}^{\text{пред}}$ – сокращение времени за счет предупредительных замен;

$T_{\text{непл}}^{\text{пр}}$ – реальное время неплановых ремонтов, сокращенное за счет предупредительных замен.

Однако проведение предупредительных замен в рамках плановых ТО повысит время его выполнения $T_{\text{план}}$ и увеличит на величину $\Delta T_{\text{план}}^{\text{пред}}$, т.е. реальное время $T_{\text{план}}^{\text{пр}}$ значение будет равно

$$T_{\text{план}}^{\text{пр}} = T_{\text{план}} + \Delta T_{\text{план}}^{\text{пред}}, \quad (2)$$

где $T_{\text{план}}$ – время плановых ТО без предупредительных замен;

$\Delta T_{\text{план}}^{\text{пред}}$ – увеличение времени планового ТО за счет выполнения предупредительных замен;

$T_{\text{план}}^{\text{пр}}$ – реальное время плановых ТО с предупредительными заменами.

В плане сравнения приращения времени плановых ТО $\Delta T_{\text{план}}^{\text{пред}}$ и сокращения неплановых ремонтов $\Delta T_{\text{непл}}^{\text{пред}}$ следует учитывать их существенную разницу $\Delta T_{\text{непл}}^{\text{пред}} \gg \Delta T_{\text{план}}^{\text{пред}}$, что определяет необходимость подготовки автобусов при неплановых ремонтах. А это требует мойки, диагностики неисправности, заказа необходимых деталей и узлов т.д.

Нормативное время общих работ по ТО с учетом предупредительных замен будет равно

$$T^{\text{пр}} = T_{\text{план}}^{\text{пр}} + T_{\text{непл}}^{\text{пр}}. \quad (3)$$

В целом, задача ставится в оценке возможности повышения коэффициента технической готовности автобуса за счет реализации механизма предупредительных замен.

В общем случае, коэффициент готовности K_{Γ} – вероятность того, что объект окажется работоспособным в произвольный момент времени [6, 11]. Необходимо указывать интервал эксплуатации объекта, на котором следует оценивать коэффициент готовности K_{Γ} (при этом имеется в виду стационарный коэффициент готовности).

Если на заданном интервале эксплуатации определены среднее значение наработки на отказ T_o и среднее время восстановления объекта после отказа $T_{\text{в}}$, то

$$K_{\Gamma} = \frac{\sum_{i=1}^N T_{o,i}}{\sum_{i=1}^N T_{o,i} + \sum_{i=1}^N T_{\text{в},i}}, \quad (4)$$

где $T_{o,i}$ – суммарная наработка i -го объекта в заданном интервале эксплуатации;

$T_{\text{в},i}$ – суммарное время восстановления i -го объекта за тот же период эксплуатации.

Таким образом, с учетом выполнения предупредительных замен коэффициент будет равен

$$K_{\Gamma} = \frac{T_o}{T_o + T^{\text{пр}}}. \quad (5)$$

Учитывая соотношения (1), (2) и (3) а также введенные коэффициенты, получим

$$K_{\Gamma} = \frac{T_o}{T_o + T_{\text{план}} + \Delta T_{\text{план}}^{\text{пр}} + T_{\text{непл}} - \Delta T_{\text{непл}}^{\text{пр}}}. \quad (6)$$

Таким образом, периодичность предупредительных замен влияет как на плановые ТО, так и неплановые ремонты [12, 13]. Периодичность сокращается – повышается время проведения плановых ТО, но при этом сокращается время неплановых ремонтов [9], что приводит к поиску компромисса, а приведенные выше соотношения дают основу формирования критерия оптимизации периодичности.

В случае принятия решений по интенсивному использованию механизмов предупредительных замен при техническом обслуживании автобусов заявки на запчасти становятся более регулярными. В связи с этим, появляется возможность более точно строить прогнозы и, соответственно, более эффективно управлять системой управления запасами [16].

Теория

Кроме того, проведенный в работе корреляционный анализ показал, что между временными рядами заказов на различную номенклатуру имеют место достаточно значительные коэффициенты корреляции (табл. 1).

Таблица 1 - Коэффициенты корреляций между временными рядами заказов различной номенклатуры деталей и узлов автобусов

Переменная	Корреляции (DB_SoI_All_3_Gus)								
	Отмеченные корреляции значимы на уровне $p < 0,05000$ N=339 (Построчное удаление ПД)								
	Кроншг	БолтКВ	Колон	Диск	Ступ	Уплот	Датч	Аморт	Натяж
Кроншг	1,00	0,34	0,39	0,49	0,45	0,49	0,34	0,47	0,49
БолтКВ	0,34	1,00	0,17	0,33	0,42	0,47	0,17	0,29	0,45
Колон	0,39	0,17	1,00	0,29	0,47	0,22	0,32	0,47	0,30
Диск	0,49	0,33	0,29	1,00	0,44	0,48	0,40	0,35	0,35
Ступ	0,45	0,42	0,47	0,44	1,00	0,42	0,39	0,44	0,47
Уплот	0,49	0,47	0,22	0,48	0,42	1,00	0,48	0,29	0,49
Датч	0,34	0,17	0,32	0,40	0,39	0,48	1,00	0,18	0,21
Аморт	0,47	0,29	0,47	0,35	0,44	0,29	0,18	1,00	0,40
Натяж	0,49	0,45	0,30	0,35	0,47	0,49	0,21	0,40	1,00

Кроме корреляционного, в работе проведен факторный анализ и анализ главных компонент запросов на различную номенклатуру деталей. Для приведенной номенклатуры три первых компоненты дали практически 70 % информации о необходимости всех девяти позиций (табл. 2). При этом все главные факторы являются линейным преобразованием исходных временных рядов потребностей в заданной номенклатуре.

Таблица 2 - Информативность главных компонент

Значен.	Собст. значения (Gus_1)			
	Выделение: Главные компоненты			
	Собств. Знач.	% общей дисперс.	Кумулятивн. Собств. Знач.	Кумулятивн. %
1	4,0650	45,1672	4,0650	45,1672
2	1,0369	11,5208	5,1019	56,6880
3	0,9763	10,8475	6,0782	67,5355
4	0,6557	7,2850	6,7338	74,8205
5	0,5645	6,2722	7,2983	81,0928
6	0,4892	5,4356	7,7876	86,5284
7	0,4467	4,9637	8,2343	91,4921
8	0,4134	4,5928	8,6476	96,0849
9	0,3524	3,9151	9,0000	100,0000

Теоретически математическое ожидание рядов главных компонент - 0, а средне-квадратическое отклонение (СКО) – 1. При этом характер временных рядов первых трех главных компонент имеет явно различный характер (рис. 1).

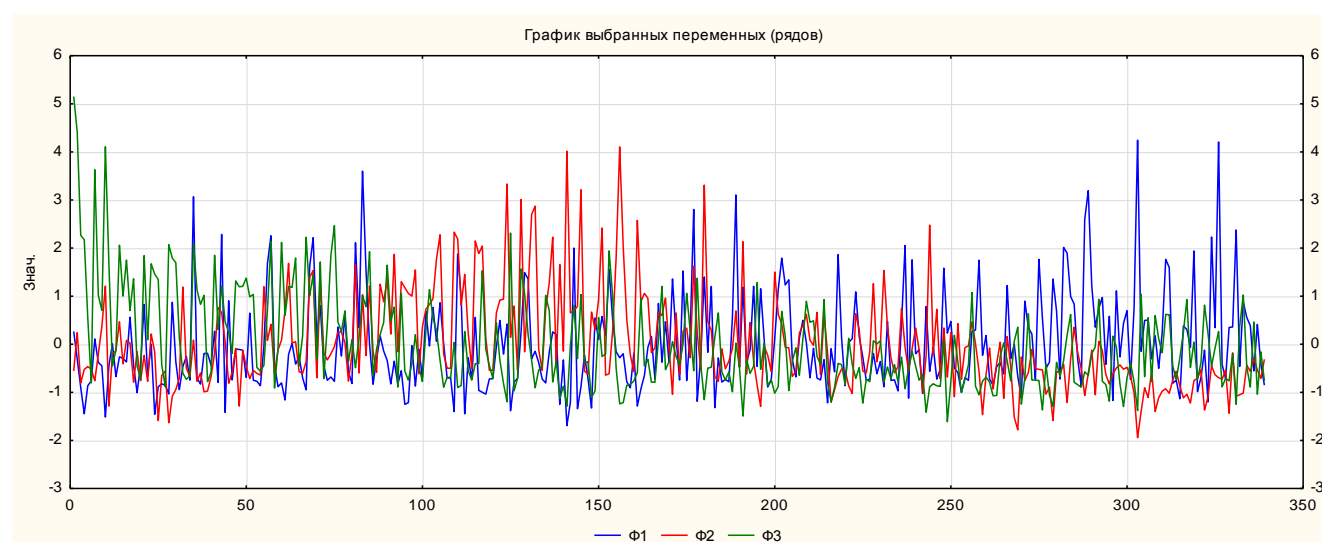


Рисунок 1 - Графики первых главных компонент

Также следует отметить совершенно различный характер автокорреляционных функций (рис. 2).

Из рисунка видно, что у первой компоненты автокорреляция имеет место явно выраженная двухнедельная составляющая, у второй – сильно затянутый монотонный ряд корреляций, у третьей – более циклический. Кросскорреляция между главными компонентами также статистически незначима.

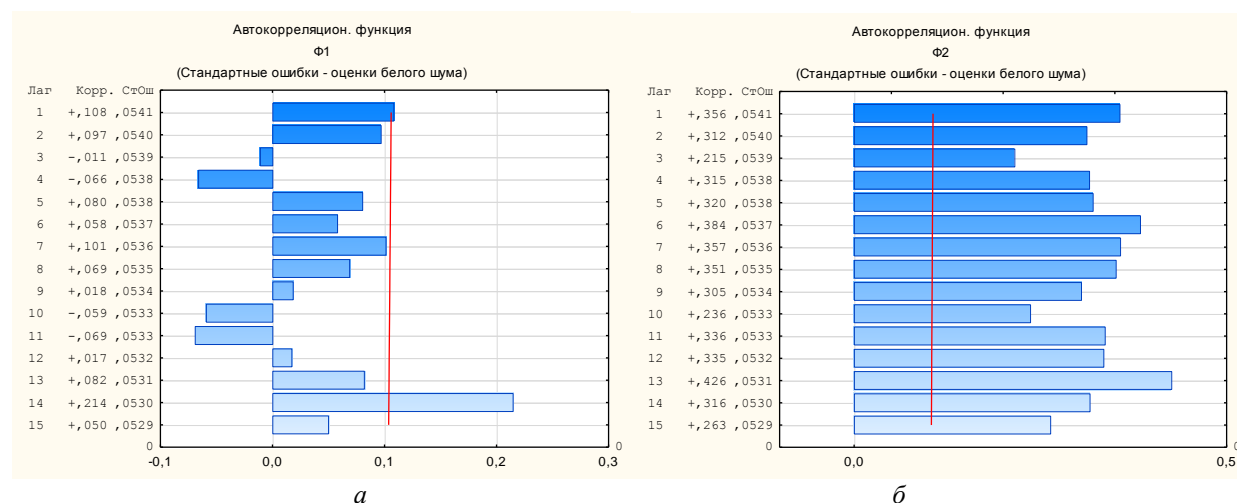


Рисунок 2 - Автокорреляционные функции главных компонент:
а - автокорреляция 1-ой компоненты, б - автокорреляция 2-ой компоненты

Кроме того, эквивалентное вращение показало, что наиболее информативной позицией номенклатуры, которая максимально коррелирует с первой главной компонентой, является БолКВ (центральный болт коленвала), на которую приходится 45 % общей дисперсии. Почти 12 % на Колон (рулевую колонку), которая коррелирует на 0.935 со второй главной компонентой, и почти 11 % на Датч (датчик управления двигателем), который на 0.945 коррелирует с третьей главной компонентой.

Данные результаты факторного анализа и автокорреляций главных компонент дают основу моделирования взаимосвязанных рядов приведенной номенклатуры через главные компоненты или наиболее информативные позиции номенклатуры (центральный болт коленвала, рулевую колонку, датчик управления двигателем).

Генерации взаимосвязанных рядов поставок запчастей по главным компонентам

Для генерации временных рядов главных компонент ξ_n , $n = 1, 2, \dots$ с заданной автокорреляционной функцией R^{zad} для $m = 1, 2, \dots, N$ (для $m > N$ автокорреляция отсутствует $R^{zad}(m) = 0$) предлагается использовать модель скользящего среднего [2]. Это приводит к решению системы из N нелинейных уравнений

$$\sum_{i=1}^{N-m} x_i x_{i+m} = R^{zad}(m), m = 0, 1, \dots, N-1. \quad (7)$$

Для решения системы уравнений используются итерационные процедуры решения систем нелинейных уравнений (например, Зейделя), которые имеют место в математических пакетах MatLab, MathCad и других.

Восстановление временных рядов для исходных позиций номенклатуры выполняется на основе обратного преобразования рядов главных компонент. В рамках данной модели можно оставить и все главные факторы (их девять – столько же, сколько и исходной номенклатуры), а можно и только первые три, которые дают почти 70 % всей информации.

В предложенный алгоритм моделирования взаимосвязанного временного ряда предлагается включить обобщенную имитационную модель многономенклатурной системы управления запасами, что позволит более адекватно описывать процессы заказов запчастей для ТО и ремонта автобусов.

Расчет

Формально динамика дискретно-событийной имитационной модели многономенклатурной системы управления запасами [1, 2, 5] представлена на языке транзакций, которые представляют требования АТП на определенную номенклатуру, формирование партии, непосредственно заказ, появление заказа на складе, и т.д. Однако в модели также присутствуют блоки аналитических расчетов, таких как, генерация модельного ряда запросов с заданным законом распределения и заданной автокорреляционной функцией, модели расчета необходимости формирования заказа по приведенным выше стратегиям управления. Практическая реализация аналитико-имитационной модели выполнена в системе MatLab с использованием стандартной библиотеки моделирования временных рядов по MA и AR-моделям (рис. 3).

В качестве критериев эффективности системы управления запасами (СУЗ) могут быть выбраны суммарные затраты, упущенная прибыль, связанная с отсутствием необходимых деталей и узлов, возможные риски срывов ТО и ремонта [14, 15]. Кроме того, возможно дополнение критериев по собственному алгоритму расчета, исходя из анализа траекторий остатков.

Так, при программной реализации данной аналитико-имитационной модели, все перечисленные стратегии управления включены в имитационную модель, что позволяет сравнивать оценки их эффективности при различных потоках заказов.

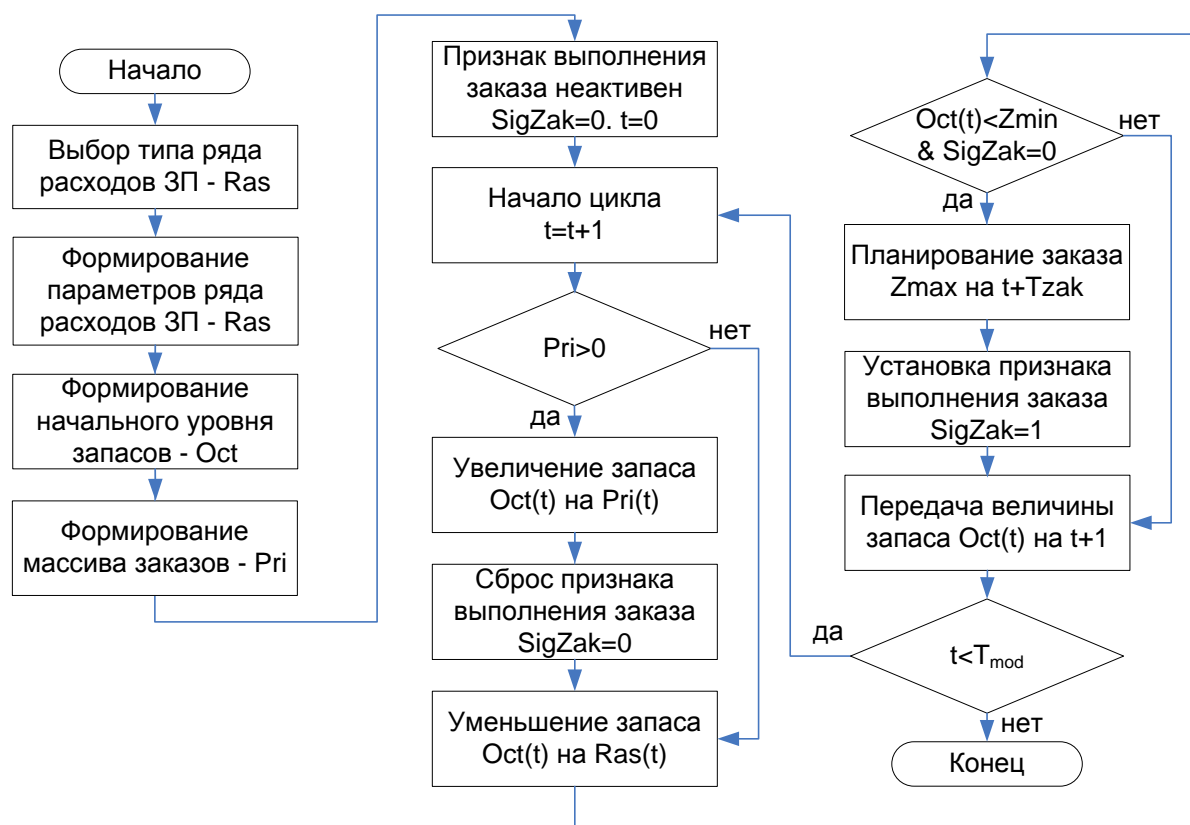


Рисунок 3 - Схема многономенклатурной системы управления запасами

В общем случае имитационная модель позволяет задавать горизонт планирования (1), точка заказа (2), максимальный объем заказа (3), время исполнения заказа (4), плата за хранение (5), плата за доставку (6), штраф за отсутствие (7), тип временного ряда (8), параметры ряда расходов (9) и ряд других параметров для различных стратегий управления.

Результаты и обсуждение

Принимая во внимание, что для каждой i -ой позиции номенклатуры строится прогноз потоков заказов, эти данные совмещаются с данными верхнего уровня аналитико-имитационной модели, на котором формируется и параметризуется стратегия формирования

совмещенных заказов номенклатуры деталей и узлов автобусов. Естественно, что такой подход к построению агрегированной схемы не может ухудшить эффективность работы всей системы управления запасами.

Для многономенклатурной системы предполагается использовать различные стратегии управления запасами, которые предполагают совмещение поставок различной номенклатуры ЗУК в одной партии [10]. Проведенный спектральный анализ показал, что для всей номенклатуры имеется возможность разбиения на достаточно небольшое количество групп, которые имеют близкие интервалы замен, что позволяет для этих групп использовать метод кратных интервалов.

Кроме того, аналитико-имитационная модель, в отличие от аналитических моделей, позволяет работать с любыми законами распределения случайных величин потребления, которые составляют временные ряды, что позволяет получать наиболее адекватные результаты [9, 10]. Кроме того, несмотря на имитационную основу предложенной модели, современные программно-инструментальные средства позволяют создавать достаточно «быстрые» модели, позволяющие получить оценки заданного критерия эффективности.

Выводы

Таким образом, в статье приведен подход к расчету периодичности предупредительных замен, что существенно сказывается на формировании стратегии системы управления запасами запчастей и агрегатов автобусов. Проведенный по имеющимся статистическим данным в работе корреляционный и факторный анализы запросов на поставки запчастей, узлов и агрегатов автобусов, показал наличие значительных корреляций, что требует согласования поставок всей номенклатуры запчастей. В связи с этим в работе предложена модель генерации многомерного ряда взаимосвязанных поставок запчастей, которая включена в обобщенную имитационную модель управления запасами автобусного парка. Проведенный спектральный анализ данных по потоку заявок на различную номенклатуру показал наличие близких интервалов сезонности, что позволяет для отдельно сгруппированных позиций номенклатуры использовать метод кратных интервалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бугримов В.А., Кондратьев А.В., Сарбаев В.И. Моделирование процессов управления запасами предприятия автосервиса // Научное обозрение. – 2017. – №8. – С. 63-68.
2. Бугримов В.А., Кондратьев А.В., Сарбаев В.И., Бородулин В.В. Статистическая основа имитационного моделирования системы управления запасами предприятия автосервиса // Мир транспорта и технологических машин. – 2017. – №1(56). – С. 132-138.
3. Варнаков Д.В., Варнаков В.В., Дежаткин М.Е. Оптимизация системы технического сервиса путем внедрения обслуживания по фактическому состоянию машин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – №2(38). – С. 168-173.
4. Варнаков Д.В., Дидманидзе О.Н. Теоретические основы концепции технического сервиса машин по фактическому состоянию на основе оценки их параметрической надежности // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2017. – №2(57). – С. 67-71.
5. Задорожний В.Г., Якубенко И.П. Модели управления производством при случайно изменяющихся факторах // Современная экономика: проблемы и решения. – 2011. – №9(21). – С. 138-144.
6. Керимов Ф.Ю., Филимонов И.А., Ивойлов А.А. Критерий комплексной оценки эффективности технической эксплуатации машин // Вестник Московского автомобильно-дорожного института (государственного технического университета). – 2008. – №2(13). – С. 27-32.
7. Макарова А.Н. Методика оперативного корректирования нормативов периодичности технического обслуживания с учетом фактических условий эксплуатации автомобилей: Дис. ... канд. техн. наук / Тюмень, 2015. – 208 с.
8. Максимов В.А., Моложавцев О.В. Определение норм расхода запасных частей городскими автобусами (для целей планирования) // Грузовик. – 2014. – №7. – С. 19-21.
9. Мандель А.С. О выборе критериев в задачах управления запасами в условиях неопределенности // Труды XII Всероссийского совещания по проблемам управления «ВСПУ-2014». – Москва: ИПУ РАН. – 2014. – С. 4212-4218.
10. Мандель А.С. Управление многономенклатурными запасами в условиях неопределенности и нестационарности. Ч.II. Создание страховых запасов // Проблемы управления. – 2012. – Т. 1. – С. 42-46.

11. Москвичев Д.А., Виноградов О.В. Влияние технологии технического обслуживания и ремонта на коэффициент технической готовности модульных грузовых автомобилей // Мир транспорта и технологических машин. – 2019. – №3(66). – С. 3-8.
12. Москвичев Д.А., Виноградов О.В. Оценка периодичности технического обслуживания модульного транспортного средства по наработке // Вестник гражданских инженеров. – 2019. – №4(75). – С. 134-137.
13. Савин Л.О. Повышение точности определения периодичности технического обслуживания двигателей внутреннего сгорания на автомобильной технике при ее эксплуатации в особых условиях // Мир транспорта и технологических машин. – 2021. – №2(73). – С. 23-32. DOI:10.33979/2073-7432-2021-73-2-23-31.
14. Сазонова А.К., Матвийчук Л.Н. Управление запасами предприятия и их оптимизация // Современные тенденции развития науки и технологий. – 2019. – Т. 8. – №5. – С. 124-127.
15. Терских В.М. Оптимизация и управление складом запасных частей на предприятиях обслуживающих и эксплуатирующих АТС: Дис. ... канд. техн. наук/ Красноярск, 2016. – 134 с.
16. Шрайбфедер Дж. Эффективное управление запасами / пер. с англ. Ю. Орлова. – Изд-во Альпина Паблишер, 2019. – 304 с.
17. Жаров С.П. Система контроля качества запасных частей на предприятиях автомобильного транспорта // Вестник КГУ. – 2010. – №1. – С. 28-31.
18. Макарова А.А., Нордин В.В. Анализ направлений маркетинговой политики автосервисного предприятия // Вестник молодежной науки. – 2019. – №5(22). – С. 14.
19. Govindana K., Rajendran S., Sarkis J., Murugesan P. and others. Multi criteria decision making approaches for green supplier evaluation and selection: a literature review // Journal of Cleaner Production. – 2015. – Vol. 98. – P. 66-83.
20. Wetzstein A., Hartmann E., Benton jr. W.C. and others. A systematic assessment of supplier selection literature – State-of-the-art and future scope // International Journal of Production Economics. – 2016. – Vol. 182. – P. 304-323.

Сарбаев Владимир Иванович

Московский политехнический университет
Адрес: 107023, Россия, г. Москва, ул. Б. Семеновская, 38
Д.т.н., профессор
E-mail: visarbaev@gmail.com

Гришин Александр Сергеевич

Московский политехнический университет
Адрес: 107023, Россия, г. Москва, ул. Б. Семеновская, 38
К.т.н., докторант
E-mail: agrishin@toyotabc.ru

Гусев Андрей Георгиевич

Московский политехнический университет
Адрес: 107023, Россия, г. Москва, ул. Б. Семеновская, 38
Аспирант
E-mail: andreu200909@icloud.com

Джованис Симос

Московский политехнический университет
Адрес: 107023, Россия, г. Москва, ул. Б. Семеновская, 38
Аспирант
E-mail: singmanos@yahoo.com

V.I. SARBAEV, A.G. GUSEV, A.S. GRISHIN, S. JOVANIS

MANAGEMENT OF PREVENTIVE REPLACEMENTS AND STOCK OF PARTS AND ASSEMBLY IN THE BUS FLEET

Abstract. *The article deals with the problems of coordination of works on the maintenance of buses, their current repair and preventive replacements. The task was set to select a rational distribution criterion and the frequency of preventive replacements, which leads to coordination with the bus fleet stock management system. To model the inventory management system, the article proposes a factorial model for generating an interconnected series of spare parts supplies, which is included in a generalized analytical and simulation model of a multi-item inventory management system.*

Keywords: *buses, maintenance, current repairs, preventive replacements, periodicity of technical impacts, inventory management system simulation*

BIBLIOGRAPHY

1. Bugrimov V.A., Kondrat'ev A.V., Sarbaev V.I. Modelirovanie protsessov upravleniya zapasami predpriyatiya avtoservisa // Nauchnoe obozrenie. – 2017. – №8. – S. 63-68.
2. Bugrimov V.A., Kondrat'ev A.V., Sarbaev V.I., Borodulin V.V. Statisticheskaya osnova imitatsionnogo modelirovaniya sistemy upravleniya zapasami predpriyatiya avtoservisa // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. – 2017. – №1(56). – S. 132-138.
3. Varnakov D.V., Varnakov V.V., Dezhatkin M.E. Optimizatsiya sistemy tekhnicheskogo servisa putem vnedreniya obsluzhivaniya po fakticheskomu sostoyaniyu mashin // Vestnik Ul'yanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. – 2017. – №2(38). – S. 168-173.

4. Varnakov D.V., Didmanidze O.N. Teoreticheskie osnovy kontseptsii tekhnicheskogo servisa mashin po fakticheskomu sostoyaniyu na osnove otsenki ikh parametricheskoy nadezhnosti // *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. - 2017. - №2(57). - S. 67-71.
5. Zadorozhniy V.G., YAkubenko I.P. Modeli upravleniya proizvodstvom pri sluchayno izmenyayushchikhsya faktorakh // *Sovremennaya ekonomika: problemy i resheniya*. - 2011. - №9(21). - S. 138-144.
6. Kerimov F.Yu., Filimonov I.A., Ivoylov A.A. Kriteriy kompleksnoy otsenki effektivnosti tekhnicheskoy ekspluatatsii mashin // *Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo instituta (gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta)*. - 2008. - №2(13). - S. 27-32.
7. Makarova A.N. Metodika operativnogo korrektilirovaniya normativov periodichnosti tekhnicheskogo obsluzhivaniya s uchetom fakticheskikh usloviy ekspluatatsii avtomobiley: Dis. ... kand. tekhn. nauk / Tyumen', 2015. - 208 s.
8. Maksimov V.A., Molozhavtsev O.V. Opredelenie norm raskhoda zapasnykh chastei gorodskimi avtobusami (dlya tselei planirovaniya) // *Gruzovik*. - 2014. - №7. - S. 19-21.
9. Mandel' A.S. O vybere kriteriev v zadachakh upravleniya zapasami v usloviyakh neopredelennosti // *Trudy XII Vserossiyskogo soveshchaniya po problemam upravleniya «VSPU-2014»*. - Moskva: IPU RAN. - 2014. - S. 4212-4218.
10. Mandel' A.S. Upravlenie mnogonomenklaturnymi zapasami v usloviyakh neopredelennosti i nestatsionarnosti. CH.II. Sozdanie strakhovykh zapasov // *Problemy upravleniya*. - 2012. - T. 1. - S. 42-46.
11. Moskvichev D.A., Vinogradov O.V. Vliyaniye tekhnologii tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta na koefitsient tekhnicheskoy gotovnosti modul'nykh gruzovykh avtomobiley // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. - 2019. - №3(66). - S. 3-8.
12. Moskvichev D.A., Vinogradov O.V. Otsenka periodichnosti tekhnicheskogo obsluzhivaniya modul'nogo transportnogo sredstva po narabotke // *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*. - 2019. - №4(75). - S. 134-137.
13. Savin L.O. Povyshenie tochnosti opredeleniya periodichnosti tekhnicheskogo obsluzhivaniya dvigateley vnutrennego sgoraniya na avtomobil'noy tekhnike pri ee ekspluatatsii v osobykh usloviyakh // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. - 2021. - №2(73). - S. 23-32. - DOI:10.33979/2073-7432-2021-73-2-23-31.
14. Sazonova A.K., Matviychuk L.N. Upravlenie zapasami predpriyatiya i ikh optimizatsiya // *Sovremennye tendentsii razvitiya nauki i tekhnologii*. - 2019. - T. 8. - №5. - S. 124-127.
15. Terskikh V.M. Optimizatsiya i upravlenie skladom zapasnykh chastei na predpriyatiyakh obsluzhivayushchikh i ekspluatiruyushchikh ATS: Dis. ... kand. tekhn. nauk / Krasnoyarsk, 2016. - 134 s.
16. Shraybfeder Dzh. Effektivnoe upravlenie zapasami / per. s angl. Yu. Orlova. - Izd-vo Al'pina Publisher, 2019. - 304 s.
17. Zharov S.P. Sistema kontrolya kachestva zapasnykh chastei na predpriyatiyakh avtomobil'nogo transporta // *Vestnik KGU*. - 2010. - №1. - S. 28-31.
18. Makarova A.A., Nordin V.V. Analiz napravleniy marketingovoy politiki avtoservisnogo predpriyatiya // *Vestnik molodezhnoy nauki*. - 2019. - №5(22). - S. 14.
19. Govindana K., Rajendran S., Sarkis J., Murugesan P. and others. Multi criteria decision making approaches for green supplier evaluation and selection: a literature review // *Journal of Cleaner Production*. - 2015. - Vol. 98. - R. 66-83.
20. Wetzstein A., Hartmann E., Benton jr. W.C. and others. A systematic assessment of supplier selection literature - Stateof-the-art and future scope // *International Journal of Production Economics*. - 2016. - Vol. 182. - R. 304-323.

Sarbaev Vladimir Ivanovich

Moscow Polytechnic University
Address: 107023, Russia, Moscow, Semenovskaya str.
Doctor of technical sciences
E-mail: visarbaev@gmail.com

Grishin Aleksandr Sergeevich

Moscow Polytechnic University
Address: 107023, Russia, Moscow, Semenovskaya str.
Candidate of technical sciences
E-mail: agrishin@toyotabc.ru

Gusev Andrey Georgievich

Moscow Polytechnic University
Address: 107023, Russia, Moscow, Semenovskaya str.
Postgraduate student
E-mail: andreu200909@icloud.com

Tzjovanniss Simos

Moscow Polytechnic University
Address: 107023, Russia, Moscow, Semenovskaya str.
Postgraduate student
E-mail: singmanos@yahoo.com

Научная статья

УДК 635-134

doi:10.33979/2073-7432-2023-2(81)-26-34

С.А. РОДИМЦЕВ, И.А. ДЕМБОВСКИЙ, Е.Н. ПАНИН

РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МОБИЛЬНОГО ОПРЫСКИВАТЕЛЯ ДЛЯ САДОВО-ПАРКОВОГО И ЛАНДШАФТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Аннотация. Все возрастающий объем работ в садово-парковом и ландшафтном строительстве, рекреационных зонах объектов коммунального хозяйства требуют наличия средств малой механизации, способных выполнять различные виды трудоемких технологических операций. К числу последних относится внесение удобрений и средств защиты зеленых насаждений. Статья содержит результаты работы по созданию, теоретическому обоснованию и оптимизации конструктивно-технологических параметров оригинального малогабаритного штангового опрыскивателя. Представлен литературный обзор существующих аналогов и дана их классификация. Дана схема и приведены основные технические характеристики нового опрыскивателя. Предложена методика оптимизации конструкции опрыскивателя, способствующих улучшению условий труда оператора. Теоретически обоснованы критические углы факелов распыла форсунок, с учетом колебаний штанги в поперечно-вертикальной плоскости.

Ключевые слова: опрыскиватель, ландшафтное строительство, малая механизация, охрана труда, классификация

Введение

Основная цель механизации в любой области человеческой деятельности – свести к минимуму ручной труд и вероятность реализации опасностей. Данные вопросы вполне актуальны, как для большого производства, так и в применении к целям выполнения различных работ на малых участках. К числу последних относятся технологические операции в садово-парковом и ландшафтном строительстве, а также в коммунальном хозяйстве. Здесь, в настоящее время широко распространены и хорошо зарекомендовали себя средства малой механизации (СММ). Это машины и вспомогательное оборудование с малой потребляемой мощностью и небольшой массой, предназначенные для сокращения затрат ручного труда и механизации трудоемких операций и отдельных процессов [1, 2].

В садово-парковом и ландшафтном строительстве, а также в коммунальном хозяйстве используют СММ для расчистки площадей от мусора; обработки почвы; внесения удобрений, посева и посадки; ухода за насаждениями; зимней и летней очистки газонов и технологических поверхностей и т.д.[3]. Широко применяются самоходные измельчители пней, бензопилы, мотокусторезы, мотосекаторы и мотоножницы, мотокультиваторы и мотоблоки, с различным навесным и прицепным оборудованием и рабочими органами, садовые пылесосы, ручные катки и виброплиты, газонные сеялки, сажалки, косилки и прочее оборудование. Особое место в этом списке занимают средства механизации для внесения жидких удобрений и средств защиты зеленых насаждений.

Известно[4], что к оборудованию для химической защиты растений предъявляют ряд требований: они должны обеспечивать безопасность операторов и окружающих лиц, не наносить вреда окружающей среде, быть легкими и удобными в работе, настройке и обслуживании, выполнять технологическую операцию качественно и эффективно.

Материал и методы

В предлагаемой работе ставились задачи по классификации малогабаритных опрыскивателей, способных использоваться в садово-парковом и ландшафтном строительстве; определении в данной классификации места разрабатываемому проекту, а также теоретическое обоснование и оптимизация конструкции созданного макетного образца оригинального тачечного штангового опрыскивателя.

Объектом исследования являются конструктивно-технологические параметры нового опрыскивателя. Методы исследования включают литературный обзор известных технических решений; общепринятые методики инженерного расчета основных параметров субъекта исследования.

Теория / Расчет

Для обработки зеленых насаждений в парко-ландшафтном строительстве, кроме навесных тракторных, с успехом применяют малогабаритные переносные и мобильные опрыскиватели с ручным, электрическим и механическим приводом [5, 6]. На рисунке 1 приведена оригинальная классификация малогабаритных опрыскивателей.

Оставляя в стороне монтируемые, навесные и прицепные тракторные опрыскиватели, остановимся на известных мотоблочных, ручных, ранцевых и тачечных опрыскивателях.

Основным недостатком мотоблочных опрыскивателей является большая металлоемкость, сложность эксплуатации и ремонта базового оборудования. Также следует иметь в виду, что мощность мотоблока, рассчитанного на энергозатратные операции по обработке почвы, зачастую не соответствует потребляемой мощности гидронасоса малогабаритного опрыскивателя. Это свидетельствует о непроизводительных затратах энергии, ресурса и горючесмазочных материалов.

Насосы и помповые опрыскиватели наиболее просты, имеют незначительные массу и размеры, но малообъемны, требуют значительных затрат мускульной энергии и не обеспечивают должного качества обработки.

Ранцевые опрыскиватели могут иметь механический (ручной), электрический и мотопривод. Обладают высокой эффективностью, вследствие наличия гидробака, объемом 10-30 литров. Тем не менее, их длительное использование ведет к значительному напряжению и быстрой усталости оператора. Кроме того, как и для всех опрыскивателей с ручным рабочим органом, они дают равномерного покрытия обрабатываемой поверхности, что приводит к ожогам листьев, высокой концентрации препаратов в зонах обработки и загрязнению окружающей среды.

Известны, также, штанговые навешиваемые опрыскиватели. Однако, их использование напрямую зависит от наличия средств защиты оператора и не находит широкого применения.

Тачечные опрыскиватели конструктивно более сложны, но позволяют использовать более вместительные емкости. При возможности использования горизонтальных или вертикальных штанг, а также электро- или мотопривода насоса, данный фактор обеспечивает не только увеличение эффективности процесса, но и высокое качество обработки поверхностей, равномерность внесения препарата и снижение нагрузки на окружающую среду. Применение таких опрыскивателей возможно в парковом и ландшафтном строительстве, коммунальном хозяйстве, в сельском и лесном хозяйстве (в селекции и семеноводстве растений), на приусадебных участках граждан, для обработки растений на сложных рельефах местности.

Из уровня техники известны несколько видов тачечных опрыскивателей, которые способны создавать давление в гидравлической системе помповым механизмом (ручной привод), электроприводом и приводом от двигателя внутреннего сгорания. Можно выделить такие конструкции, как малогабаритный штанговый опрыскиватель на одноколесном велосипедном шасси фирмы Wintersteiger (Австрия)[7], Euro Pulve (Франция) [8] и опрыскиватель производства ОАО ГСКБ (Зерноочистка) г. Воронеж (Россия) [9]. В основном, эти опрыскиватели предназначены для сельскохозяйственного производства, выпускаются по заказам предприятий и частных лиц и не ориентированы на массовый выпуск.

В последние годы находят применение новое поколение менее металлоемких тачечных опрыскивателей, имеющих более привлекательный дизайн и оборудованных высокотехнологичными системами (в том числе – информационно-цифровыми): Birchmeier (Швеция) [10], MM Water Tec Inc (США) [11], опрыскиватели Субкомпания CRWillcocks (Англия) [12], ОТТ-120 (Россия) [13] и др. Область применения таких опрыскивателей достаточно широка и включает возможность выполнения задач на объектах ландшафтно-паркового дизайна. Од-

нако, при всех своих достоинствах эти машины достаточно дороги и требуют значительных затрат при обслуживании и ремонте. Кроме того, экономическая безопасность страны, сегодня диктует необходимость устранения зависимости от иностранных технологий и капитала и развитие собственного высокотехнологичного производства.



Рисунок 1 - Классификация малогабаритных опрыскивателей

Нашим вкладом в решение этой задачи является проект создания нового малогабаритного штангового мотоопрыскивателя на велосипедном шасси (рис. 2).

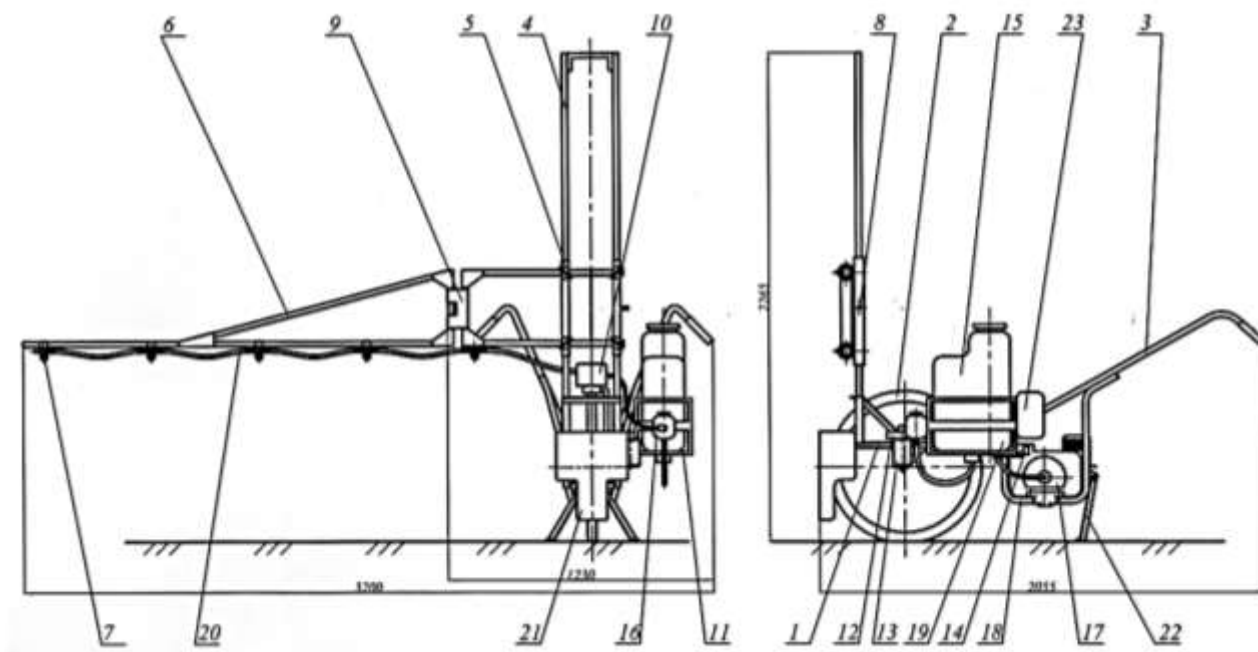


Рисунок 2 - Схема малогабаритного штангового опрыскивателя:

- 1 – рама, 2 – опорное колесо, 3 – рукоятка, 4 – стойка, 5 – направляющий профиль, 6 – распределительная штанга, 7 – полевые наконечники, 8 – фиксатор штанги в поперечно-вертикальной плоскости, 9 – шарнир, 10 – распределительный узел, 11 – уравнивающий механизм, 12 – кронштейн, 13 – опорный подшипник, 14 – собачка, 15 – гидробак, 16 – всасывающий фильтр, 17 – насос, 18 – корзина мотопомпы, 19 – гидромешалка, 20 – патрубки, 21 – полевой обтекатель, 22 – опора, 23 – бардачок

Предлагаемый опрыскиватель состоит из рамы с опорным колесом и мотопомпой, смонтированной в специальной универсальной корзине, уравнивающего механизма, элементов гидросистемы и горизонтальной штанги с установленными распылителями [14, 15]. Основные технические характеристики опрыскивателя представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Технические характеристики опрыскивателя (вариант с мотопомпой)

Наименование показателя	Значение
Колесная база	велосипедная одноколесная
Основной агрегат	мотопомпа
Емкость бака, л	20
Давление насоса, МПа	0,2
Ширина захвата штанги, м	2,5
Расход жидкости мах, л мин ⁻¹ (форсунка щелевая, 02 желтая)	4
Высота положения распылителей, относительно земли, м	0,7...1,7
Вес пустого, кг	40
Габаритные размеры в транспортном положении, м (Ш/В/Д)	3200/2265/2055

Теоретическое обоснование конструкции опрыскивателя выполнено с целью оптимизации его отдельных элементов, что должно способствовать улучшению условий труда оператора и повышению равномерности распределения вносимого препарата.

Так, уменьшение физической нагрузки оператора достигается необходимой длиной рукоятей опрыскивателя [16]. Выполнена схема сил, действующих на опрыскиватель в продольно-вертикальной плоскости (рис. 3). Данная схема предоставляет возможность вычислить нагрузку G на рукоятях опрыскивателя, уравниваемую силой F , создаваемой его общей массой, с учётом плеч l_1 и l_2 , относительно центра вращения O :

$$G = F \frac{l_1}{l_2}. \quad (1)$$

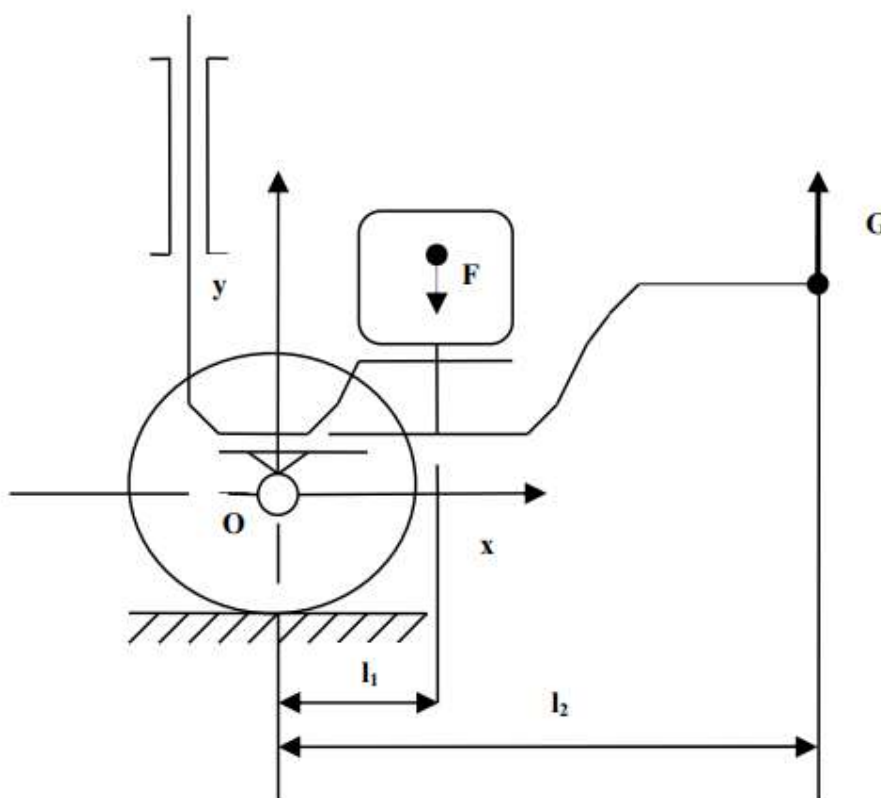


Рисунок 3 - Схема сил, приложенных к тачечному опрыскивателю

Номограмма на рисунке 4 иллюстрирует допустимые пределы изменения усилия на рукоятках опрыскивателя, в зависимости от дистанции удаления их от точки опоры шасси.

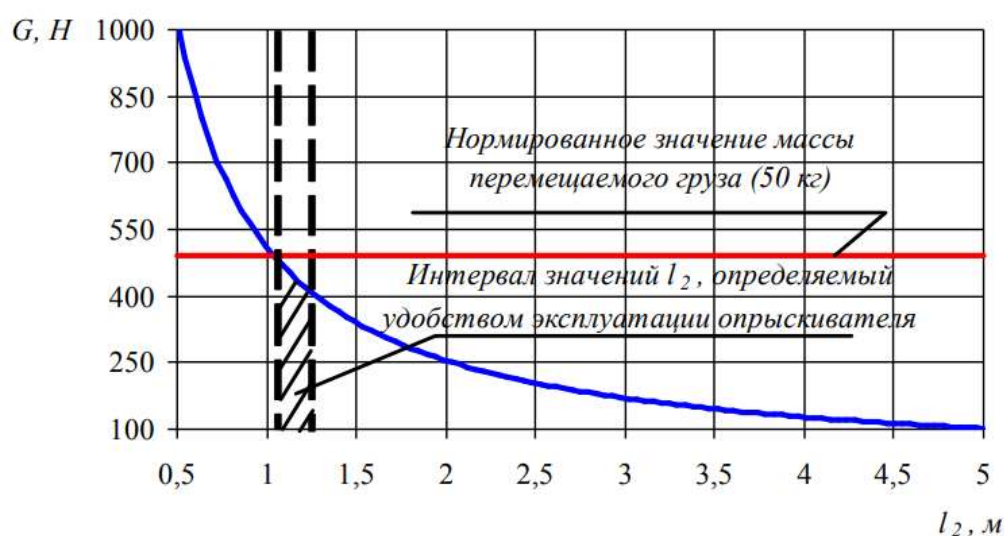


Рисунок 4 - Изменение усилий на рукоятках опрыскивателя, в зависимости от дистанции удаления их от точки опоры

Далее, на основе изучения способов захвата ручного инструмента установлено, что трудовые движения оператора опрыскивателя выполняются усилием вперед и вниз. Так называемый «схватывающий» захват образован всей поверхностью ладони и пальцев, большой палец противостоит остальным. В зависимости от диаметра охватываемой рукояти большой палец может касаться среднего или указательного или не доходить до них.

К числу недостатков одноопорного опрыскивателя относится его неустойчивость в поперечно-вертикальной плоскости. Следствием этого являются колебания штанги, существенно снижающие равномерность распределения вносимого препарата. Экспериментальными исследованиями в полевых условиях обнаружено изменение угла наклона штанги, в пределах -30° – $+17^{\circ}$, при среднем значении угла наклона -3° [17].

Одним из возможных решений устранения указанного недостатка может стать компенсация колебаний штанги изменением геометрии факела распыла адаптивными распылителями.

С целью обоснования необходимых пределов изменения углов факела распыла, определим теоретическую ширину захвата факела одного распылителя одноопорного велоопрыскивателя. Для этого опишем исходные конструктивно-технологические параметры опрыскивателя схемой, изображенной на рисунке 5.

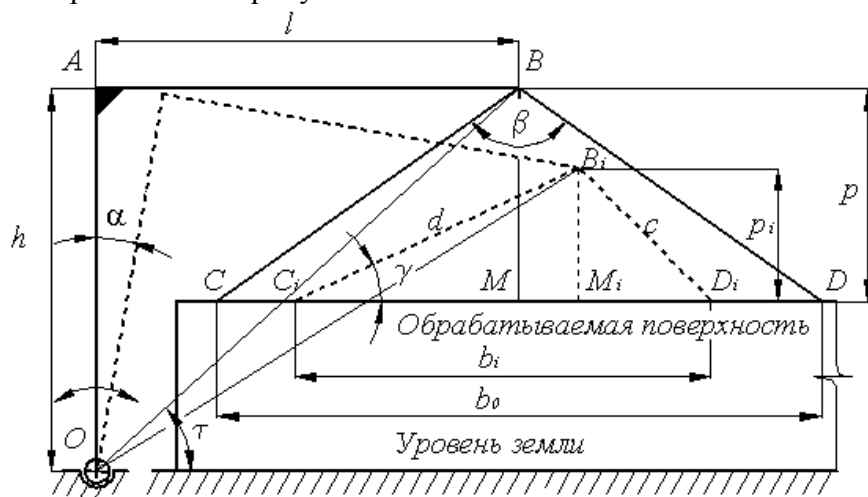


Рисунок 5 – Схема к расчету изменения ширины захвата факела распыла форсунок опрыскивателя, при колебаниях штанги в поперечно-вертикальной плоскости

Принимаем допущение о возможности отклонения рамы опрыскивателя только в плоскости чертежа. При этом рама OA , высотой h , может иметь поперечные перемещения на угол α относительно шарнира O . Горизонтальная штанга AB имеет длину l , установлена перпендикулярно раме OA и жестко соединена с ней.

Факел распыла представляет собой равнобедренный треугольник CBD и имеет постоянный угол распыла β , при вершине B треугольника. Проведенная к основанию треугольника CBD биссектриса BM , строго перпендикулярна горизонтальной штанге AB и, одновременно, является высотой p треугольника CBD . Здесь, основание $CD = b_0$ – линия контакта факела распыла с обрабатываемой поверхностью.

Как видно из рисунка 5, при изменении угла α положения опрыскивателя, происходит соответствующее отклонение факела распыла CBD от его исходной позиции. При этом, длина линии контакта факела распыла с обрабатываемой поверхностью также изменится ($C_iD_i = b_i$).

Выполним анализ влияния поперечных отклонений одноопорного велоопрыскивателя на ширину захвата полевого распылителя, расположенного на расстоянии l от оси симметрии опрыскивателя, проходящей через точку его опоры O .

Из теоремы косинусов известно, что квадрат любой стороны треугольника равен сумме квадратов двух других его сторон минус удвоенное произведение этих сторон на косинус угла между ними. Отсюда:

$$b_i = \sqrt{d^2 + c^2 - 2dc \times \cos\beta}, \quad (2)$$

где b_i , d , c – стороны разностороннего треугольника $C_iB_iD_i$, образованного факелом распыла и обрабатываемой поверхностью, при отклонении рамы велоопрыскивателя на некоторый угол α .

Для определения сторон d и c треугольника $C_iB_iD_i$, разделим его на два прямоугольных $C_iB_iM_i$ и $M_iD_iD_i$, с катетом $p_i = B_iM_i$.

Используя формулы соотношения между сторонами и углами прямоугольного треугольника $C_iB_iM_i$, запишем:

$$d = \frac{p_i}{\sin\gamma}, \quad (3)$$

где γ – угол при основании треугольника.

Треугольник $C_iD_iD_i$ образован смещением треугольника CBD , вследствие поворота рамы на угол α . Тогда, угол γ можно определить, как разность углов α и одного из углов разностороннего треугольника CBD , при его основании. Отсюда:

$$\gamma = 90^\circ - \frac{\beta}{2} - \alpha. \quad (4)$$

Соединив точки B и B_i с точкой опоры O , определим p_i , как разность высот треугольников CBD и $C_iB_iD_i$, относительно опорной поверхности.

Очевидно, что угол τ , между прямой OB_i и опорной поверхностью определяется функцией

$$\operatorname{tg}\tau = \frac{h}{l}, \quad (5)$$

следовательно, если

$$OB = OB_i = \sqrt{h^2 + l^2}, \quad (6)$$

то

$$p_i = p - \left(h - \sqrt{h^2 + l^2} \times \sin(\tau - \alpha) \right), \quad (7)$$

откуда, с учетом (5)

$$d = \frac{p - \left((h - \sqrt{h^2 + l^2}) \times \sin(\operatorname{arctg}\frac{h}{l} - \alpha) \right)}{\sin\left(90^\circ - \frac{\beta}{2} - \alpha\right)}. \quad (8)$$

Для вычисления стороны c треугольника $C_iB_iD_i$, воспользуемся уже известными углом при вершине B_i и высотой p_i :

$$c = \frac{p_i}{\cos\left(\frac{\beta}{2} - \alpha\right)} = \frac{p - \left((h - \sqrt{h^2 + l^2}) \times \sin(\operatorname{arctg}\frac{h}{l} - \alpha) \right)}{\cos\left(\frac{\beta}{2} - \alpha\right)}. \quad (9)$$

После несложных преобразований, равенство (2) для вычисления ширины захвата полевого распылителя, учитывающее конструктивные параметры велоопрыскивателя, а также угол поперечного наклона рамы, окончательно запишется в виде:

$$b_i = \sqrt{\left(p - (h - \sqrt{h^2 + l^2}) \times \sin \left(\arctg \frac{h}{l} - \alpha \right) \right) \left(\left[\frac{1}{\sin(90^\circ - \frac{\beta}{2} - \alpha)} \right]^2 + \left[\frac{1}{\cos(\frac{\beta}{2} - \alpha)} \right]^2 - \right.} \quad (10)$$

$$\left. - 2 \left(\frac{1}{\sin(90^\circ - \frac{\beta}{2} - \alpha)} \right) \left(\frac{1}{\cos(\frac{\beta}{2} - \alpha)} \right) \times \cos \beta \right)$$

Результаты и обсуждение

Из формулы (1) следует, что уменьшение нагрузки на оператора, можно достигнуть пропорциональным увеличением плеча силы, действующей на рукоятки. Однако, увеличение до определённых пределов расстояния, между горизонтальными проекциями оси вращения колеса и рукояток, может способствовать снижению манёвренности опрыскивателя. Это весьма важно, учитывая малую ширину дорожек в садово-парковых зонах и ландшафтном дизайне.

Выполненные исследования позволили сформулировать некоторые специфические требования к рукояткам малогабаритного штангового опрыскивателя тачечного типа:

- рукоятка должна быть шероховатой для увеличения трения и исключения соскальзывания руки, даже в случае ее загрязнения или увлажнения;
- геометрическая форма рукоятки должна быть округлой, чтобы обеспечивать свободный цилиндрический захват;
- рациональная модель рукоятки должна иметь форму ручки для инструмента, требующего значительных усилий «от себя»;
- материал рукояток не должен вызывать аллергических реакций.

Графическая интерпретация формулы (10) дает возможность легко определить необходимые пределы изменения угла факела распыла для возможных углов колебаний штанги опрыскивателя.

Выводы

В целом, инновационные решения, заложенные в конструкции нового опрыскивателя, значительно улучшают условия труда оператора и способствуют повышению его безопасности. Предлагаемая оптимизация конструкции позволяет обеспечить внесение удобрений и средств защиты растений на объекты обработки с требуемым качеством и высокой производительностью.

Основными преимуществами нового опрыскивателя являются: высокая точность внесения требуемых доз; создание равномерного монодисперсного с высокой степенью дисперсности распыления рабочей жидкости; легкость конструкции и удобство в работе.

Основными принципиальными отличиями от аналогов предлагаемого опрыскивателя, является наличие уравнивающего устройства. Благодаря этому, независимо от степени заполнения гидробака обеспечивается симметричное, относительно продольной оси опрыскивателя распределение моментов сил, создаваемых штангой и гидробаком. Последнее позволяет значительно улучшить условия труда оператора и повысить производительность и качество работы опрыскивателя.

Кроме того, в отличие от известных разработок, конструкция предлагаемого опрыскивателя предполагает использование в качестве привода насоса бензинового и электрического двигателей, а также ручного помпового насоса. Благодаря модульной схеме конструкции, переоборудование опрыскивателя осуществляется в короткие сроки и не требует специального оборудования и специалистов.

Дополнительным конструктивным преимуществом предлагаемой разработки перед зарубежными аналогами, является относительно невысокая цена, доступность сервисного обслуживания, возможность самостоятельного ремонта.

Таким образом, предлагаемое оборудование на сегодняшний день, является достаточно инновационным, решающим задачу импортозамещения и способным выполнять технологические операции с требуемыми качеством и эффективностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дроздов А.Н. Средства малой механизации строительства - резервы повышения эффективности строительных технологий // Строительные и дорожные машины. - 2020. - №9. - С. 8-14.
2. Буклагин Д.С., Ершов Н.Т. Средства малой механизации сельскохозяйственных работ // Экономика и организация производства: Научно-технический информационный сборник. - 1986. - №9. - С. 34-37.
3. Носников В.В., Асмоловский М.К. Машины и механизмы садово-паркового хозяйства: тексты лекций для студентов специальности 1-75 02 01 «Садово-парковое строительство». – Минск: БГТУ, 2014. - 156 с.
4. ГОСТ 34630-2019 Техника сельскохозяйственная. Машины для защиты растений. Опрыскиватели. Методы испытаний; Введ. 15.03.21. - М.: ФГУП «Стандартинформ», 2020. - 38 с.
5. Швецова В.В. Современный ручной моторный инструмент для садово-паркового и ландшафтного строительства // Актуальные проблемы лесного комплекса. - 2020. - №58. - С. 160-163.
6. Munshaw G.A. No-math method of calibrating backpack sprayers and lawn care spray guns // Agriculture and Natural Resources Publications. - 2016.
7. Козлов И.Б., Степанов Б.Е., Мочкова Т.В., Мальцев Н.В. Малогабаритный велоопрыскиватель для селекционных участков // Сельскохозяйственные машины и технологии. - 2013. - №2. - С. 49-50.
8. SPRAYERS. Euro-pulve. Официальный сайт [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.euro-pulve.com/en/>
9. Машины для механизации селекционно-семеноводческих работ в овощеводстве: справочное пособие / Л.В. Павлов, С.А. Павлов, В.М. Дринча и др. - М., 2005. - С. 95-97.
10. The powerful wheelbarrow sprayers with 75/130 litres tank volume in 3 versions. Birchmeier. Официальный сайт [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.birchmeier.nl/nl/content/home.php>
11. Sprayer: Wheelbarrow. Available Models: 50L, 70L, and 120L. WaterTec. Официальный сайт [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://mmsprayersusa.com/product/mm-120l-wheelbarrow-sprayers-electric/>
12. Farm and garden machinery. CR Willcocks. Официальный сайт [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.crwilcocks.co.uk/groundcare/pedestrian-boom-sprayers>
13. Опрыскиватели ОТТ-120 для теплиц. Руководство по эксплуатации [Электронный ресурс] / ООО «РЕМКОМ». - 16 с. – Режим доступа: https://mct-trade.ru/downloads/pdf/RE_OTT-120_2015.pdf
14. Rodimcev S.A., Timokhin O.V., Patrin E.I., Shapenkova A.A., Kulakova E.V. Improvement of labor conditions as a factor of agro-industrial complex development under the wto conditions // cnVestnik OrelGAU. - 2014. - №6(51). - С. 87-95.
15. Родимцев С.А., Шапенкова А.А. Новые средства малой механизации в сельском // Юность и Знания - Гарантия Успеха – 2017: Сборник научных трудов 4-й Международной молодежной научной конференции. - 2017. - С. 195-202.
16. Родимцев С.А., Патрин Е.И., Шапенкова А.А. Разработка организационно-технических мероприятий для улучшения условий труда операторов средств малой механизации селекционно-семеноводческого процесса в растениеводстве // Вестник сельского развития и социальной политики. - 2014. - №1(1). - С. 25-35.
17. Дембовский И.А., Родимцев С.А. Определение величины колебаний штанги тачечного опрыскивателя в поперечно-вертикальной плоскости // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса: Юбилейный сборник научных трудов XV Международной научно-практической конференции. - Ростов-на-Дону. - 2022. - С. 169-173.

Родимцев Сергей Александрович

Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева

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

Д.т.н., доцент, профессор кафедры сервиса и ремонта машин

E-mail: rodimcew@yandex.ru

Дембовский Илья Андреевич

Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина

Адрес: 302019, Россия, г. Орел, ул. Генерала Родина, 69

Аспирант

E-mail: emilyenn@rambler.ru

Панин Евгений Николаевич

Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева

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

Студент

E-mail: panin.eugeni@yandex.ru

S.A. RODIMTSEV, I.A. DEMBOVSKY, E.N. PANIN

DEVELOPMENT AND SUBSTANTIATION OF THE PARAMETERS OF A MOBILE SPRAYER FOR GARDEN AND PARK AND LANDSCAPE CONSTRUCTION

Abstract. The ever-increasing volume of work in landscape gardening and landscape construction, recreational areas of public utilities require the availability of small-scale mechanization tools capable of performing various types of labor-intensive technological operations. The latter include the application of fertilizers and means of protecting green spaces. The article contains the results of work on the creation, theoretical justification and optimization of the design and technological parameters of the original small-sized boom sprayer. A literature review of existing analogues is presented and their classification is given. The scheme is given and the main technical characteristics of the new sprayer are given. A technique for optimizing the design of the sprayer, which improves the working conditions of the operator, is proposed. Theoretically substantiated critical angles of nozzle spray jets, taking into account the fluctuations of the rod in the transverse vertical plane.

Keywords: sprayer, landscape construction, small-scale mechanization, labor protection, classification

BIBLIOGRAPHY

1. Drozdov A.N. Sredstva maloy mekhanizatsii stroitel'stva - rezervy povysheniya effektivnosti stroitel'nykh tekhnologiy // Stroitel'nye i dorozhnye mashiny, 2020. - №9. - S. 8-14.
2. Buklagin D.S., Ershov N.T. Sredstva maloy mekhanizatsii sel'skokhozyaystvennykh rabot // Ekonomika i organizatsiya proizvodstva: Nauchno-tekhnicheskii informatsionnyi sbornik. - 1986. - №9. - S. 34-37.
3. Nosnikov V.V., Asmolovskiy M.K. Mashiny i mekhanizmy sadovo-parkovogo khozyaystva: teksty lektsiy dlya studentov spetsial'nosti 1-75 02 01 «Sadovo-parkovoe stroitel'stvo». - Minsk: BGUTU, 2014. - 156 s.
4. GOST 34630-2019 Tekhnika sel'skokhozyaystvennaya. Mashiny dlya zashchity rasteniy. Opryskivately. Metody ispytaniy; Vved. 15.03.21. - M.: FGUP «Standartinform», 2020. - 38 s.
5. Shvetsova V.V. Sovremennyy ruchnoy motornyy instrument dlya sadovo-parkovogo i landshaftnogo stroitel'stva // Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa. - 2020. - №58. - S. 160-163.
6. Munshaw G.A. No-math method of calibrating backpack sprayers and lawn care spray guns // Agriculture and Natural Resources Publications. - 2016.
7. Kozlov I.B., Stepanov B.E., Mochkova T.V., Mal'tsev N.V. Malogabaritnyy veloopryskivatel' dlya selektsionnykh uchastkov // Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii. - 2013. - №2. - S. 49-50.
8. SPRAYERS. Euro-pulve. Ofitsial'nyy sayt [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://www.euro-pulve.com/en/>
9. Mashiny dlya mekhanizatsii selektsionno-semenovodcheskikh rabot v ovoshchevodstve: spravochnoe posobie / L.V. Pavlov, S.A. Pavlov, V.M. Drincha i dr. - M., 2005. - S. 95-97.
10. The powerful wheelbarrow sprayers with 75/130 litres tank volume in 3 versions. Birchmeier. Ofitsial'nyy sayt [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://www.birchmeier.nl/nl/content/home.php>
11. Sprayer: Wheelbarrow. Available Models: 50L, 70L, and 120L. WaterTec. Ofitsial'nyy sayt [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://mmsprayersusa.com/product/mm-120l-wheelbarrow-sprayers-electric/>
12. Farm and garden machinery. CR Willcocks. Ofitsial'nyy sayt [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://www.crwilcocks.co.uk/groundcare/pedestrian-boom-sprayers>
13. Opryskivately OTT-120 dlya teplits. Rukovodstvo po ekspluatatsii [Elektronnyy resurs] / OOO «REMKOM». - 16 s. - Rezhim dostupa: https://mct-trade.ru/downloads/pdf/RE_OTT-120_2015.pdf
14. Rodimtsev S.A., Timokhin O.V., Patrino E.I., Shapenkova A.A., Kulakova E.V. Improvement of labor conditions as a factor of agroindustrial complex development under the wto conditions // cnVestnik OrelGAU. - 2014. - №6(51). - S. 87-95.
15. Rodimtsev S.A., Shapenkova A.A. Novye sredstva maloy mekhanizatsii v sel'skom // Yunost' i Znaniya - Garantiya Uspekha - 2017: Sbornik nauchnykh trudov 4-y Mezhdunarodnoy molodezhnoy nauchnoy konferentsii. - 2017. - S. 195-202.
16. Rodimtsev S.A., Patrino E.I., Shapenkova A.A. Razrabotka organizatsionno-tekhnicheskikh meropriyatiy dlya uluchsheniya usloviy truda operatorov sredstv maloy mekhanizatsii selektsionno-semenovodcheskogo protsessa v rastenievodstve // Vestnik sel'skogo razvitiya i sotsial'noy politiki. - 2014. - №1(1). - S. 25-35.
17. Dembovskiy I.A., Rodimtsev S.A. Opredelenie velichiny kolebaniy shtangi tachechnogo opryskivatelya v poperechno-vertikal'noy ploskosti // Sostoyaniye i perspektivy razvitiya agropromyshlennogo kompleksa: Yubileynyy sbornik nauchnykh trudov XV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Rostov-na-Donu. - 2022. - S. 169-173.

Rodimtsev Sergey Alexandrovich

Oryol State University

Address: 302030, Russia, Orel, Moscovskayastr., 77

Doctor of technical sciences

E-mail: rodimcew@yandex.ru

Panin Evgeny Nikolaevich

Oryol State University named after I.S. Turgenev

Address: 302030, Russia, Orel, Moscovskayastr., 77

Student

E-mail: panin.eugeni@yandex.ru

Dembovsky Ilya Andreevich

Oryol State Agrarian University

Address: 302019, Russia, Orel, Generala Rodinastr., 69

Postgraduate student

E-mail: emilyenn@rambler.ru

Научная статья

УДК 625.7

doi:10.33979/2073-7432-2023-2(81)-35-43

Е.В. ГОЛОВ, С.С. ЕВТЮКОВ, Е.В. СОРОКИНА

ВЛИЯНИЕ СПЕКТРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ ОРДИНАТ МИКРОПРОФИЛЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ

Аннотация. В статье произведен анализ данных о геометрических параметрах элементов, ровности (по международному показателю ровности IRI) и протяженности более 6 тыс. км автомобильных дорог регионального и федерального значений различных категорий и типов покрытия, полученные по результатам специального обследования передвижной дорожной лабораторией. Исследована вариация величины погрешности протяженности автомобильной дороги в зависимости от показателя продольной ровности автомобильной дороги. Получены уравнения, описывающие характер изменения погрешности длины пройденного пути при изменении показателя ровности автомобильных дорог.

Ключевые слова: автомобильная дорога, ровность, дорожное покрытие, диагностика, передвижная дорожная лаборатория, микропрофиль, транспорт, дорожное хозяйство, обследование автомобильных дорог

Введение

Автомобильные дороги как часть дорожной отрасли имеют без преувеличения стратегическое значение для Российской Федерации. Высокий уровень развития автодорожной сети позволяет добиться стабильного экономического роста в стране, что непосредственно оказывает влияние на качество жизни её граждан, позволяет повысить конкурентоспособность российских производителей, а также способствует интеграции транспортного комплекса России в международную транспортную систему [1-5].

На протяжении многих лет проблемы транспортной отрасли России не остаются без внимания государства. Ведутся масштабные мероприятия по развитию транспортной системы страны, определен план развития, сформулированный в принятой «Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года». Одна из основных задач в этой области - формирование единого транспортного пространства России на базе сбалансированного развития эффективной транспортной инфраструктуры.

Миссия государства в сфере обеспечения функционирования и развития транспортной системы заключается в создании условий для повышения качества жизни и здоровья граждан, экономического роста и повышения конкурентоспособности национальной экономики, укрепления безопасности и обороноспособности страны, реализации ее транспортного потенциала через опережающее развитие транспортной инфраструктуры и расширение доступа к безопасным и качественным транспортным услугам с минимальным воздействием на окружающую среду и климат, использование географических особенностей Российской Федерации в качестве ее конкурентного преимущества. Стратегия направлена на опережающее удовлетворение ожиданий основных пользователей и потребителей транспортного комплекса [6-8].

В настоящий момент протяженность дорог общего пользования России составляет порядка 1553 700 км. Однако необходимо отметить и тот факт, что доля автомобильных дорог общего пользования, не отвечающих нормативным требованиям, по состоянию на 2020 год остаётся по-прежнему высокой (рис. 1).

Залогом достижения максимального эффекта от реализации обозначенных задач является в первую очередь высокий уровень содержания эксплуатируемой сети автомобильных дорог. Получение объективной информации о транспортно-эксплуатационном состоянии дорог, условиях их работы и степени соответствия фактических потребительских свойств нормативным требованиям производится в процессе выполнения специальных диагностических

обследований [9-20]. Иными словами, диагностика автодорог – это обследование, сбор и анализ информации о параметрах, характеристиках и условиях функционирования дорог и дорожных сооружений, наличии дефектов и причин их появления. На сегодняшний день в подавляющем большинстве случаев подобные работы осуществляются с помощью передвижных измерительных комплексов дорожной лаборатории (рис. 2), а также с применением технологии лазерного 3-D сканирования [21].



Рисунок 1 - Доля автомобильных дорог общего пользования, не отвечающих нормативным требованиям:
а - регионального или межмуниципального значения; б - местного значения



Рисунок 2 - Комплексные измерительные лаборатории

Комплексы измерительные аэродромно-дорожных лабораторий представляют собой многоканальные измерительно–вычислительные комплексы, которые состоят из нескольких измерительных систем, модуля управления, а также бортового компьютера с установленным программным обеспечением, объединённых между собой, и установленных на базе транспортного средства (ТС) или прицепных установках в виде встроенного или навесного оборудования. Важнейшей составляющей комплекса является система измерений длины пройденного пути, измеряющая длину пройденного ТС пути при движении со скоростью до 80 км/ч. Измерения производятся датчиком пройденного пути (ДПП). Одной из основных проблем при обработке результатов проезда является погрешность измеренного расстояния. Она возникает в большей степени вследствие неудовлетворительного состояния дорожного покрытия и наличия неровностей, дефектов (выбоин, ям и пр.) [22-25].

Материал и методы

Известно, что при движении по неровной дороге транспортное средство подвержено случайным колебаниям. В условиях неизменности ряда внешних факторов (например, состояние дороги, использование одного и того же ТС при проезде) при многократном повторении проезда автомобиля каждый раз колебания будут иметь несколько иной характер [26-29]. Это обстоятельство обусловлено тем, что любая автомобильная дорога – это поверхность, которая имеет случайное распределение неровностей. Таким образом, можно говорить, что микропрофиль дороги представляет собой случайную функцию пройденного пути, то есть в лю-

бой точке ее ординаты являются случайными величинами [30]. Оценочным показателем ровности дорожного покрытия является спектральная плотность ординат микропрофиля. Реализация случайной функции – это одна её запись. Полный спектр амплитуд неровностей может быть представлен в виде функции спектральной плотности дисперсий ординат микропрофиля волнового числа. Набор всех возможных её реализаций есть ничто иное, как ансамбль реализации случайной функции (рис. 3).

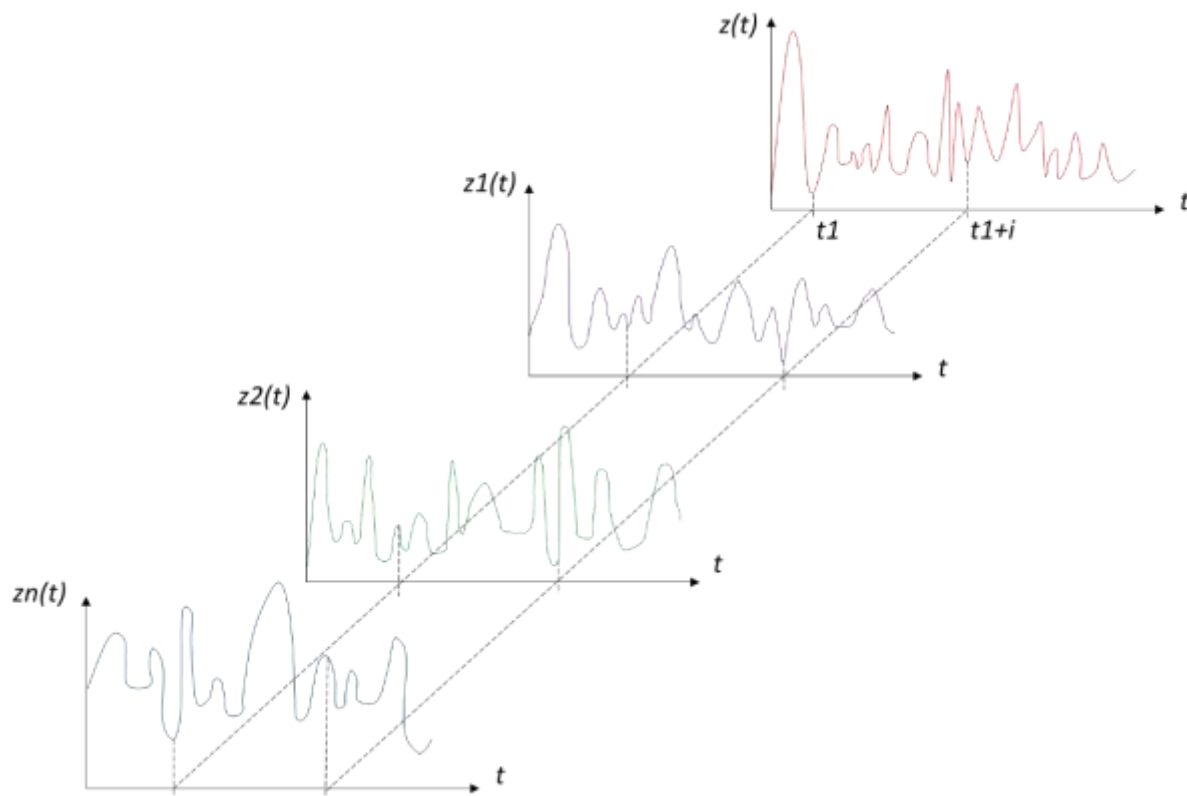


Рисунок 3 - Ансамбль реализаций случайной функции (ординаты микропрофиля)

Очевидно, что на дорогах с более низким уровнем эксплуатационного состояния погрешность определения пройденного пути будет более высокой по сравнению с дорогами высшей категории. Как было отмечено ранее, около половины дорог регионального или межмуниципального, местного значений в настоящее время находятся в неудовлетворительном состоянии, а порой и вовсе требуют капитального ремонта. На рисунках 4 и 5 представлены снимки автомобильных дорог с асфальтобетонным покрытием различной категории и соответствующие им значения показателя ровности IRI, полученные по результатам диагностических работ с использованием дорожной лаборатории. Траектория движения дорожной лаборатории представлена на рисунке 6.



Рисунок 4 - Автомобильная дорога IV-V технической категории (IRI более 5,5 м/км)



Рисунок 5 - Автомобильная дорога III технической категории (IRI менее 5,5 м/км)

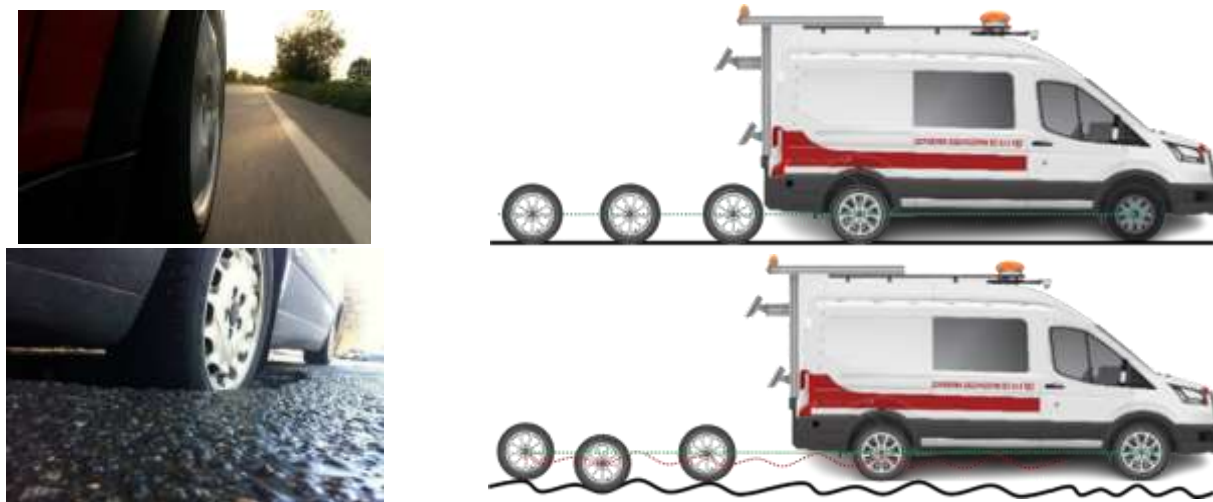


Рисунок 6 - Траектория движения дорожной лаборатории при проезде по ровному участку и участку, имеющему неровности покрытия

Расчет

Очевидно, что расстояние, преодолеваемое колесом между фиксированными точками при проезде через неровности будет больше, что следует из математических вычислений (рис. 7).

Длина дуги определяется по следующему выражению:

$$L = R \times \alpha = 2R \left(\frac{\alpha}{2} \right) \quad (1)$$

Длина хорды:

$$S = 2R \sin \left(\frac{\alpha}{2} \right) \quad (2)$$

Отсюда:

$$\frac{S}{L} = \frac{\sin \frac{\alpha}{2}}{\frac{\alpha}{2}} \quad (3)$$

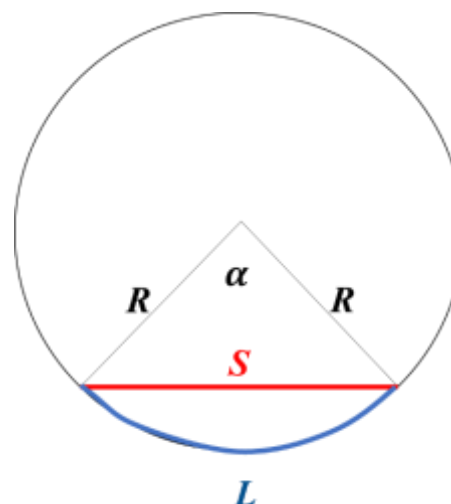


Рисунок 7 - Параметры кругового сегмента

Данное выражение (3) всегда меньше 1, так как $\frac{\alpha}{2} > \sin \frac{\alpha}{2}$.

$\frac{S}{L} = 1$ только при условии $\lim_{\alpha \rightarrow 0} \frac{\sin(\frac{\alpha}{2})}{\frac{\alpha}{2}} = 1$. То есть во всех случаях, когда $\alpha \neq 0$, $L > S$.

Таким образом, можно основательно предположить, что при измерении длины пройденного пути на автомобильных дорогах, имеющих неровности покрытия (высокий показатель ровности), имеет место накопление погрешности, значение которой увеличивается с ростом показателя продольной ровности.

Результаты и обсуждение

Для экспериментального подтверждения сформулированных выводов в процессе исследования был произведен анализ данных о ровности (по международному показателю ровности IRI - International Roughness Index, м/км) и протяженности более 6 тыс. км автомобильных дорог регионального и федерального значений Московской, Ленинградской, Тверской, Новгородской, Курской, Белгородской, Воронежской областей, Удмуртской Республики различных категорий с асфальтобетонным покрытием, которые были получены по результатам специального обследования передвижной дорожной лабораторией.

На основании результатов сравнительного анализа базы полученных данных с измерениями высокоточного геодезического оборудования для исследуемых автомобильных до-

рог были построены графики, отражающие характер изменения величины погрешности, которая накапливается при определении протяженности автомобильной дороги по мере увеличения показателя продольной ровности IRI. Характер данной зависимости некоторых из исследуемых участков представлен на рисунке 8.

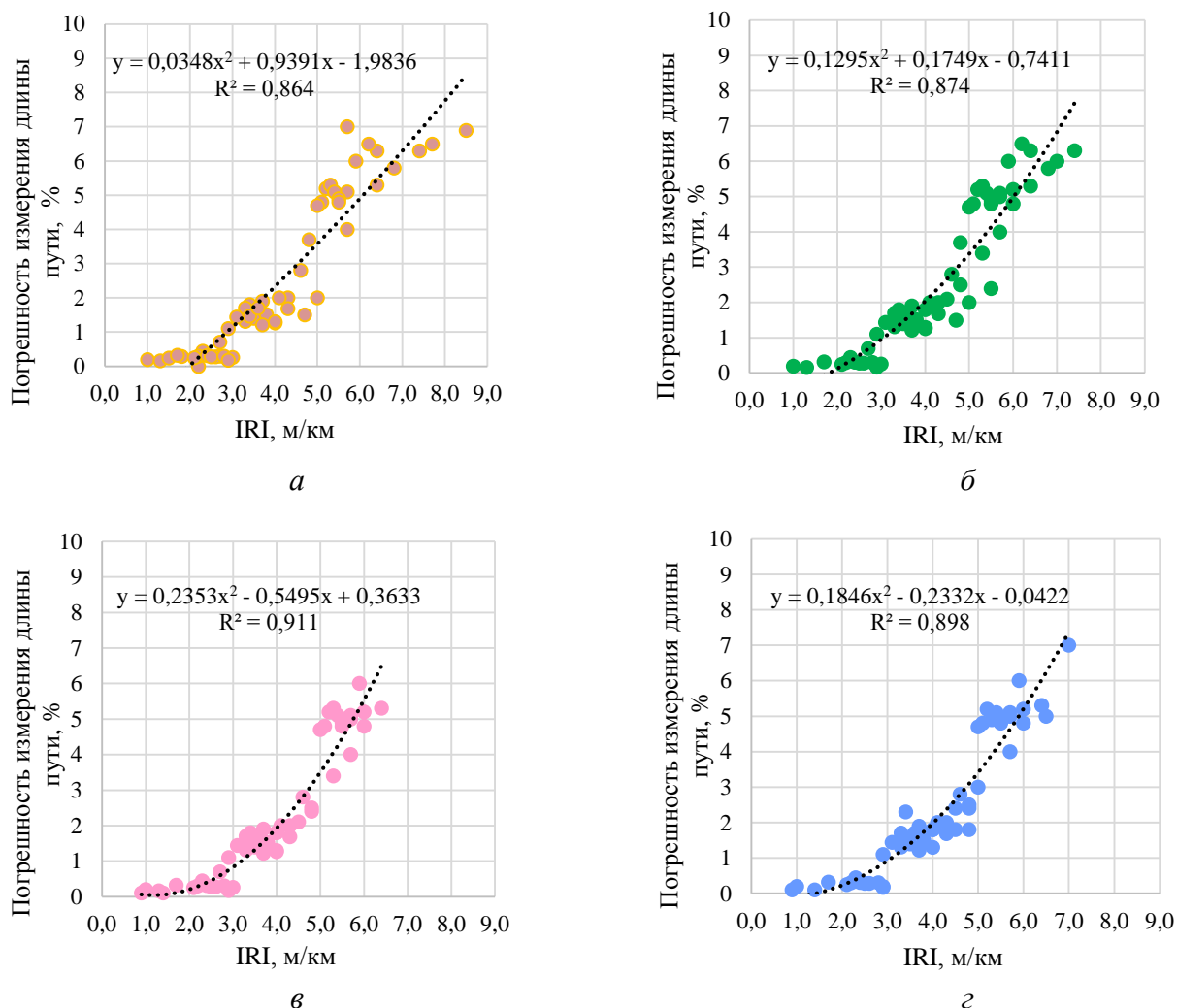


Рисунок 8 - График накопления погрешности измерения длины пути при изменении показателя ровности автомобильных дорог:

а - Удмуртской Республики; б - Ленинградской области; в - Новгородской области; г - Курской области

Выводы

Результаты исследования позволяют убедиться в следующем: увеличение значения продольной ровности обследуемого участка влечет за собой накопление погрешности при определении длины пройденного пути и протяженности дороги соответственно. Установлено, что в диапазоне значений IRI от 0 до 3 м/км погрешность находится в пределах 0,2 %, от 3 до 5 м/км - возрастает до 2 %, от 5 и выше м/км - достигает 5 % и более. Данные значения погрешности не удовлетворяют требованиям действующих нормативных стандартов, а следовательно - недопустимы. Таким образом, информация, полученная с приборов дорожной лаборатории, не соответствует фактической протяженности дороги. Это обстоятельство следует учитывать при проведении специальных диагностических обследований дорог с использованием передвижных дорожных комплексов. Для обеспечения высокой точности измерений, их достоверности и соблюдения установленного порядка проведения полевых изысканий необходимо производить обработку выходных данных (сигналов) о пройденном пути, полученных от различных источников - от спутниковой системы и системы измерения пройденного пути на ступице колеса лаборатории. Полученные выводы в дальнейшем могут стать основой более глубокого, фундаментального исследования с применением основ кор-

реляционного анализа, что позволит реализовать условие для повышения эффективности, точности и качества проведения диагностических обследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Golov E. // E3S Web of Conferences: Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering. – Moscow: EDP Sciences. – 2020. – P. 03022. – DOI 10.1051/e3sconf/202016403022.
2. Evtukov S., Golov E., Sazonova T. Prospects of scientific research in the field of active and passive safety of vehicles // MATEC Web of Conferences, Novosibirsk. – Novosibirsk: EDP Sciences. – 2018. – P. 04018. – DOI 10.1051/matecconf/201823904018.
3. Evtukov S.S., Golov E.V., Ivanov N.A. Innovative safety systems for modern vehicles // T-Comm. – 2019. – Vol. 13. – №6. – P. 71-76. – DOI 10.24411/2072-8735-2018-10283.
4. Evtukov S., Golov E., Rajczyk Ja. Improving the accuracy of stiffness coefficient calculation when estimating the kinetic energy spent on vehicle deformation // Architecture and Engineering. – 2020. – Vol. 5. – №1. – P. 45-50. – DOI 10.23968/2500-0055-2020-5-1-45-50.
5. Kvitchuk A., Kvitchuk M., Evtukov S., Golov E. Indicators of road safety as a phenomenon of national security of the state // Lecture Notes in Networks and Systems. – 2022. – Vol. 247. – P. 159-168. – DOI 10.1007/978-3-030-80946-1-16.
6. Kurakina E., Evtukov S., Rajczyk Ja. Potential for improving the procedure of inspecting road traffic accident black spots // Architecture and Engineering. – 2020. – Vol. 5. – №3. – P. 56-62. – DOI 10.23968/2500-0055-2020-5-3-56-62.
7. Kurakina E., Evtukov S. Improvement of the system for accounting of parameters during construction of motor roads // Architecture and Engineering. – 2017. – Vol. 2. – №3. – P. 34-42.
8. Kurakina E., Evtukov S. Results of studying road construction parameters condition // Architecture and Engineering. – 2018. – Vol. 3. – №1. – P. 29-37.
9. Kurakina E., Evtukov S., Ginzburg G. Systemic indicators of road infrastructure at accident clusters // Architecture and Engineering. – 2020. – Vol. 5. – №1. – P. 51-58. – DOI 10.23968/2500-0055-2020-5-1-51-58.
10. Heriberto Pérez-Acebo, Hernán Gonzalo-Orden, Daniel J. Findley, Eduardo Rojí. Modeling the international roughness index performance on semi-rigid pavements in single carriageway roads [Электронный ресурс] / Construction and Building Materials. – Vol. 272. – 2021. – 121665. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121665>.
11. S. Madeh Pirayonesi, Tamer E. El-Diraby. Examining the relationship between two road performance indicators: Pavement condition index and international roughness index [Электронный ресурс] / Transportation Geotechnics. – Vol. 26. – 2021. – 100441. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2020.100441>.
12. Alberti Susanna, Maurizio Crispino, Filippo Giustozzi, Emanuele Toraldo. Deterioration trends of asphalt pavement friction and roughness from medium-term surveys on major Italian roads, International [Электронный ресурс] / Journal of Pavement Research and Technology. – Vol. 10. – 2017. – P. 421-433. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.ijprt.2017.07.002>.
13. Laura Eboli, Carmen Forciniti, Gabriella Mazzulla Factors influencing accident severity: an analysis by road accident type [Электронный ресурс] / Transportation Research Procedia. – Vol. 47. – 2020. – P. 449-456. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.03.120>.
14. Prosser-Contreras M., Atencio E., La Rivera F.M., Herrera R.F. Use of unmanned aerial vehicles (Uavs) and photogrammetry to obtain the international roughness index (iri) on roads // Applied Sciences (Switzerland). – 2020. – Vol. 10. – №24. – P. 1-22. – DOI 10.3390/app10248788.
15. Zhang W., Wang M.L. International Roughness Index (IRI) measurement using Hilbert-Huang transform // Proceedings of SPIE // The International Society for Optical Engineering. – 2018. – P. 105991R. – DOI 10.1117/12.2297211.
16. Диагностика состояния подсистемы «Дорога» в системе ВАДС / Ю.Э. Васильев, Я.В. Васильев, С.А. Евтюков и др. - Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ). – Санкт-Петербург: ООО Издательский дом «Петрополис», 2019. – 298 с.
17. Голов Е.В. Фактор скорости в системе безопасности дорожного движения // Вестник гражданских инженеров. – 2021. – №3(86). – С. 139-148. – DOI 10.23968/1999-5571-2021-18-3-139-148.
18. Добромиров В.Н., Евтюков С.С., Голов Е.В. Организация безопасного дорожного движения на пешеходных переходах // Вестник гражданских инженеров. – 2017. – №6(65). – С. 265-270. – DOI 10.23968/1999-5571-2017-14-6-265-270.
19. Добромиров В.Н., Евтюков С.С., Куракина Е.В. Совершенствование методов оценки безопасности дорожного движения на скоростных автомобильных дорогах // Мир транспорта и технологических машин. – 2017. – №1(56). – С. 94-100.
20. Евтюков С.С., Голов Е.В. Аудит безопасности дорожного движения на автомобильных дорогах регионального значения в Ленинградской области // Транспорт Урала. – 2017. – №2(53). – С. 85-89. – DOI 10.20291/1815-9400-2017-2-85-89.
21. Голов Е.В., Евтюков С.А., Андреев А.П., Сорокина Е.В. Формирование трехмерной пространственно-следовой базы исходных данных с использованием сканирующих беспилотных летательных аппаратов и ее

интеграция в модельно-ориентированную реконструкцию дорожно-транспортных происшествий // Транспорт Урала. – 2022. – №1(72). – С. 74-79. – DOI 10.20291/1815-9400-2022-1-74-79.

22. Евтюков С.С., Голов Е.В., Коломеец А.А. Роль человеческого фактора при возникновении дорожно-транспортного происшествия // Транспортное дело России. – 2019. – №2. – С. 196-199.

23. Куракина Е.В. Диагностическое исследование элементов автомобильных дорог на участках ДТП неразрушающим контролем // Вестник гражданских инженеров. – 2016. – №6(59). – С. 231-237.

24. Куракина Е.В., Лутов Д.А., Мейке У.Н. Оценка уровня содержания и факторов риска автомобильных дорог // Вестник гражданских инженеров. – 2019. – №1(72). – С. 177-183. – DOI 10.23968/1999-5571-2019-16-1-177-183.

25. Куракина Е.В., Склярова А.А. Повышение уровня безопасности дорожного движения в системе «Участник дорожного движения - Транспортное средство - Дорога - Внешняя среда» // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2020. – Т. 17. – №4(74). – С. 488-499. – DOI 10.26518/2071-7296-2020-17-4-488-499.

26. Лазарев Ю.Г., Медрес Е.Е., Голов Е.В. Разработка типовых решений устройства, оснащения и организации опытно-экспериментальных полигонов // Вестник гражданских инженеров. – 2016. – №6(59). – С. 173-181.

27. Медрес Е.Е., Голов Е.В., Бабенко Т.И. Факторы, влияющие на равномерность движения автомобильного транспорта в условиях насыщенных транспортных потоков // Транспортное дело России. – 2017. – №2. – С. 89-90.

28. Петров А.И., Евтюков С.А. Новая антиэнтропийная концепция организованности систем обеспечения безопасности дорожного движения // Вестник гражданских инженеров. – 2019. – №1(72). – С. 184-193. – DOI 10.23968/1999-5571-2019-16-1-184-193.

29. Кочетков А.В., Сухов А.А., Козин А.С. и др. Повышение безопасности дорожного движения на основе совершенствования структуры отраслевой диагностики федеральных автомобильных дорог // Вестник СамГУПС. – 2013. – №1(19). – С. 54-61.

30. Стрижевский Д.А., Кочетков А.В., Янковский Л.В. Исследование повышения безопасности дорожного движения путем учета индекса IRI и комплексного показателя транспортно-эксплуатационного состояния // Техническое регулирование в транспортном строительстве. – 2014. – №3(7). – С. 13-28.

Голов Егор Викторович

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес: 190005, Россия, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., 4
К.т.н., старший преподаватель кафедры транспортных систем СПбГАСУ
E-mail: egorgoloff@yandex.ru

Евтюков Станислав Сергеевич

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

Сорокина Елена Валерьевна

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес: 190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., 4
Аспирант, старший преподаватель кафедры транспортных систем СПбГАСУ
E-mail: eva.sorok@mail.ru

E.V. GOLOV, S.S. EVTYUKOV, E.V. SOROKINA

**THE EFFECT OF THE SPECTRAL DENSITY OF THE ORDINATES
OF THE MICROPROFILE OF THE HIGHWAY ON THE RESULTS
OF THE DIAGNOSTIC EXAMINATION**

***Abstract.** The article analyzes data on the geometric parameters of elements, evenness (according to the international indicator of evenness IRI) and the length of more than 6 thousand km of highways of regional and federal values of various categories and types of pavement obtained by the results of a special survey by a mobile road laboratory. The variation of the error value of the length of the highway depending on the indicator of the longitudinal flatness of the highway is investigated. The equations describing the nature of the change in the error of the length of the traveled path with a change in the indicator of the evenness of highways are obtained.*

Keywords: *highway, evenness, road surface, diagnostics, mobile road laboratory, microprofile, transport, road management, inspection of highways*

BIBLIOGRAPHY

1. Golov E. // E3S Web of Conferences: Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering. - Moscow: EDP Sciences. - 2020. - P. 03022. - DOI 10.1051/e3sconf/202016403022.
2. Evtukov S., Golov E., Sazonova T. Prospects of scientific research in the field of active and passive safety of vehicles // MATEC Web of Conferences, Novosibirsk. - Novosibirsk: EDP Sciences. - 2018. - P. 04018. - DOI 10.1051/matecconf/201823904018.
3. Evtukov S.S., Golov E.V., Ivanov N.A. Innovative safety systems for modern vehicles // T-Comm. - 2019. - Vol. 13. - №6. - P. 71-76. - DOI 10.24411/2072-8735-2018-10283.
4. Evtukov S., Golov E., Rajczyk Ja. Improving the accuracy of stiffness coefficient calculation when estimating the kinetic energy spent on vehicle deformation // Architecture and Engineering. - 2020. - Vol. 5. - №1. - P. 45-50. - DOI 10.23968/2500-0055-2020-5-1-45-50.
5. Kvitchuk A., Kvitchuk M., Evtukov S., Golov E. Indicators of road safety as a phenomenon of national security of the state // Lecture Notes in Networks and Systems. - 2022. - Vol. 247. - P. 159-168. - DOI 10.1007/978-3-030-80946-1-16.
6. Kurakina E., Evtukov S., Rajczyk Ja. Potential for improving the procedure of inspecting road traffic accident black spots // Architecture and Engineering. - 2020. - Vol. 5. - №3. - P. 56-62. - DOI 10.23968/2500-0055-2020-5-3-56-62.
7. Kurakina E., Evtukov S. Improvement of the system for accounting of parameters during construction of motor roads // Architecture and Engineering. - 2017. - Vol. 2. - №3. - P. 34-42.
8. Kurakina E., Evtukov S. Results of studying road construction parameters condition // Architecture and Engineering. - 2018. - Vol. 3. - №1. - P. 29-37.
9. Kurakina E., Evtukov S., Ginzburg G. Systemic indicators of road infrastructure at accident clusters // Architecture and Engineering. - 2020. - Vol. 5. - №1. - P. 51-58. - DOI 10.23968/2500-0055-2020-5-1-51-58.
10. Heriberto Prez-Acebo, Hernn Gonzalo-Orden, Daniel J. Findley, Eduardo Roj. Modeling the international roughness index performance on semi-rigid pavements in single carriageway roads [Elektronnyy resurs] / Construction and Building Materials. - Vol. 272. - 2021. - 121665. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121665>.
11. S. Madeh Piryonesi, Tamer E. El-Diraby. Examining the relationship between two road performance indicators: Pavement condition index and international roughness index [Elektronnyy resurs] / Transportation Geotechnics. - Vol. 26. - 2021. - 100441. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2020.100441>.
12. Alberti Susanna, Maurizio Crispino, Filippo Giustozzi, Emanuele Toraldo. Deterioration trends of asphalt pavement friction and roughness from medium-term surveys on major Italian roads, International [Elektronnyy resurs] / Journal of Pavement Research and Technology. - Vol. 10. - 2017. - P. 421-433. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1016/j.ijprt.2017.07.002>.
13. Laura Eboli, Carmen Forciniti, Gabriella Mazzulla Factors influencing accident severity: an analysis by road accident type [Elektronnyy resurs] / Transportation Research Procedia. - Vol. 47. - 2020. - P. 449-456. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.03.120>.
14. Prosser-Contreras M., Atencio E., La Rivera F.M., Herrera R.F. Use of unmanned aerial vehicles (Uavs) and photogrammetry to obtain the international roughness index (iri) on roads // Applied Sciences (Switzerland). - 2020. - Vol. 10. - №24. - P. 1-22. - DOI 10.3390/app10248788.
15. Zhang W., Wang M.L. International Roughness Index (IRI) measurement using Hilbert-Huang transform // Proceedings of SPIE // The International Society for Optical Engineering. - 2018. - P. 105991R. - DOI 10.1117/12.2297211.
16. Diagnostika sostoyaniya podsistemy «Doroga» v sisteme VADS / Yu.E. Vasil'ev, Ya.V. Vasil'ev, S.A. Evtukov i dr. - Moskovskiy avtomobil'no-dorozhnyy gosudarstvennyy tekhnicheskiiy universitet (MADI). - Sankt-Peterburg: OOO Izdatel'skiy dom «Petropolis», 2019. - 298 s.
17. Golov E.V. Faktor skorosti v sisteme bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. - 2021. - №3(86). - S. 139-148. - DOI 10.23968/1999-5571-2021-18-3-139-148.
18. Dobromirov V.N., Evtukov S.S., Golov E.V. Organizatsiya bezopasnogo dorozhnogo dvizheniya na peshekhodnykh perekhodakh // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. - 2017. - №6(65). - S. 265-270. - DOI 10.23968/1999-5571-2017-14-6-265-270.
19. Dobromirov V.N., Evtukov S.S., Kurakina E.V. Sovershenstvovanie metodov otsenki bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya na skorostnykh avtomobil'nykh dorogakh // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2017. - №1(56). - S. 94-100.
20. Evtukov S.S., Golov E.V. Audit bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya na avtomobil'nykh dorogakh regional'nogo znacheniya v Leningradskoy oblasti // Transport Urala. - 2017. - №2(53). - S. 85-89. - DOI 10.20291/1815-9400-2017-2-85-89.
21. Golov E.V., Evtukov S.A., Andreev A.P., Sorokina E.V. Formirovanie trekhmernoy prostranstvenno-sledovoy bazy iskhodnykh dannykh s ispol'zovaniem skaniruyushchikh bespilotnykh letatel'nykh apparatov i ee inte-

- gratsiya v model'no-orientirovannuyu rekonstruktsiyu dorozhno-transportnykh proissheshtviy // Transport Urala. - 2022. - №1(72). - S. 74-79. - DOI 10.20291/1815-9400-2022-1-74-79.
22. Evtyukov S.S., Golov E.V., Kolomeets A.A. Rol' chelovecheskogo faktora pri vozniknovenii dorozhno-transportnogo proisshestiya // Transportnoe delo Rossii. - 2019. - №2. - S. 196-199.
23. Kurakina E.V. Diagnosticheskoe issledovanie elementov avtomobil'nykh dorog na uchastkakh DTP ne-razrushayushchim kontrolem // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. - 2016. - №6(59). - S. 231-237.
24. Kurakina E.V., Lutov D.A., Meyke U.N. Otsenka urovnya sodержaniya i faktorov riska avtomobil'nykh dorog // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. - 2019. - №1(72). - S. 177-183. - DOI 10.23968/1999-5571-2019-16-1-177-183.
25. Kurakina E.V., Sklyarova A.A. Povyshenie urovnya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v sisteme «Uchastnik dorozhnogo dvizheniya - Transportnoe sredstvo - Doroga - Vneshnyaya sreda» // Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo avtomobil'no-dorozhnogo universiteta. - 2020. - T. 17. - №4(74). - S. 488-499. - DOI 10.26518/2071-7296-2020-17-4-488-499.
26. Lazarev Yu.G., Medres E.E., Golov E.V. Razrabotka tipovykh resheniy ustroystva, osnashcheniya i organizatsii opytно-eksperimental'nykh poligonov // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. - 2016. - №6(59). - S. 173-181.
27. Medres E.E., Golov E.V., Babenko T.I. Faktory, vliyayushchie na ravnomernost' dvizheniya avtomobil'nogo transporta v usloviyakh nasyschennykh transportnykh potokov // Transportnoe delo Rossii. - 2017. - №2. - S. 89-90.
28. Petrov A.I., Evtyukov S.A. Novaya antientropiynaya kontseptsiya organizovannosti sistem obespecheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. - 2019. - №1(72). - S. 184-193. - DOI 10.23968/1999-5571-2019-16-1-184-193.
29. Kochetkov A.V., Sukhov A.A., Kozin A.S. i dr. Povyshenie bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya na osnove sovershenstvovaniya struktury otraslevoy diagnostiki federal'nykh avtomobil'nykh dorog // Vestnik Sam-GUPS. - 2013. - №1(19). - S. 54-61.
30. Strizhevskiy D.A., Kochetkov A.V., Yankovskiy L.V. Issledovanie povysheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya putem ucheta indeksa IRI i kompleksnogo pokazatelya transportno-ekspluatatsionnogo sostoyaniya // Tekhnicheskoe regulirovanie v transportnom stroitel'stve. - 2014. - №3(7). - S. 13-28.

Golov Egor Viktorovich

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
Adress: 19000, Russia, Saint Petersburg, 2-ya Krasnoarmeiskaya str., 54
Candidate of technical sciences
E-mail: egorgoloff@yandex.ru

Evtyukov Stanislav Sergeevich

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
Adress: 19000, Russia, Saint Petersburg, 2-ya Krasnoarmeiskaya str., 54
Doctor of Technical Sciences
E-mail: ese-89@yandex.ru

Sorokina Elena Valer'evna

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
Adress: 19000, Russia, Saint Petersburg, 2-ya Krasnoarmeiskaya str., 54
Postgraduate student
E-mail: eva.sorok@mail.ru

Научная статья

УДК 621.3

doi:10.33979/2073-7432-2023-2(81)-44-50

Л.О. САВИН, А.О. МИРОШНИЧЕНКО, Д.Д. КАРЕЛИН

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СИТУАЦИОННЫХ ЦЕНТРОВ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ. ОПЫТ РОССИИ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА БЕЛГОРОДА

Аннотация. В статье описаны возможности применения СЦ для обеспечения безопасности и регулирования дорожного движения. Приведен опыт России на примере города Белгорода. Задачи СЦ в г. Белгороде: снижение количества аварий и тяжелых травм у граждан, пострадавших в ДТП; ликвидация аварийности; повышение числа людей, пользующихся общественным транспортом; отдача приоритета общественному транспорту, пешеходам и велосипедистам, оказались реализованными.

Ключевые слова: ситуационный центр (СЦ), регулирование дорожного движения, ДТП, г. Белгород, ул. Щорса, IT-технологии

Введение

Ситуационный (диспетчерский) центр располагается в помещении и позволяет сотрудникам оперативно принимать управленческие решения, осуществлять контроль и проводить мониторинг различных объектов и ситуаций. Необходимым требованием является наличие оборудования для осуществления интерактивной передачи информации, конференцсвязи, видеоконференцсвязи, и других средств коммуникации.

Ситуационные центры используются:

- федеральными органами исполнительной и законодательной власти (администрация президента, правительство, федеральные министерства, ведомства.);
- властными органами субъектов Российской Федерации и местного самоуправления (региональные и областные администрации, мэрии, органы внутренних дел);
- крупными холдингами в различных отраслях промышленности энергетики, сельского хозяйства, транспорта;
- образовательными и учебными учреждениями.

Основные задачи СЦ отражены на схеме рисунка 1.



Рисунок 1 - Задачи ситуационных (диспетчерских) центров

Материал и методы

Элементы технического оснащения

К основным элементам технического оснащения ситуационного (диспетчерского) центра относится:

- экран коллективного пользования. Он может состоять из одного или нескольких экранов на которых отображаются видеоизображения, электронные карты, графики и диаграммы, в электронном виде текстовые документы. Система настраивается индивидуально под конкретные задачи и различные помещения благодаря модульной конфигурации. К ос-

новным свойствам экрана коллективного пользования относится его разрешающая способность, которая позволяет отобразить на одном экранном поле несколько «окон», с полным изображением предметов;

- система видеоконференцсвязи, которая позволяет в режиме реального времени проводить коллективные обсуждения вопросов между удаленными участниками совещания;
- система звукооснащения состоит из системы усиления (микширования) звука и акустической системы. Групповые обсуждения проводятся с помощью конференц-системы. Рабочее место участника совещания обеспечивается отдельным микрофоном или микрофонным пультом;
- дополнительное оборудование. Интерактивные доски и документ-камеры необходимые для электронного ввода и отображения графических данных;
- система управления для обеспечения слаженной работы всех элементов технического оснащения ситуационного (диспетчерского) центра. В силу высокой сложности она требует постоянного присутствия обслуживающих специалистов.

Наличие и бесперебойная работа этих систем позволяет решать управленческие задачи без обращения к аналитическим базам данных, информация в которых сохраняется и используется по мере необходимости. В регионах нашей страны становится актуальным разработка информационно-аналитических систем для СЦ. Таким образом, ситуационные центры применяются во всех управленческих структурах государственной власти и являются одним из наиболее популярных и востребованных способов оперативного и эффективного решения управленческих задач, и повышения эффективности управленческой деятельности.

В «Стратегии национальной безопасности Российской Федерации» определяется создание во всех регионах страны системы ситуационных центров. Исходя из этого одним из основных приоритетов для органов государственной власти является создание и объединение в единую систему взаимосвязанных ситуационных центров на всех уровнях управления, включая уровень муниципалитетов, а также объединение в единую систему корпоративных и ведомственных ситуационных центров. В связи с этим возникает большая потребность в специальном программном обеспечении ситуационных центров, однако уровень его развития в нашей стране пока невысокий. Этот программный продукт позволяет оценить ситуацию на объекте, для управления которым создавался ситуационный центр, спрогнозировать и провести сравнительную оценку различных вариантов развития событий. В настоящее время руководители регионов РФ в целях принятия обоснованных управленческих решений активно внедряют ситуационные центры в своих субъектах. Имеется потребность в IT-продуктах, позволяющих проводить прогнозирование, оперативный мониторинг, оценку рисков в общественно-политической социально-экономической и финансовой сферах региона. А также в продуктах для оперативной обработки различной информации: статистических и аналитических данных, аудио, фото, видео, материалов.

Одними из лучших российских ситуационных(диспетчерских) центров являются:

Диспетчерский центр ГИБДД г. Москва. Его система позволяет в режиме реального времени получать информацию с городских камер видеонаблюдения, контролировать дорожную обстановку, оперативно взаимодействовать с патрулями ГИБДД, регулировать работу светофоров и многое другое.

Ситуационный центр ЦОДД г. Москва. Он предназначен для интеграции работы городской интеллектуальной транспортной системы, управления дорожным движением, работой светофоров, дорожных знаков, информационных табло, своевременного реагирования на чрезвычайные ситуации. Система центра включает в себя 1200 комплектов фото- и видеофиксации, 1700 управляемых светофорных объектов, 150 управляемых знаков, 6700 детекторов транспортных потоков, 180 динамических информационных табло.



Рисунок 2 - Ситуационный центр ЦОДД Москвы

Для организации дорожного движения в Белгороде создали единый центр. Он занимается сбором данных о нарушениях ПДД, умной регулировкой трафика, расширением парковочного пространства.

Начальник регионального департамента цифрового развития Евгений Мирошников, на рабочем заседании группы по внедрению интеллектуальных транспортных систем в регионах России сделал доклад о запуске в Белгороде Единого центра организации дорожного движения, для создания которого, правительство области получило финансовые средства и рассказал о единых комплексах регистрации нарушений ПДД на улицах Белгорода, которые регистрируют все виды нарушений, в том числе, такие как превышение скорости, нарушение правил парковки, сам факт парковки и время нахождения на платной стоянке и другие. Основным нарушением является то, что на дорогах с параллельными платными стоянками автомобили паркуются «ёлочкой». В итоге резко уменьшается пропускная способность четырёхполосных дорог, которые становятся двухполосными, уплотняя трафик, вплоть до возникновения транспортных пробок. Для фиксации такого рода нарушений в радиусе наблюдения на перекрёстках и дорогах были установлены датчики, которые отслеживают все движущиеся и все стоящие автомобили. Осуществлялся сбор единой базы информации по всем транспортным средствам, которые двигались по дорогам и были припаркованы. В Белгороде 150 таких комплексов позволили за три месяца своей работы зарегистрировать нарушений на общую сумму 70 млн рублей. От автомобильной и пешей фиксации платной стоянки в Белгороде планируют отказаться. Автоматические комплексы будут сами фиксировать припаркованные транспортные средства. В городе в ближайшем будущем будут только расширять систему платной парковки. В собственность Белгородской области город Белгород передал свою долю в Единой Транспортной Компании. 26 февраля 2020 г. в российское законодательство были внесены изменения. Городским властям позволили получать из базы данных ГИБДД информацию о владельцах транспортных средств, своевременно не оплативших услуги платной стоянки. Это позволит наказывать нарушителей штрафом и существенно повысит дисциплину оплаты городских парковок.

Теория

Улучшить городской парковочный сервис позволят новые комплексы. Система датчиков автоматически анализирует все занятые парковочные места и выдает владельцу транспортного средства перечень свободных мест для стоянки, ближайших к нужному адресу. Мобильное приложение для Белгородского парковочного пространства позволяет водителю быстро определить адрес, рядом с которым нужно припарковаться. Увеличение зоны платной парковки является на сегодняшний день общим трендом. В дополнение к этому, владельцев транспортных средств будут стимулировать к пересадке на городской общественный транспорт. Это позволяет полностью поменять идеологию по организации транспортного сообщения (приоритет должен отдаваться общественному транспорту, пешеходам и велосипедистам).



Рисунок 3 - предоставлено департаментом строительства и транспорта

Все данные с умных камер, установленных на узлах Белгородской агломерации, интеллектуальная транспортная система соберет в единую базу данных. С помощью этого Единый центр организации дорожного движения сможет создать ряд сервисов, которые в свою очередь помогут регулировать трафик. На 144 перекрестках Белгорода установили данные комплексы. На остальных перекрестках – датчики стоящего и движущегося автомобильного транспорта. «Через пару лет всё это позволит эффективно управлять всем передвижением транспорта в агломерации и в случае ДТП автоматически перестраивать движение», – заключил Евгений Мирошников.

Результаты и обсуждение

В данный момент времени в Белгороде уже активно функционирует система на улице Щорса:



Рисунок 4 - Фотографии СЦ по ул. Щорса (2021 год)

В ГИБДД подвели предварительные итоги реконструкции Щорса, сравнив статистику ДТП за 2020 и 2021 год. Согласно этим данным, общее количество аварий на главной магистрали Харьковской горы увеличилось на 20 %, а вот аварий с пострадавшими наоборот - стало меньше на 30 %.

Однако нужно отметить, что такое сравнение не совсем корректное: большую часть 2020 года на ул. Щорса шла реконструкция, поэтому сравнивать надо статистику с тем периодом, когда улица была еще «старого образца».

Поэтому мы запросили в ГИБДД данные об общем количестве аварий за 10 месяцев 2019 года (эти сведения в открытом доступе не публикуются) и изучили статистику по авариям с пострадавшими. Итоги получились очень интересными.

Так, с января по конец октября в 2019 году на Щорса произошло 131 ДТП, а за такой же период 2021 года - 213. Однако, количество аварий с пострадавшими за этот период наоборот заметно снизилось на 40 % с 17 до 10 (рис. 5). Учитывались только те аварии, которые произошли на основной Щорса, без учёта дублёра и дворов. Если посчитать и их, то в 2019 году их на порядок больше.

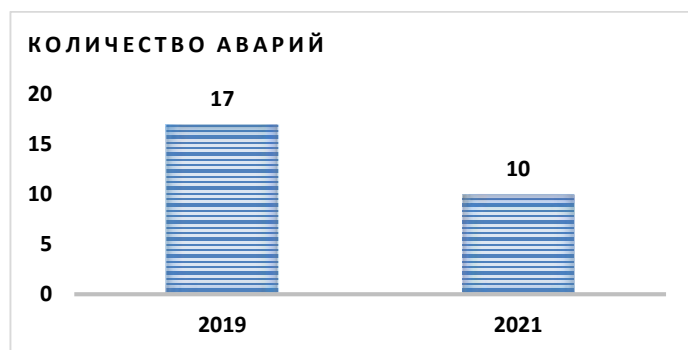


Рисунок 5 - Сравнение зависимости количества аварий по годам

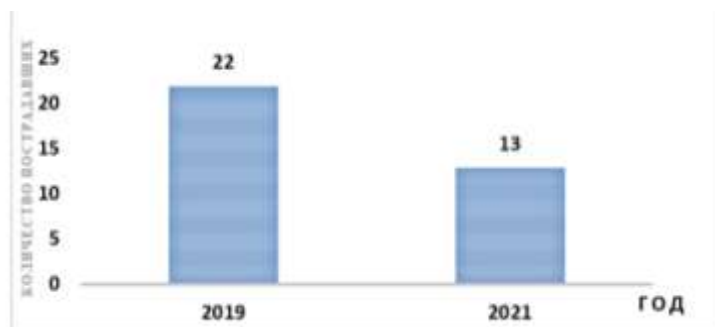


Рисунок 6 - Сравнение количества пострадавших по годам

Тяжелые травмы

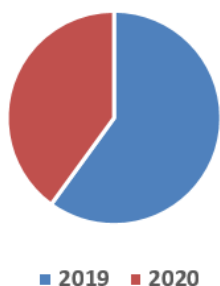


Рисунок 7 - Гистограмма тяжелых травм на ул. Щорса

машине с другим автомобилем, как показывает закрытая статистика ГИБДД, стало проще. Но это происходит в следствии того, что система недавно введена в эксплуатацию и водители еще не до конца освоили новую систему движения.

Выводы

Из выше изложенного можно сделать вывод о том, что задачи СЦ в городе Белгороде по ул. Щорса: снизить количество ДТП; количество аварий и количество тяжелых травм; свести аварийность к нулевому показателю; повысить число людей, пользующихся общественным транспортом; отдать приоритет общественному транспорту, пешеходам и велосипедистам, оказались реализованными.

Сейчас потоки транспорта перераспределились. Водители и пешеходы стали привыкать к изменению движения по магистрали. И как следствие должно стать успокоение трафика и уменьшение количества ДТП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. В ГИБДД подвели предварительные итоги реконструкции [Электронный ресурс] / Режим доступа: https://vk.com/wall-35961352_1224940/.
2. Зацаринный А.А., Шабанов А.П. Эффективность ситуационных центров и человеческий фактор // Вестник Моск. ун-та им. С.Ю. Витте. Серия 1: Экономика и управление. - 2013. - №3. - С. 32-43.

В 17 авариях 2019 года пострадали 22 человека, а в 10 авариях 2021 года травмы получили 13 человек, что на 40 % меньше (рис. 6). Среди 22 пострадавших в 2019 году пешеходов было девять, а среди 13 пострадавших в 2021 - всего четверо, а это на 55 % меньше. Интересно, что двое из этих пешеходов перебежали дорогу: один в темное время суток на красный свет светофора, а другой в неподобающем месте выбежал перед автобусом.

Тяжелые травмы в 2019 получили шесть человек - и из них пять пешеходов. В 2021 году сильно пострадали только три человека, что на 50 % меньше, из них пешеходов только двое. А это на 60% меньше, по сравнению с периодом, когда еще система СЦ не работала (рис. 7).

Погибших ни в 2019, ни в 2021 году на Щорса не было.

Даже невооруженным глазом видно, что реконструкция ул. Щорса решила одну из основных задач - шансы быть травмированным на этой улице снизились почти вдвое, сбивать пешеходов практически перестали.

Получить серьезные травмы на Щорса тоже стало сложнее. А вот совершить столкновение на

3. Ильин Н.И., Демидов Н.Н., Новикова Е.В. Ситуационные центры. Опыт, состояние, тенденции развития. - М.: Медиа Пресс, 2011. - 336 с.
4. Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика и прогнозы будущего. - 3-е изд. - М.: Едиториал УРСС, 2003. - 288 с.
5. Карпычев В.Ю. Информационные технологии управления. - НИМБ. - 2004. - 108 с.
6. Лепский В.Е., Райков А.Н. Социогуманитарные аспекты ситуационных центров развития. - М.: Когито-Центр, 2017. - 416 с.
7. Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Бурилина М.А. Перспективы цифровизации современного общества. – ЧОУ ВО «Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики», 2017.
8. Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Сушко Е.Д. Ситуационное моделирование - эффективный инструмент для стратегического планирования и управления. Управленческое консультирование, 2016. - 39 с.
9. Малиновский Б.Н. История вычислительной техники в лицах. - КИТ, ПТОО «А.С.К.», 1995. - 168 с.
10. Савельева А., Журенков Д., Ситуационные центры: за рубежом [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.rosinform.ru/security/72242-situatsionnye-tsentryza-rubezhom/>
11. Административная деятельность полиции [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://isfic.info/poladm/demud46.htm>
12. Вахмянин И.С., Ильин Н.И., Новикова Е.В. Разработка модели алгоритма управления информационными потоками в ситуационных центрах органов государственной власти // Бизнес-Информатика. - №1(15). - 2001. – С. 3-10.
13. Райкова А.Н. Тенденции развития ситуационных комнат // Ситуационные центры – проблемы и решения. Взгляд экспертов. - Науч. практич. конф. - Москва. – 2002. – С. 4-5.
14. Максимова Ю., Тарасов М. Структура и эксплуатация ситуационного центра // CONNECT. - 2008. - №6. - С. 140-145.
15. Ситуационные центры. Практика построения - Ситуационные центры // Polymedia. - 2009-2011.
16. Секретев К.М. Новые транспортные технологии. - Евразия экспресс, 2018. - 255-е изд. - 176 с.
17. Суходольский Г.В. Инженерно-психологическая экспертиза дорожно-транспортных происшествий. - Институт прикладной психологии «Гуманитарный центр», 2018. - 384 с.
18. Полянская О.Ю., Горбатов В.С. Инфраструктуры открытых ключей // Интернет-университет информационных технологий - Бином. Лаборатория знаний, 2017. - 368 с.
19. Прокофьева Т. Логистическая инфраструктура международных транспортных коридоров. - LAP Lambert Academic Publishing, 2015. – 128 с.
20. Якунин В.И. Геополитические вызовы России. Современное транспортное измерение. - Москва: СИНТЕГ, 2016. - 623 с.
21. Гостев А.А. Ситуационный центр МВД России: перспективы развития [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.ormvd.ru/pubs/101/situational-centre-of-the-ministry-of-internal-affairs-of-russia-prospects-of-development/>

Савин Леонид Олегович

Академия федеральной службы охраны Российской Федерации
Адрес: 302015, Россия, г. Орел, ул. Приборостроительная, 35
К.т.н., преподаватель кафедры «Техническая эксплуатация»
E-mail: leonidys77@yandex.ru

Мирошниченко Алексей Олегович

Академия федеральной службы охраны Российской Федерации
Адрес: 302015, Россия, г. Орел, ул. Приборостроительная, 35
Сотрудник
E-mail: alexei.mir42@yandex.ru

Карелин Данил Денисович

Академия федеральной службы охраны Российской Федерации
Адрес: 302015, Россия, г. Орел, ул. Приборостроительная, 35
Сотрудник
E-mail: danilk359@gmail.com

L.O. SAVIN, A.O. MIROSHNICHENKO, D.D. KARELIN

**THE POSSIBILITIES OF SITUATIONAL CENTERS USING
FOR TRAFFIC REGULATION. THE RUSSIA EXPERIENCE
ON THE BELGOROD CITY EXAMPLE**

Abstract. The article describes the possibilities of using SC to ensure safety and traffic regulation. The experience of Russia is given on the example of Belgorod city. The tasks of the Social Center in Belgorod: reducing the number of accidents and serious injuries among citizens injured in road accident, eliminating accidents; increasing the number of people using public transport; giving priority to public transport, pedestrians and cyclists, were realized.

Keywords: situation center (SC), traffic regulation, traffic accident, Belgorod, Shchors str., IT technologies

BIBLIOGRAPHY

1. V GIBDD podveli predvaritel'nye itogi rekonstruktsii [Elektronnyy resurs]/ Rezhim dostupa: https://vk.com/wall-35961352_1224940/.
2. Zatsarinnyy A.A., Shabanov A.P. Effektivnost' situatsionnykh tsentrov i chelovecheskiy faktor // Vestnik Mosk. un-ta im. S. Yu. Vitte. Seriya 1: Ekonomika i upravlenie. - 2013. - №3. - S. 32-43.
3. Il'in N.I., Demidov N.N., Novikova E.V. Situatsionnye tsentry. Opyt, sostoyanie, tendentsii razvitiya. - M.: Media Press, 2011. - 336 s.
4. Kapitsa S.P., Kurdyumov S.P., Malinetskiy G.G. Sinergetika i prognozy budushchego. - 3-e izd. - M.: Editorial URSS, 2003. - 288 s.
5. Karpychev V.Yu. Informatsionnye tekhnologii upravleniya. - NIMB. - 2004. - 108 s.
6. Lepskiy V.E., Raykov A.N. Sotsiogumanitarnye aspekty situatsionnykh tsentrov razvitiya. - M.: Kogito-Tsentr, 2017. - 416 s.
7. Makarov V.L., Bakhtizin A.R., Burilina M.A. Perspektivy tsifrovizatsii sovremennogo obshchestva. - CHOU VO «Sankt-Peterburgskiy universitet tekhnologiy upravleniya i ekonomiki», 2017.
8. Makarov V.L., Bakhtizin A.R., Sushko E.D. Situatsionnoe modelirovanie - effektivnyy instrument dlya strategicheskogo planirovaniya i upravleniya. Upravlencheskoe konsul'tirovanie, 2016. - 39 s.
9. Malinovskiy B.N. Istoriya vychislitel'noy tekhniki v litsakh. - KIT, PTOO «A.S.K.», 1995. - 168 s.
10. Savel'eva A., ZHurenkov D. Situatsionnye tsentry: za rubezhom [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <http://www.rosinform.ru/security/72242-situatsionnye-tsentry-za-rubezhom/>
11. Administrativnaya deyatelnost' politzii [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://isfic.info/poladm/demud46.htm>
12. Vakhmyanin I.S., Il'in N.I., Novikova E.V. Razrabotka modeli algoritma upravleniya informatsionnymi potokami v situatsionnykh tsentrakh organov gosudarstvennoy vlasti. - Biznes-Informatika. - №1(15). - 2001. - S. 3-10.
13. Raykova A.N. Tendentsii razvitiya situatsionnykh komnat // Situatsionnye tsentry - problemy i resheniya. Vzgl'yad ekspertov. - Nauch. praktich. konf. - Moskva. - 2002. - S. 4-5.
14. Maksimova Yu., Tarasov M. Struktura i ekspluatatsiya situatsionnogo tsentra // CONNECT. - 2008. - №6. - S. 140-145.
15. Situatsionnye tsentry. Praktika postroeniya - Situatsionnye tsentry // Polymedia. - 2009-2011.
16. Sekretev K.M. Novye transportnye tekhnologii. - Evraziya ekspres, 2018. - 255-e izd. - 176 s.
17. Sukhodol'skiy G.V. Inzhenerno-psikhologicheskaya ekspertiza dorozhno-transportnykh proisshestviy. - Institut prikladnoy psikhologii «Gumanitarnyy tsentr», 2018. - 384 s.
18. Polyanskaya O.Yu., Gorbato V.S. Infrastruktury otkrytykh klyuchey // Internet-universitet informatsionnykh tekhnologiy - Binom. Laboratoriya znaniy, 2017. - 368 s.
19. Prokof'eva T. Logisticheskaya infrastruktura mezhdunarodnykh transportnykh koridorov. - LAP Lambert Academic Publishing, 2015. - 128.
20. Yakunin V.I. Geopoliticheskie vyzovy Rossii. Sovremennoe transportnoe izmerenie. - Moskva: SINTEG, 2016. - 623 s.
21. Gostev A.A. Situatsionnyy tsentr MVD Rossii: perspektivy razvitiya [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <http://www.ormvd.ru/pubs/101/situational-centre-of-the-ministry-of-internal-affairs-of-russia-prospects-of-development/>

Savin Leonid Olegovich

Academy of the Federal Security Service
of the Russian Federation

Address: 302015, Russia, Orel, Priborostroitel'naya str.

Candidate of technical sciences

E-mail: leonidys77@yandex.ru

Karelin Danil Denisovich

Academy of the Federal Security Service
of the Russian Federation

Address: 302015, Russia, Orel, Priborostroitel'naya str.

Employee

E-mail: danilk359@gmail.com

Miroshnichenko Alexey Olegovich

Academy of the Federal Security Service
of the Russian Federation

Address: 302015, Russia, Orel, Priborostroitel'naya str.

Employee

E-mail: alexei.mir42@yandex.ru

Научная статья

УДК 656.071

doi:10.33979/2073-7432-2023-2(81)-51-57

В.Э. КЛЯВИН, Ю.Н. РИЗАЕВА, А.В. ГРИНЧЕНКО

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ КАЧЕСТВА ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ

Аннотация. Большинство существующих оценок качества пассажирских перевозок автомобильным транспортом отличаются двумя существенными недостатками. С одной стороны, существующие оценки качества требуют сбора большого количества данных. Это связано с высокой трудоёмкостью и значительными временными затратами. С другой стороны, существующие оценки качества не учитывают интересы всех сторон, связанных с организацией, осуществлением и использованием системы пассажирских перевозок. В связи с этим предлагается использовать комплексный показатель оценки качества пассажирских перевозок. Предлагаемая оценка качества учитывает интересы всех сторон и отличается малой трудоёмкостью.

Ключевые слова: пассажирские перевозки, участник транспортного процесса, показатель качества перевозок, лингвистическая переменная, функция принадлежности

Введение

В настоящее время во многих городах России получила популярность и начинает реализовываться концепция «Умный город». Целью реализации проектов в рамках этой концепции является формирование комфортной для проживания городской среды. Важное значение при этом имеет эффективное транспортное обслуживание населения, требования к качеству которого существенно возросли.

Повышение качества и эффективности транспортного обслуживания населения заключается в приоритетном устойчивом развитии общественного транспорта. Городской общественный транспорт должен стать достойной альтернативой поездкам на индивидуальном автотранспорте в городах.

Материал и методы

Проблемам оценки качества и эффективности пассажирских услуг посвящено достаточно много научно-исследовательских работ, выполненных в разные годы [3-22]. Существует Методика оценки качества транспортного обслуживания населения, утвержденная Социальным стандартом транспортного обслуживания населения (распоряжение Минтранса РФ № НА-19-р от 31.01.2017 г.). Однако в связи со сложностью оценивания качества пассажирских услуг вопрос объективности и всесторонности методики оценивания остается дискуссионным.

Наиболее полный список показателей качества размещен в работах [6, 7]. Авторами предполагается наличие формальных показателей в регламентирующих документах. В работе [8] выделены «уровни результативности пассажирского транспорта, а также соответствующие им параметры; сформированы показатели результативности, отвечающие требованиям пассажира, интересам перевозчика и интересам заказчика услуг». Конечным результатом работы общественного пассажирского транспорта, с точки зрения его социальной эффективности, является экономия времени и сил пассажиров [9]. Автор уделяет достаточно много внимания стоимостной оценке временных затрат, а также расчету экономической эффективности от экономии времени пассажиров при транспортных передвижениях. Но не учитывает количественно качество (комфортабельность) этого передвижения, которое напрямую влияет на затраты (экономия) сил пассажиров (транспортную усталость). В статье [10] отмечена важность показателя - изменчивость «времени в пути», который позволяет оценивать эффективность работы транспорта. Он отражает надежность транспортной системы. Снижение изменчивости этого показателя не менее важно, чем сокращение среднего времени в пути. Тем не менее, объем исследований в отношении надежности времени в пути довольно мал. В работе [18] представлен метод оценки критериев временной доступности, дающий возможность на основе опроса пассажиров определить ожидания пассажиров в отношении качества общественного транспорта, определить существующие уровни качества, выявить причины

недовольства пассажиров, предоставлять информацию и данные для проектов повышения качества, а также количественные результаты с возможностью оценки тенденций. Предложение соединить оценку нормативных параметров качества пассажирских перевозок с «такими факторами как надежность, доступность, безопасность, культура персонала, чистота транспортных средств» и т.д. приведено в работе [19, с. 68]. В основе лежат трудоёмкие социологические исследования. В статье [20] представлен метод оценки эффективности автобусных маршрутов в системе общественного транспорта на основе анализа работы общественного транспорта, уровня загрузки пассажиров, надежности обслуживания, среднего времени пребывания и средней скорости движения с использованием пересмотренного метода DEA и анализа чувствительности индексов. В работе [21] авторы приводят ряд показателей эффективности, которые могут относиться к точке зрения пассажира, агентства и / или сообщества. Мнение пассажира отражает восприятие пассажиром услуги. Точка зрения агентства отражает эффективность транзита с точки зрения транзитного агентства как бизнеса. Точка зрения сообщества измеряет роль транзита в достижении общих целей сообщества.

Однако, как правило, оценка качества пассажирских перевозок осуществляется на основе мнения пассажиров без учёта мнения других участников перевозочного процесса. Предлагаемый метод позволяет учесть мнение всех сторон, а также определять наиболее эффективные мероприятия по повышению качества пассажирских перевозок.

Теория

Основной задачей в области повышения эффективности функционирования пассажирского транспорта является создание современной пассажирообслуживающей системы, отвечающей интересам всех участников транспортного процесса: перевозчиков, пассажиров и общества в целом. Поэтому методика оценки качества пассажирских перевозок должна быть комплексной, учитывающей интересы всех сторон.

Предлагаемая методика расчета комплексного показателя качества пассажирских перевозок основана на методах экспертных оценок и математическом аппарате теории нечётких множеств. В качестве частных показателей качества перевозок предложены следующие:

- 1) движение по расписанию;
- 2) система оплаты;
- 3) наполняемость;
- 4) комфортабельность салона;
- 5) качество обслуживанием водителем.

Для оценки важности показателей привлекаются 6 экспертов:

- 1) водитель маршрутного транспортного средства;
- 2) специалист агентства автомобильного транспорта (ААТ);
- 3) пассажир;
- 4) работник Управления дорог и транспорта;
- 5) владелец маршрутного транспорта;
- 6) специалист по пассажирским перевозкам.

Введем лингвистическую переменную для оценки важности по показателям. Чтобы составить терм-множество, зададим совокупность $T(x)$ значений лингвистической переменной ($n = 7$): $T(x) = \{\text{очень высокая, высокая, выше средней, средняя, ниже средней, низкая, очень низкая}\}$.

Для построения функции принадлежности для каждого элемента терм-множества используем нормальный закон распределения как наиболее часто встречающийся на практике и обладающий особенностью, согласно которой он «является предельным законом, к которому приближаются другие законы распределения при весьма часто встречающихся типичных условиях» [1, с. 116]. Универсальное множество $M(X)$ определено на интервале $[0;1]$, а функция принадлежности элементов терм-множества имеет вид [1, с. 117]

$$f(x) = e^{-\pi(x-a)^2},$$

где a – оценка математического ожидания функции принадлежности.

Для уменьшения размытости область существования функции принадлежности ограничена интервалом 0,5.

На рисунке 1 представлен график функций принадлежности значений лингвистической переменной.

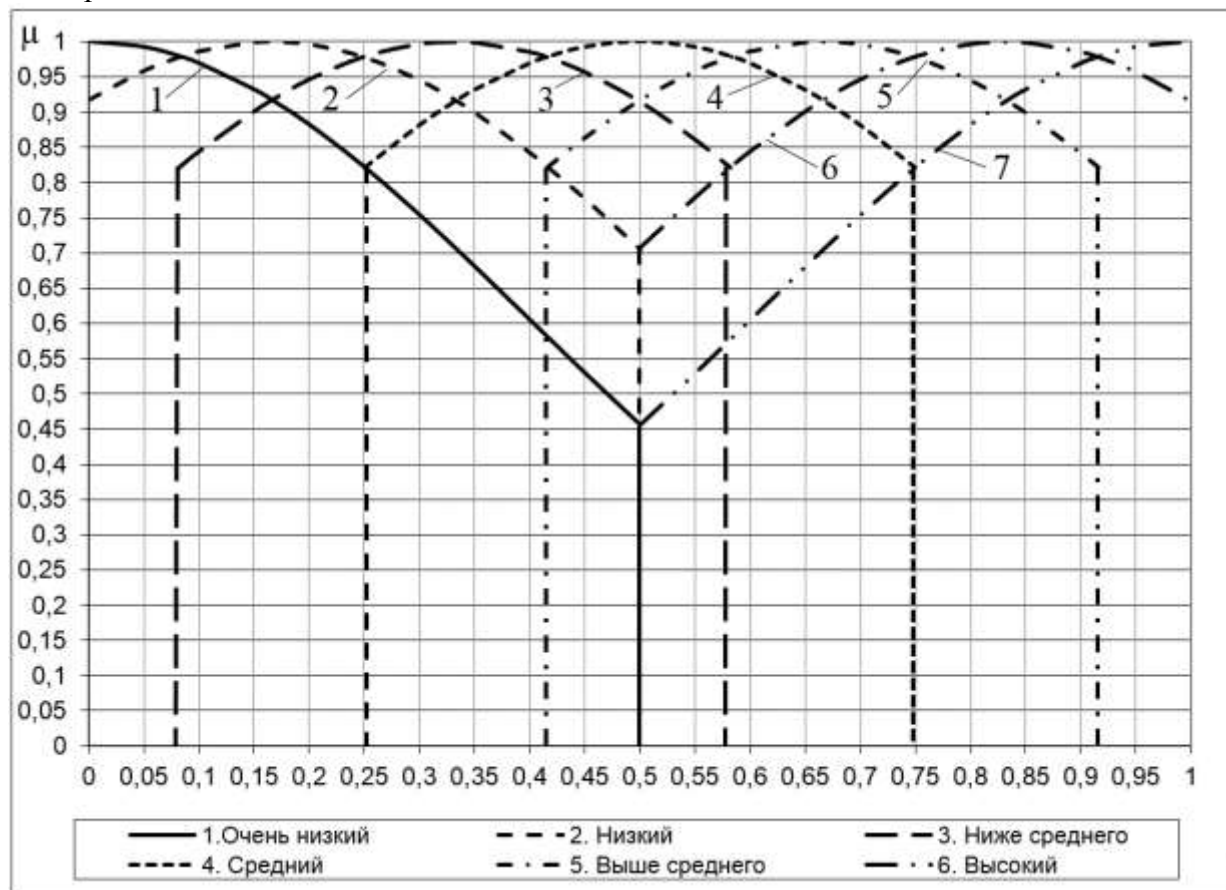


Рисунок 1 – График функций принадлежности элементов терм-множества

Оценка важности для e -го элемента обустройства осуществляется j -м экспертом в качественной форме (табл. 1). Качественная оценка переводится в нечёткое число

$$r_{ej}, e = \overline{1, E}, j = \overline{1, m}.$$

Таблица 1 – Экспертные лингвистические оценки важности показателей

	Элемент обустройства	Эксперты					
		Водитель МТС	Специалист ААТ	Пассажир	Работник Управления дорог и транспорта	Владелец МТС	Специалист по пассажирским перевозкам
1	Движение по расписанию	выше средней	очень высокая	высокая	выше средней	очень высокая	выше средней
2	Система оплаты	ниже средней	низкая	высокая	ниже средней	средняя	средняя
3	Наполняемость	средняя	очень высокая	ниже средней	очень высокая	очень высокая	средняя
4	Комфортабельность салона	высокая	выше средней	очень высокая	средняя	выше средней	высокая
5	Качество обслуживания водителем	средняя	выше средней	высокая	ниже средней	выше средней	очень высокая

Обобщение оценок важности по каждому показателю осуществлялось путём агрегирования оценок экспертов

$$r_e = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m r_{ej}.$$

Для получения комплексной оценки показателя качества пассажирских перевозок на конкретном маршруте требуется определить вес каждого показателя. Используем расстояние Хэмминга между парами функций принадлежности и полученных обобщённых оценок. Обобщенное расстояние Хемминга дает линейную оценку расстояния между нечеткими конечными множествами А и В, заданных на одном и том же Х по формуле [2, с. 274]:

$$d(A, B) = |\mu_A(x_1) - \mu_B(x_1)| + |\mu_A(x_q) - \mu_B(x_q)|,$$

где $q = \overline{0,21}$ – количество значений, на которое разбивается интервал универсального множества с шагом 0,05.

Ранжирование показателей осуществляется по величине расстояния от степени важности «очень высокая», чем меньше расстояние, тем выше ранг показателя.

Результаты расчёта приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Ранжирование показателей качества пассажирских перевозок по уровню важности

Показатель	Расстояние Хемминга							Ранг
	Очень низкая	Низкая	Ниже средней	Средняя	Выше средней	Высокая	Очень высокая	
1. Движение по расписанию	9,02971	4,440402	5,83041	3,19776	2,57680	5,15939	11,90234	1
2. Система оплаты	5,96514	2,93449	8,65172	5,80435	4,28591	9,01834	14,52075	5
3. Наполняемость	8,90971	3,75652	5,45730	2,92070	2,39396	5,60170	11,96971	2
4. Комфортабельность салона	8,80971	4,23652	6,07041	3,03720	2,39396	5,75939	12,34234	3
5. Качество обслуживанием водителем	8,22234	3,71652	6,30291	3,14318	2,61553	6,74170	13,00971	4

Введём шкалу оценок весов показателей с шагом $\Delta x = 0,5$ (рис. 2).

Расчёт веса каждого показателя производится с использованием экспоненциального закона распределения по формуле

$$v_i = \Delta x \cdot e^{-x_i},$$

где Δx – шаг шкалы оценок, $\Delta x = 0,5$;

x_i – середина i -го интервала.

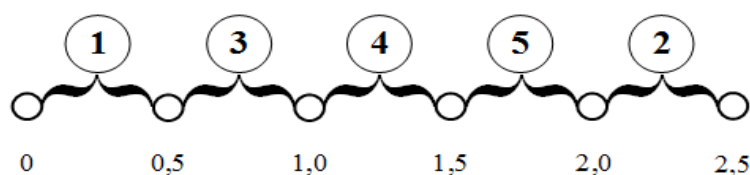


Рисунок 2 – Шкала оценок весов показателей качества пассажирских перевозок

Для выполнения условия соразмерности требуется нормировка весов. Целью нормировки является приведение количественного показателя к числу, лежащему на интервале от 0 до 1

$$\overline{v_u} = \frac{v_{eu}}{v_{1u} + v_{2u} + \dots + v_{Eu}}, \quad (6)$$

где $U = 5$ – число показателей.

Результаты расчёта приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Результаты расчёта весов показателей качества пассажирских перевозок

Показатель	Показатель качества				
	1	3	4	5	2
x_i	0,25	0,75	1,25	1,75	2,25
Вес показателя	0,389400392	0,236183276	0,143252398	0,086886972	0,052699612
Нормированный вес показателя	0,428655364	0,259992621	0,157693496	0,09564594	0,058012195

Комплексная оценка показателя качества перевозок пассажиров на маршруте и определяется по формуле

$$O_u = \sum_{e=1}^E \overline{v_{eu}} \cdot \overline{r_e}, u = \overline{1, U}.$$

Результаты и обсуждение

Сравним комплексный показатель качества пассажирских перевозок до и после предлагаемых мероприятий.

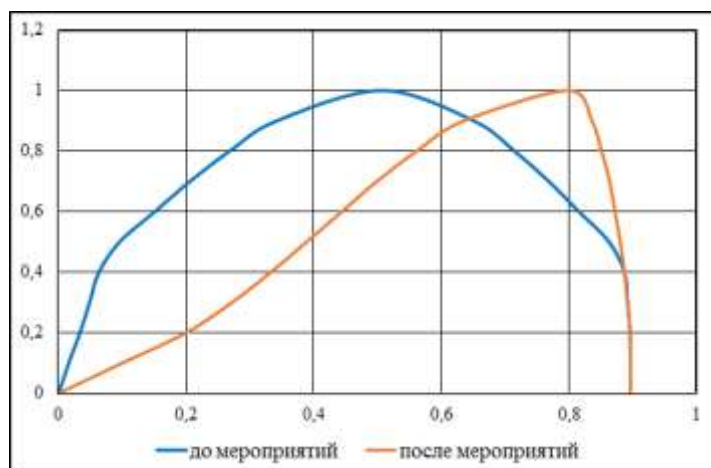


Рисунок 3 - Комплексная оценка показателя качества пассажирских перевозок

В качестве допущения примем, что изменились два показателя – движение по расписанию и наполняемость. Присвоим этим показателям максимальное значение. С помощью расстояния между O_u и нечеткими множествами $M(X)$, составляющими совокупность терма, преобразуем нечеткие числа O_u в лингвистические переменные. Элемент терма, до которого расстояние будет минимальным, определяет лингвистическую оценку показателя качества пассажирских перевозок для маршрута u . Результаты расчетов представлены в таблице 4.

В результате предложенных мероприятий уровень комплексного показателя качества пассажирских перевозок вырос от среднего к высокому.

Графическая комплексная оценка показателя качества пассажирских перевозок представлена на рисунке 3.

Таблица 4 – Определение уровня значения комплексного показателя качества пассажирских перевозок

Опрос	Расстояние Хемминга							Лингвистическая оценка
	Очень низкий	Низкий	Ниже среднего	Средний	Выше среднего	Высокий	Очень высокий	
До	9,962338	6,118344	6,115194	3,603183	5,36458	6,2817	11,84234	Средний
После	12,21052	7,611345	4,852446	5,605981	7,558233	1,801664	7,205136	Высокий

Выводы

Использование комплексной оценки показателя качества пассажирских перевозок позволит объективно и оперативно оценивать организацию перевозок пассажиров на любом маршруте с учётом мнения пользователей, организаторов и контролёров, а также оценивать мероприятия, направленные на её улучшение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вентцель Е.С. Теория вероятностей: Учебник для вузов. - М.: Высшая школа. - 6-е изд. стер., 1999. - 576 с.
2. Кофман Л. Введение в теорию нечетких множеств. - М.: Радио и связь. - Пер. с франц., 1982. - 432 с.
3. Гринченко А.В., Казарина М.В. Комплексная оценка уровня конкурентоспособности перевозчика на рынке пассажирских услуг // Вестник транспорта. - 2016. - №7. - С. 34-38.
4. Гринченко А.В., Маршкова М.В. Определение социально-экономической эффективности использования пассажирского транспорта // Т-Comm – Телекоммуникации и транспорт. - 2017. - №2. - С. 37-40.
5. Корчагин В.А., Гринченко А.В., Сысоев Д.К. Повышение социально-экономической эффективности внутриобластных пассажирских перевозок // Аграрный научный журнал. - Саратов: СГАУ. - 2016. - №12. - С. 55-57.
6. Комарова И.А. Экономические методы управления качеством автомобильных пассажирских перевозок: Автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Комарова Ирина Александровна. - М., 2007. - 21 с.
7. Спирин И.В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками: учебник для студ., учреждений среднего проф. образования. - М.: Академия. - 5-е изд., перераб., 2010. - 400 с.
8. Мочалин С.М., Каспер М.Е. Формирование расчетных показателей для оценки результативности функционирования системы городского общественного пассажирского транспорта // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. - 2017. - №6(58). - С. 37-47.
9. Кожевникова И.А. Оценка эффективности экономии времени пассажиром при передвижении общественным транспортом // Рынок транспортных услуг (проблемы повышения эффективности). - 2016. - №9. - С. 261-268.

10. Лебедева О.А. Показатели оценки эффективности работы общественного транспорта // Современные технологии и научно-технический прогресс. - 2018. - Т. 1. - С. 108-109.
11. Луконькина К.А., Епифанов В.В., Обшивалкин М.Ю., Гусев С.И. Повышение качества пассажирских автомобильных перевозок в межрегиональном сообщении на основе методологии структурирования функции качества (QFD) // Инфокоммуникационные и интеллектуальные технологии на транспорте: Материалы I международной научно-практической конференции. - В 2 томах. - 2018. - С. 109-113.
12. Гиссин В.И., Тимонин А.А. Повышение качества и безопасности пассажирских автотранспортных перевозок // Технологические инициативы в достижении целей устойчивого развития: Материалы международной научно-практической конференции. XV Южно-Российский логистический форум. - 2019. - С. 332-336.
13. Белокуров В.П., Кораблев Р.А., Авдеев Г.А., Платонов Г.А., Болгова В.Д. К вопросу оценки качества обслуживания пассажирских перевозок // Воронежский научно-технический Вестник. - 2019. - Т. 4. - №4(30). - С. 77-82.
14. Широкоград О.А., Володькин П.П. Информационно-технологическое обеспечение повышения качества пассажирских перевозок в Приморском крае // Автомобильный транспорт Дальнего Востока. - 2018. - №1. - С. 328-333.
15. Кулев М.В., Васильева В.В., Кулева Н.С., Есин К.С. Оценка качества перевозок городским пассажирским транспортом // Мир транспорта и технологических машин. - 2019. - №1(64). - С. 65-71.
16. Паршакова К.А., Якунин Н.Н., Якунина Н.В. Повышение качества городских пассажирских автомобильных перевозок на основе оптимизации интервалов движения с учетом региональных особенностей // Наука сегодня: глобальные вызовы и механизмы развития: Материалы международной научно-практической конференции. - 2019. - С. 51-56.
17. Семенова Е.С., Осит В.А. Совершенствование методов оценки качества и эффективности пассажирских перевозок в современных условиях // Образование. Транспорт. Инновации. Строительство: Сборник научных трудов национальной научно-практической конференции. - 2018. - С. 564-567.
18. Olivkova I. Evaluation of quality public transport criteria in terms of passenger satisfaction // Transport and Telecommunication. - 2016. - Vol. 17. - №1. - P. 18-27. - DOI 10.1515/tj-2016-0003
19. Качество пассажирских перевозок: возможность исследования методами социологии: Учебное пособие / В.А. Гудков, М.М. Бочкарева, Н.В. Дулина, Н.А. Овчар. - Волгоград: ВолгГТУ. - 2008. - 163 с.
20. Li J., Chen X., Li X., Guo X. Evaluation of public transportation operation based on data envelopment analysis // Procedia - Social and Behavioral Sciences 96. - 2013. - P. 148-155.
21. Eboli L., Mazzulla G. Performance indicators for an objective measure of public transport service quality. European Transport // Trasporti Europei, ISTIEE, Institute for the Study of Transport within the European Economic Integration. - 2012. - P. 1-4.
22. Новиков А.Н., Васильева В.В. Оценка акустической эффективности шумозащитных сооружений на автомобильных дорогах города // Мир транспорта и технологических машин. - 2016. - №1(52). - С. 124-131.

Клявин Владимир Эрнстович

Липецкий государственный технический университет
Адрес: 398055, Россия, г. Липецк, ул. Московская, 30
Д.т.н., доцент, профессор кафедры управления автотранспортом
E-mail: vllk@list.ru

Гринченко Александр Викторович

Липецкий государственный технический университет
Адрес: 398055, Россия, г. Липецк, ул. Московская, 30
К.т.н., доцент, доцент кафедры управления автотранспортом
E-mail: grinchav@mail.ru

Ризаева Юлия Николаевна

Липецкий государственный технический университет
Адрес: 398055, Россия, г. Липецк, ул. Московская, 30
Д.т.н., зав. кафедрой управления автотранспортом
E-mail: rizaeva.u.n@yandex.ru

V.E. KLYAVIN, Yu.N. RIZAEVA, A.G. GRINCHENKO

**COMPREHENSIVE INDICATOR OF THE QUALITY
OF PASSENGER TRANSPORTATION BY ROAD**

Abstract. *Most of the existing assessments of the quality of passenger transportation by road have two significant drawbacks. On the one hand, existing quality assessments require the collection of a large amount of data. This is due to high labor intensity and significant time costs. On the other hand, the existing quality assessments do not take into account the interests of all parties involved in the organization, implementation and use of the passenger transportation system. In this regard, it is proposed to use a comprehensive indicator for assessing the quality of passenger transportation. The proposed quality assessment takes into account the interests of all parties and is characterized by low labor intensity.*

Keywords: *passenger transportation, participant of the transport process, transportation quality indicator, linguistic variable, membership function*

BIBLIOGRAPHY

1. Venttsel' E.S. Teoriya veroyatnostey: Uchebnik dlya vuzov. - M.: Vysshaya shkola. - 6-e izd. ster., 1999. - 576 c.
2. Kofman L. Vvedenie v teoriyu nechetkikh mnozhestv. - M.: Radio i svyaz'. - Per. s frants., 1982. - 432 s.
3. Grinchenko A.V., Kazarina M.V. Kompleksnaya otsenka urovnya konkurentosposobnosti perevozchika na rynke passazhirskikh uslug // Vestnik transporta. - 2016. - №7. - S. 34-38.
4. Grinchenko A.V., Marshkova M.V. Opredelenie sotsial'no-ekonomicheskoy effektivnosti ispol'zovaniya passazhirskogo transporta // T-Comm - Telekommunikatsii i transport. - 2017. - №2. - S. 37-40.
5. Korchagin V.A., Grinchenko A.V., Sysoev D.K. Povyshenie sotsial'no-ekonomicheskoy effektivnosti vnutriblastnykh passazhirskikh perevozok // Agrarnyy nauchnyy zhurnal. - Saratov: SGAU. - 2016. - №12. - S. 55-57.
6. Komarova I.A. Ekonomicheskie metody upravleniya kachestvom avtomobil'nykh passazhirskikh perevozok: Avtoref. dis. ... kand. ekon. nauk: 08.00.05 / Komarova Irina Aleksandrovna. - M., 2007. - 21 s.
7. Spirin I.V. Organizatsiya i upravlenie passazhirskimi avtomobil'nymi perevozokami: uchebnik dlya stud., uchrezhdeniy srednego prof. Obrazovaniya. - M.: Akademiya. - 5-e izd., pererab., 2010. - 400 s.
8. Mochalin S.M., Kasper M.E. Formirovanie raschetnykh pokazateley dlya otsenki rezul'tativnosti funktsionirovaniya sistemy gorodskogo obshchestvennogo passazhirskogo transporta // Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo avtomobil'no-dorozhnogo universiteta. - 2017. - №6(58). - S. 37-47.
9. Kozhevnikova I.A. Otsenka effektivnosti ekonomii vremeni passazhirom pri peredvizhenii obshchestvennym transportom // Rynok transportnykh uslug (problemy povysheniya effektivnosti). - 2016. - №9. - S. 261-268.
10. Lebedeva O.A. Pokazateli otsenki effektivnosti raboty obshchestvennogo transporta // Sovremennye tekhnologii i nauchno-tehnicheskii progress. - 2018. - T. 1. - S. 108-109.
11. Lukon'kina K.A., Epifanov V.V., Obshivalkin M.Yu., Gusev S.I. Povyshenie kachestva passazhirskikh avtomobil'nykh perevozok v mezhregional'nom soobshchenii na osnove metodologii strukturirovaniya funktsii kachestva (QFD) // Infokommunikatsionnye i intellektual'nye tekhnologii na transporte: Materialy I mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - V 2 tomakh. - 2018. - S. 109-113.
12. Gissin V.I., Timonin A.A. Povyshenie kachestva i bezopasnosti passazhirskikh avtotransportnykh perevozok // Tekhnologicheskie initsiativy v dostizhenii tseye ustoychivogo razvitiya: Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. XV Yuzhno-Rossiyskiy logisticheskii forum. - 2019. - S. 332-336.
13. Belokurov V.P., Korablev R.A., Avdeev G.A., Platonov G.A., Bolgova V.D. K voprosu otsenki kachestva obsluzhivaniya passazhirskikh perevozok // Voronezhskiy nauchno-tehnicheskii Vestnik. - 2019. - T. 4. - №4(30). - S. 77-82.
14. Shirokorad O.A., Volod'kin P.P. Informatsionno-tehnologicheskoe obespechenie povysheniya kachestva passazhirskikh perevozok v Primorskom krae // Avtomobil'nyy transport Dal'nego Vostoka. - 2018. - №1. - S. 328-333.
15. Kulev M.V., Vasil'eva V.V., Kuleva N.S., Esin K.S. Otsenka kachestva perevozok gorodskim passazhirskim transportom // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2019. - №1(64). - S. 65-71.
16. Parshakova K.A., Yakunin N.N., Yakunina N.V. Povyshenie kachestva gorodskikh passazhirskikh avtomobil'nykh perevozok na osnove optimizatsii intervalov dvizheniya s uchetom regional'nykh osobennostey // Nauka segodnya: global'nye vyzovy i mekhanizmy razvitiya: Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - 2019. - S. 51-56.
17. Semenova E.S., Osit V.A. Sovershenstvovanie metodov otsenki kachestva i effektivnosti passazhirskikh perevozok v sovremennykh usloviyakh // Obrazovanie. Transport. Innovatsii. Stroitel'stvo: Sbornik nauchnykh trudov natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - 2018. - S. 564-567.
18. Olivkova I. Evaluation of quality public transport criteria in terms of passenger satisfaction // Transport and Telecommunication. - 2016. - Vol. 17. - №1. - R. 18-27. - DOI 10.1515/tjt-2016-0003
19. Kachestvo passazhirskikh perevozok: vozmozhnost' issledovaniya metodami sotsiologii: Uchebnoe posobie / V.A. Gudkov, M.M. Bochkareva, N.V. Dulina, N.A. Ovchar. - Volgograd: VolgGTU. - 2008. - 163 s.
20. Li J., Chen X., Li X., Guo X. Evaluation of public transportation operation based on data envelopment analysis // Procedia - Social and Behavioral Sciences 96. - 2013. - R. 148-155.
21. Eboli L., Mazzulla G. Performance indicators for an objective measure of public transport service quality. European Transport // Trasporti Europei, ISTIEE, Institute for the Study of Transport within the European Economic Integration. - 2012. - R. 1-4.
22. Novikov A.N., Vasil'eva V.V. Otsenka akusticheskoy effektivnosti shumozashchitnykh sooruzheniy na avtomobil'nykh dorogakh goroda // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2016. - №1(52). - S. 124-131.

Klyavin Vladimir Ernstovich

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

Grinchenko Alexander Viktorovich

Lipetsk State Technical University
Address: 398055, Russia, Lipetsk, Moscovskaya str., 30
Candidate of technical sciences
E-mail: grinchav@mail.ru

Rizaeva Yulia Nikolaevna

Lipetsk State Technical University
Address: 398055, Russia, Lipetsk, Moscovskaya str., 30
Doctor of technical sciences
E-mail: rizaeva.u.n@yandex.ru

Научная статья

УДК 656: 072

doi:10.33979/2073-7432-2023-2(81)-58-66

В.В. СИВАКОВ, П.В. ТИХОМИРОВ, В.В. КАМЫНИН, К.С. БОРОВАЯ

ОЦЕНКА ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ Г. БРЯНСКА

Аннотация. Целью работы является анализ факторов, влияющий на повышения качества транспортного обслуживания населения города. Работа по обновлению парка маршрутных транспортных средств проводится в рамках «Концепции развития транспорта общего пользования города Брянска на период 2015-2025 годы», что позволило за последние четыре года существенно обновить автобусный парк средней и большой вместимости и снизить долю транспортных средств малой вместимости. Существенно модернизирована дорожная сеть.

Keywords: городской пассажирский транспорт, маршрутная транспортная сеть, организация перевозок

Введение

Формирование комфортной городской среды является одним из приоритетов развития государства, поэтому с 2019 г. в 82 субъектах РФ выполняется Федеральный проект «Формирование комфортной городской среды» (ФКГС) [1]. Он реализуется в рамках национального проекта «Жилье и городская среда» и направлен на создание нового облика городов, обновление общественных пространств, создание атмосферы комфорта и безопасности для проживания, работы и активного отдыха. Достижения целей данной программы невозможно без совершенствования транспортного обслуживания населения [2-5].

Большинство проблем транспортного обслуживания населения в городах имеет давние корни, основаны на значительном недофинансировании транспортных предприятий, приведшей к значительному износу подвижного состава, сокращению количества пассажирских муниципальных предприятий, обветшанию производственно-ремонтной базы, сокращения квалифицированного персонала, в том числе управленческого. Городские пассажирские перевозки стали осуществляться большим числом частных перевозчиков, заинтересованных только в получении прибыли, города наводнили маршрутки, при этом сложилась ситуация, когда ряд маршрутов дублировал друг друга, приводя к излишней загруженности улиц, дополнительным выбросам отработанных газов [6-8].

В последние годы наметился интерес федеральных и региональных властей к совершенствованию организации городских пассажирских перевозок, причем от разрозненных, часто противоречащих друг другу решениям пришли к необходимости решения проблемы совершенствования транспортного обслуживания населения комплексным подходом, объединяющим транспорт, транспортную инфраструктуру и цифровизацию [9-12].

Брянск, являясь крупным областным центром РФ, с населением более 400 тыс. человек, проживающих в четырех районах, расположенных на достаточно большой территории, является типичным представителем города с населением до 1 млн. человек, поэтому исследование совершенствования транспортного обслуживания населения является актуальной задачей [13].

В статье рассмотрены основные факторы, влияющие на качество оказываемых транспортных услуг населению, дана оценка мероприятиям, проводимых администрацией города Брянска и направленных на совершенствование качества транспортного обслуживания: работа по обновлению парка транспортных средств, осуществляющих пассажирские перевозки; модернизации транспортной инфраструктуры, включающей дорожную сеть, остановочные пункты и другие объекты; широкое внедрение цифровых сервисов, увеличивающих удобство и информативность пассажирских перевозок для населения.

Материал и методы

Цель исследований - оценка состояния качества транспортного обслуживания населения в г. Брянске и определение направлений его совершенствования.

Исследования основаны на анализе состояния городского пассажирского транспорта, улично-дорожной сети внедрения цифровых сервисов и оценки их изменения. Данные получены путем исследования открытых интернет-ресурсов, в том числе интернет-сайта администрации г. Брянска, натурных наблюдений и анализе интерактивных карт google.com и yandex.ru.

Задачи, решаемые в работе:

- 1) определить основные факторы, влияющие на качество оказываемых транспортных услуг;
- 2) оценить мероприятия, проводимые в городе Брянске для совершенствования качества транспортного обслуживания:
 - состояния транспорта и работы по его замене;
 - модернизации транспортной инфраструктуры;
 - внедрение цифровых сервисов.

Теория

Совершенствование транспортного обслуживания является актуальным направлением совершенствования городской среды и повышения качества жизни населения [14-16], при этом к основным направлениям совершенствования можно отнести техническое состояние транспортных средств, транспортную инфраструктуру и развитие цифровых сервисов, направленных на повышение удобства пользования общественным пассажирским транспортом (рис. 1).

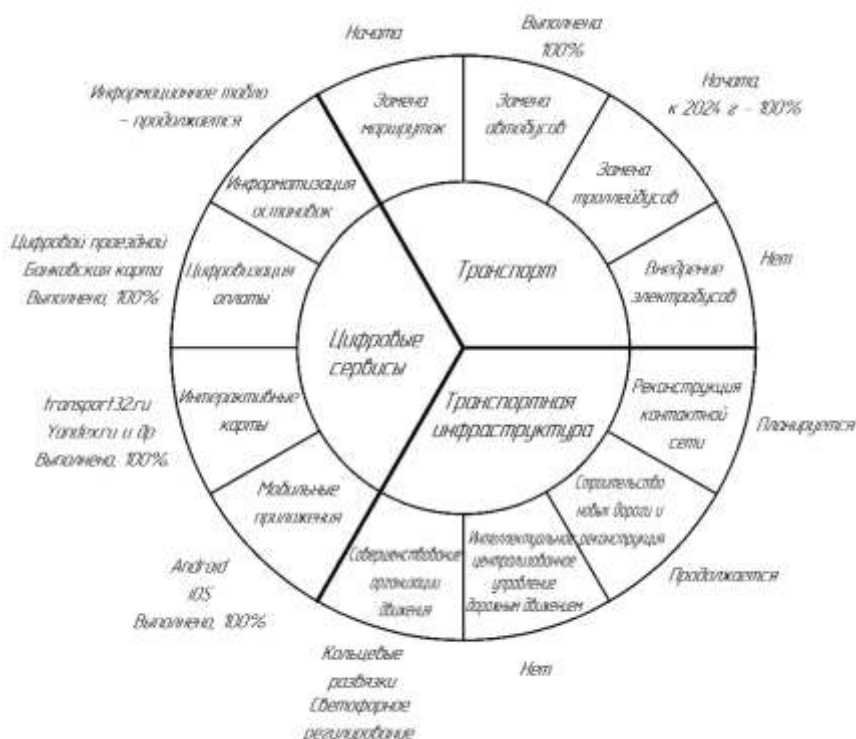


Рисунок 1 - Оценка совершенствования транспортного обслуживания в г. Брянске

Рассмотрим обозначенные направления применительно к г. Брянску.

Подвижной состав городского транспорта Брянска включает в себя автобусы малой, средней и большой вместимости, а также троллейбусы (47 автобусных маршрутов длиной от 4 до 40 км, 13 троллейбусных маршрутов длиной от 5 до 20 км и 40 маршрутов коммерческого транспорта длиной от 9 до 42 км) [8].

Необходимо отметить, что до 2018 г. маршрутные пассажирские перевозки в основном осуществлялись автобусами малой вместимости, что приводило к высокой загруженности дорожной сети, а также к большому загрязнению окружающей среды в виде выбрасываемых от-

работанных газов. Принятая «Концепции развития транспорта общего пользования города Брянска на период 2015-2025 годы» и ее финансовое обеспечение позволили осуществить замену практически 100 % изношенного автобусного парка муниципальных автопредприятий, что привело к реорганизации маршрутной сети, росту объемов перевозок пассажиров автобусами средней и большой вместимости и сокращению доли коммерческих маршрутов, снижению количества автобусов малой вместимости без снижения качества транспортного обслуживания. На втором этапе, в 2022-2023 гг., запланирована 100 % замена изношенного троллейбусного парка, что позволит снизить вредные выбросы от автотранспорта и сделать городскую среду более комфортной. Часть новых троллейбусов будет оснащена аккумуляторами, позволяющими иметь некоторый запас автономного хода, что даёт возможность использовать их в режиме электробуса. На основе анализа их работы в последующем возможно увеличение доли таких троллейбусов или же переход на электробусы [17].

Второй важный элемент транспортного обслуживания – это транспортная инфраструктура, включающая дорожную сеть, остановочные пункты, автовокзалы, автостанции, места постоянного и временного хранения и технического обслуживания подвижного состава. В целом, состояние дорожной сети можно охарактеризовать как удовлетворительное, однако, строящиеся новые микрорайоны, рост парка личного автотранспорта населения приводят к тому, что существующей дорожной сети не достаточно [18]. В последнее время в регионе идет работа по расширению существующей улично-дорожной сети, строятся новые дороги и развязки, например, построена первая очередь защитной дороги - дамбы «Брянск 1- Брянск 2» (рис. 2), связывающей два района города, ведется строительство дорожной развязки и моста через р. Десна от новой дороги-дамбы к ул. Калинина, а также ряд других. Также реконструируется контактная сеть для троллейбусного сообщения. Планируется создание единого транспортного терминала на основе железнодорожного вокзала «Брянск-Орловский» с переносом городского автовокзала. Таким образом транспортные потоки будут более структурированы.

На реконструируемых дорогах, в основном, связывающих городские районы, строятся выделенные полосы для общественного транспорта. К сожалению, возможности по расширению улично-дорожной сети ограничены плотной городской застройкой и расширение одних участков улучшает положение только локально, не приводит пока к желаемому результату в масштабе всего города.

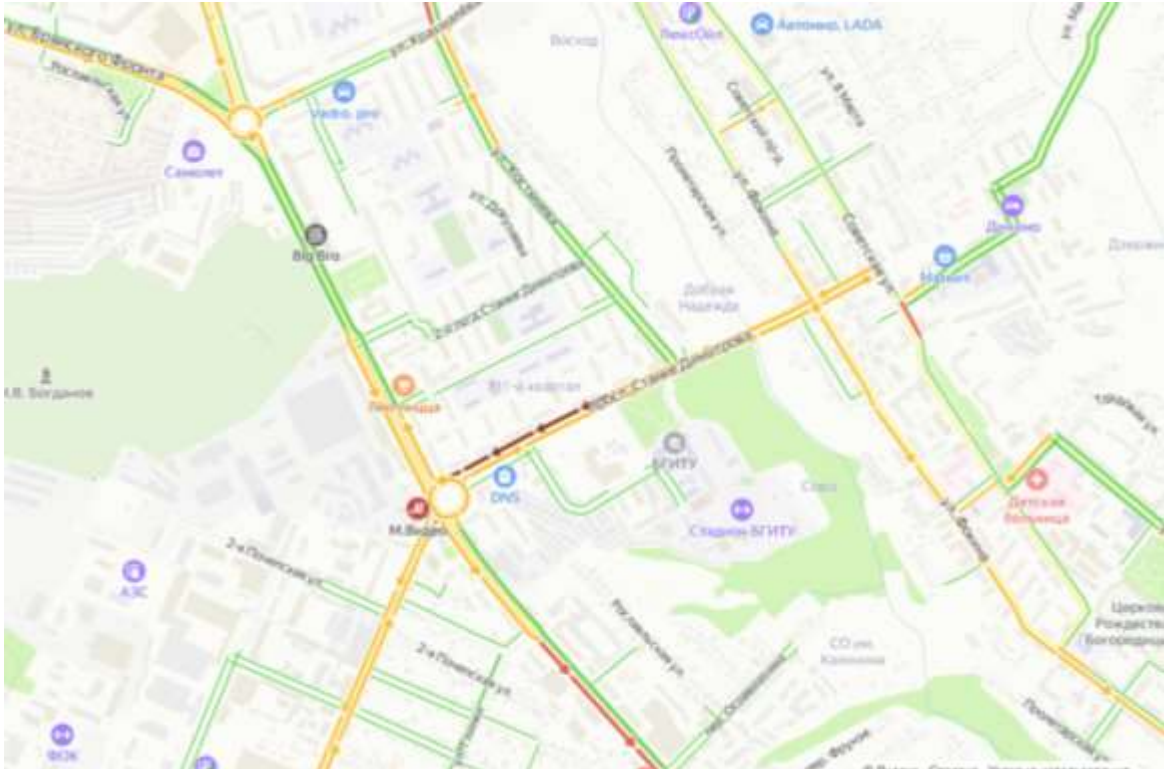


Рисунок 2 - Построенная защитная дорога-дамба «Брянск 1- Брянск 2»

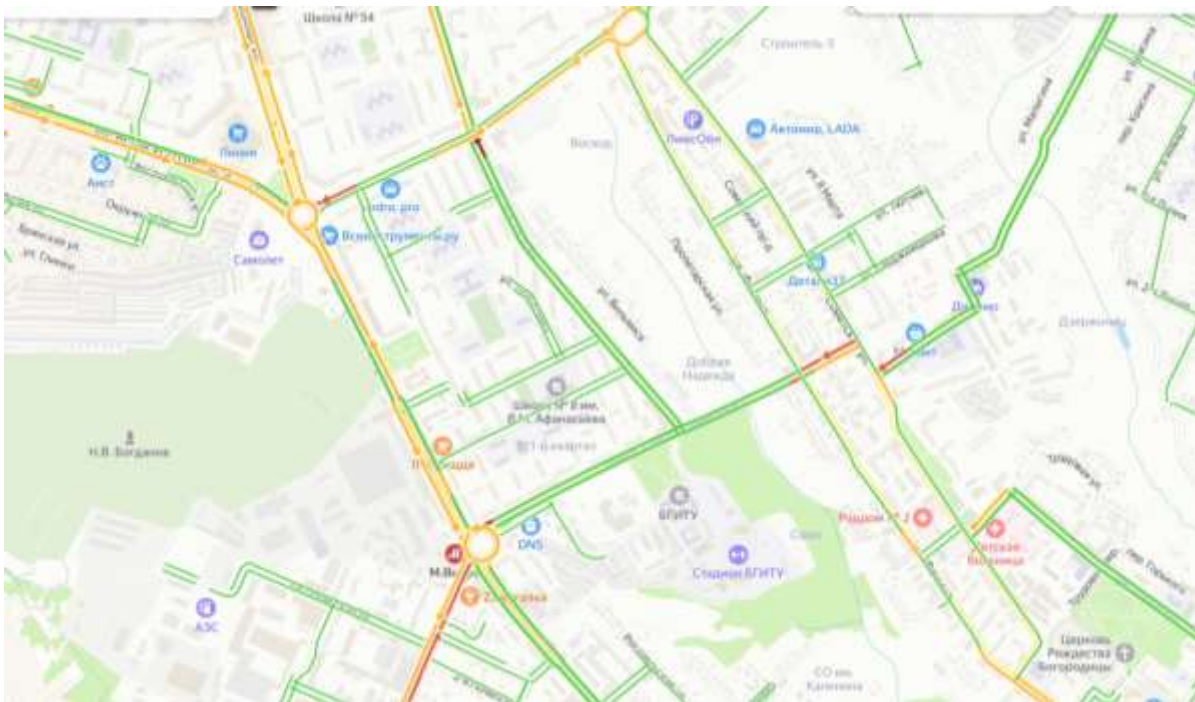
Крайне важной проблемой организации дорожного движения является отсутствие интеллектуального управления дорожным движением, что выражается в излишнем светофорном регулировании, увлечении строительства кольцевых развязок без светофорного регулирования взамен перекрестков, не в полной мере продуманной организацией мест установки дорожных знаков, регулирующих места остановки транспортных средств на обочинах дороги, что сужает проезжую часть дороги и способствует росту заторов. Светофорное регулирование не управляется из единого центра и не учитывает реальную транспортную обстановку на перекрестках.

Выходом из данного положения могла бы стать организация центра управления дорожным движением в масштабе города, как например это сделано в г. Москве и других городах [19-21]. Чрезмерное увлечение заменой светофорного регулирования на кольцевое движения также не всегда эффективно,

особенно в часы пик, когда поток автомобилей по одному направлению практически блокирует проезд в других направлениях (рис. 3). В то же время, ряд улиц со светофорным регулированием не справляется с транспортным потоком, причиной является ограниченная пропускная способность дорог, рост числа автомобилей, а также проблема с настройкой светофоров.

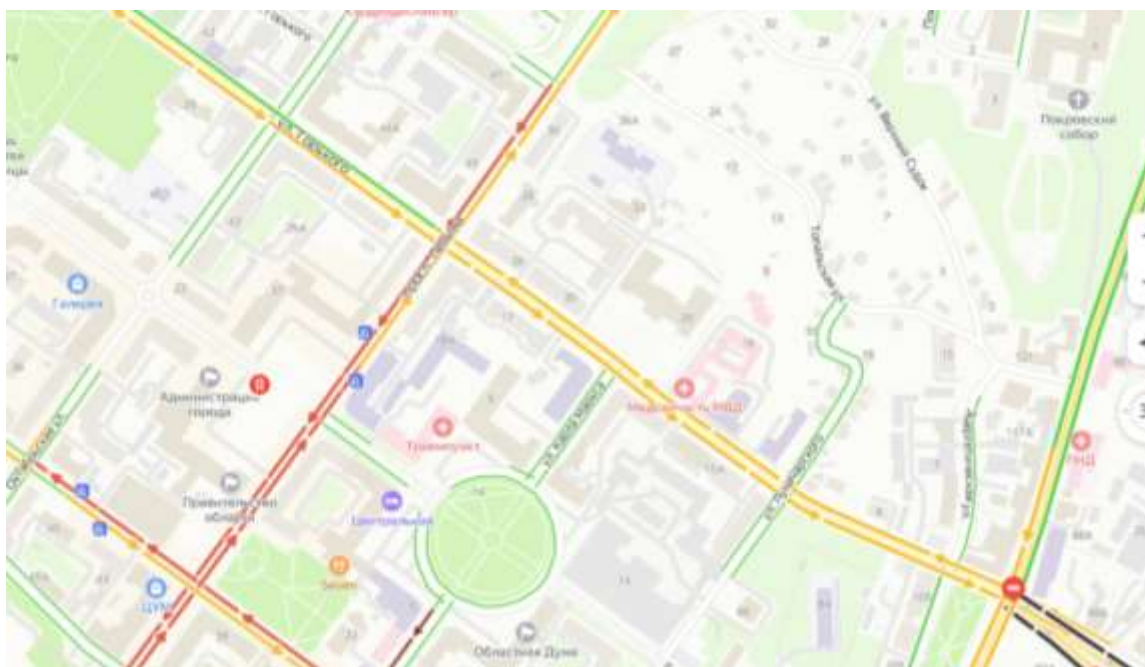


а



б

Рисунок 3 - Примеры загруженности кольцевых транспортных развязок г. Брянска:
а – время 9.00, б – 18.00 (интенсивность затруднения движения возрастает от зеленого цвета к красному).



а



б

Рисунок 4 - Примеры загруженности светофорных транспортных развязок г. Брянска (интенсивность затруднения движения возрастает от зеленого цвета к красному).

Также одной из проблем, снижающих качество транспортного обслуживания, является дублирование отдельных маршрутов транспортной сети муниципального пассажирского транспорта города Брянска [8, 18], для чего необходимо осуществить комплексный подход к организации маршрутной сети и увязки работы её отдельных маршрутов разных видов транспорта, что предполагает широкое применение технологии больших данных (bigdata) и интеллектуализацию процесса управления.

Третьей составляющей системы является удобство пользования транспортом, заключающееся во внедрении цифровых технологий в сферу пассажирских перевозок [22, 23]. Данное направление за последние несколько лет получили наиболее заметное развитие [24]:

- в автобусах и троллейбусах установлены GPS/ГЛОНАСС приемники;
- на остановках размещены информационные дисплеи, указывающие время прибытия транспортных средств на остановку;
- внедрены электронные карты и мобильные приложения, отображающие положение транспортных средств в режиме реального времени с прогнозированием общего времени поездки и времени прибытия маршрутных транспортных средств на конкретную остановку

(положение маршрутных средств малой вместимости, принадлежащих частным перевозчикам, не отслеживается и не отображается);

- внедрена возможность цифровой безналичной оплаты посредством мобильных кассовых терминалов и карт различных платежных систем;
- транспортные средства оснащены системой видеонаблюдения как внутри салона, так и вокруг, что повысило уровень безопасности движения.

Внедрение безналичной оплаты позволило в режиме реального времени отслеживать наполняемость маршрутных транспортных средств, определять пассажиропоток и оперативно корректировать движения транспорта, что позволяет исключить необходимость периодического исследования пассажиропотоков, и тем самым снизить затраты.

Результаты и обсуждение

Актуальность совершенствования транспортного обслуживания населения в крупных городах подтверждается работами ряда авторов в следующих направлениях:

- создание интегрированных систем управления транспортом, т.к. отсутствие такой системы не позволяет организовать эффективную организацию дорожного движения, что сказывается на снижении средней скорости движения транспорта и увеличении количества выбросов вредных веществ в окружающую среду. Эффективность такого подхода отмечается в работах ряда авторов [11, 15], однако в г. Брянске только начинает рассматриваться;
- проектирование оптимальных маршрутов, как отмечается в работе [16], позволяет снизить загрузку городских дорог и вредные выбросы от транспорта - также актуально для г. Брянска, т.к. позволит снизить потребное количество транспорта для маршрутных перевозок и более эффективно его использовать, что в свою очередь снизит загрузку дорожной сети;
- широкое внедрение цифровых технологий [22] позволит более эффективно использовать транспорт, сделать его более дружелюбным – данное направление развивается, но останавливаться на достигнутом нельзя, т.к. технологии в данном направлении развиваются и для повышения удобства населения необходимо постоянное их совершенствование;
- совершенствование маршрутной сети городского пассажирского транспорта [25], требует выявления дублируемых маршрутов и их исключение – работа в данном направлении в Брянске начата [18], но еще далека от завершения, ведь существующие маршруты не оптимальны и зачастую дублируют друг друга, что отрицательно сказывается как на экономических показателях транспортных перевозок, так и на экологических;
- снижение выбросов вредных отработанных газов внедрением электрифицированного транспорта – троллейбусов или электробусов, позволяющим повысить экологичность транспорта и качество жизни населения [17], в данном направлении в г. Брянске работа находится в начальной стадии, имеющиеся троллейбусы исчерпали свой ресурс, важно при их замене предусмотреть выбор троллейбусов с запасом автономного хода, что позволит удлинить некоторые троллейбусные маршруты и заменить дублируемые автобусные.

Выводы

Основой совершенствования транспортного обслуживания является модернизация транспортно-дорожной сети, транспортных средств и цифровизация транспорта, при этом важно учитывать не только ожидаемые показатели экономического эффекта, но и социальные показатели, зачастую не совпадающие с экономическими [26].

Проведенный анализ позволил установить положительные тенденции развития транспортного обслуживания в г. Брянске, однако есть ряд проблем, требующих решения, например, совершенствование организации дорожного движения, создания единого центра управления дорожным движением, интеграции большого объема данных в единую информационную систему. Решению проблемы с дублируемыми маршрутами могла бы помочь организация проезда в городе по единому проездному документу, позволяющему осуществлять пересадки с одного транспорта на другой в течение короткого промежутка времени.

В дальнейшем необходимо периодически проводить мониторинг качества транспортного обслуживания, т.к. как он является одним из составляющих качественной городской среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный проект «Формирование комфортной городской среды» (ФКГС) [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://pdminstroy.ru/federalniy-proekt-fkgs>
2. Терентьев В.В. Улучшение транспортного обслуживания населения города // Транспортное дело России. - 2017. - №4. - С. 91-92.
3. Teodorovic Dusan & Janic Milan // Public Transportation Systems. - 2022. - doi: 10.1016/B978-0-323-90813-9.00007-2.
4. Kiaer Jieun. Public transportation, 2020. -doi:10.4324/9780367824020-8.
5. Ušpalytė-Vitkūnienė Rasa & Ranceva Justina. Accessibility of regional public transport, 2022. -doi: 10.1007/978-3-030-94774-3_70.
6. Nash Chris. Public transport, 2019. - doi: 10.4337/9781788970204.00015.
7. Basso Leonardo & Navarro Matias & Silva Hugo. Public transport and urban structure // Economics of Transportation. -2021. - №28. - P. 100232. - doi: 10.1016/j.ecotra.2021.100232.
8. Сиваков В.В., Тихомиров П.В., Камынин В.В. Исследование маршрутной совмещенности пассажирской сети города Брянска // Мир транспорта и технологических машин. - 2021. - №3(74). - С. 43-49. - doi: 10.33979/2073-7432-2021-74-3-43-49.
9. Марусин А.В., Аблязов Т.Х. Государственное частное партнерство как механизм развития автоматизированных цифровых систем // Транспорт Российской Федерации. - 2019. - №3(82). - С. 23-25.
10. 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. 49-54. - doi: 10.33979/2073-7432-2022-4(78)-3-49-54.
11. Owais Mahmoud & Moussa Ghada. Optimal circular bus routes planning for transit network design problem in urban areas // Journal of engineering sciences. - 2013. - №41. - P. 1447-1466. - doi: 10.21608/JESAUN.2013.114867.
12. Семькина А.С., Загородный Н.А., Конев А.А., Щетинин Н.А. Использование цифровых и информационных технологий для повышения эффективности деятельности автосервисных предприятий // Мир транспорта и технологических машин. - 2023. - №1-2(80). - С. 89-97. - doi: 10.33979/2073-7432-2023-2(80)-1-89-97.
13. Сиваков В.В., Боровая К.С., Дракунов И.И. Перспективы развития автопарка общественного транспорта в г. Брянске // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. - 2022. - №4. - С. 44-50. - doi: 10.15593/24111678/2022.04.05.
14. Андреев К.П. Совершенствование транспортного обслуживания населения // Транспортное дело России. - 2017. - №3. - С. 7-9.
15. Özgün Kamer, Günay Melih, Basaran Barış, Bulut Batuhan, Yürüten Ege, Baysan Fatih, Kalemşiz Melisa. Analysis of public transportation for efficiency, 2021. -doi: 10.1007/978-3-030-79357-9_63.
16. Ibraeva A., João Figueira de Sousa. Marketing of public transport and public transport information provision // Procedia - Social and Behavioral Sciences. - 2014. - №162. -P. 121-128. - doi: 10.1016/j.sbspro.
17. Сиваков В.В., Боровая К.С., Юрков Е.А. Совершенствование троллейбусных перевозок в г. Брянске (на примере маршрутов №91 и 9) // Мир транспорта и технологических машин. - 2023. - №1-1(80). - С. 95-102. - doi: 10.33979/2073-7432-2023-1(80)-1-95-102.
18. Сиваков В.В., Камынин В.В., Тихомиров П.В. Совершенствование транспортного обслуживания в городе Брянске // Мир транспорта. - 2022. - Т. 20. - №4(101). - С. 105-110. - doi:10.30932/1992-3252-2022-20-4-9.
19. 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.
20. Еремин С.В., Новиков А.Н., Фроленкова Л.Ю. и др. Совершенствование дорожного движения в городе Красноярске на основе интеллектуальных транспортных технологий // Мир транспорта и технологических машин. - 2023. - №1-1(80). - С. 76-86. - doi: 10.33979/2073-7432-2023-1(80)-1-76-86.
21. Сафиуллин Р.Н., Сафиуллин Р.Р., Марусин А.В., Тянь Х. Адаптивно-управляемый подход формирования и оценки автоматизированных систем оперативного управления движением транспортных средств // Мир транспорта и технологических машин. - 2022. - №3-5(78). - С. 104-111. - doi: 10.33979/2073-7432-2022-5(78)-3-104-111.
22. Машкина Н.А., Велиев А.Е. Влияние цифровой экономики на развитие транспортной отрасли в мире // ЦИТИСЭ. - 2020. - №1(23). - С. 290-299. - doi: 10.15350/24097616.2020.1.27.
23. Ларин О.Н., Куприяновский В.П. Вопросы трансформации рынка транспортно-логистических услуг в условиях цифровизации экономики // International journal of open information technologies. - 2018. - Т. 6. - №3. - С. 95-101.
24. Сиваков В.В., Боровая К.С. Внедрение информационных технологий при организации пассажирских маршрутных перевозок в г. Брянске // Транспортное дело России. - 2019. - №4. - С. 98-99.
25. Deshazo J., Sheldon T., Carson R. Designing policy incentives for cleaner technologies: Lessons from California's plugin electric vehicle rebate program // Journal of environment a leconomics and management. - 2017. - №84. - doi: 10.1016/j.jeem.2017.01.002.

26. Аникин Н.В., Горячкина И.Н., Мартынушкин А.Б. и др. Анализ методик оценки социально-экономического эффекта пассажирских перевозок автомобильным транспортом // Транспортное дело России. – 2019. – №4. – С. 66-70.

Сиваков Владимир Викторович

Брянский государственный инженерно-технологический университет
Адрес: 241037, Россия, г. Брянск, пр. Станке Димитрова, 3
К.т.н., доцент кафедры «Транспортно-технологические машины и сервис», заместитель директора по учебной работе Института лесного комплекса, транспорта и экологии
E-mail: sv@bgitu.ru

Тихомиров Петр Викторович

Брянский государственный инженерно-технологический университет
Адрес: 241037, Россия, г. Брянск, пр. Станке Димитрова, 3
К.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Транспортно-технологические машины и сервис»
E-mail: vtichomirov@mail.ru

Камынин Виктор Викторович

Брянский государственный инженерно-технологический университет
Адрес: 241037, Россия, г. Брянск, пр. Станке Димитрова, 3
К.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Материаловедение и машиноведение»
E-mail: kaf-mim@bgitu.ru

Боровая Кристина Сергеевна

Брянский государственный инженерно-технологический университет
Адрес: 241037, Россия, г. Брянск, пр. Станке Димитрова, 3
Аспирант
E-mail: kristina260319@mail.ru

V.V. SIVAKOV, P.V. TIKHOMIROV, V.V. KAMYNIN, K.S. BOROVAYA

**ASSESSMENT OF TRANSPORT SERVICES
FOR THE POPULATION OF BRYANSK**

Abstract. *The purpose of the work is to analyze the factors influencing the improvement of the quality of transport services for the city's population. The data were obtained by studying open Internet resources and field observations. Work on updating the fleet of fixed-route vehicles is being carried out within the framework of the «Concept for the development of public transport in the city of Bryansk for the period 2015-2025», which has led over the past four years to a significant renewal of the medium and large capacity bus fleet and a decrease in the share of small-capacity buses. The road network has been significantly upgraded.*

Keywords: *urban passenger transport, route transport network, redundancy, traffic management*

BIBLIOGRAPHY

1. Federal'nyy proekt «Formirovanie komfortnoy gorodskoy sredy» (FKGS) [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://pdminstroy.ru/federalniy-proekt-fkgs>
2. Terent'ev V.V. Uluchshenie transportnogo obsluzhivaniya naseleniya goroda // Transportnoe delo Rossii. - 2017. - №4. - S.91-92.
3. Teodorovic Dusan & Janic Milan // Public Transportation Systems. - 2022. - doi: 10.1016/B978-0-323-90813-9.00007-2.
4. Kiaer Jieun. Public transportation, 2020. - doi:10.4324/9780367824020-8.
5. Upalyt-Vitknien Rasa & Ranceva Justina. Accessibility of regional public transport, 2022. - doi:10.1007/978-3-030-94774-3_70.
6. Nash Chris. Public transport, 2019. - doi:10.4337/9781788970204.00015.
7. Basso Leonardo & Navarro Matias & Silva Hugo. Public transport and urban structure // Economics of Transportation. - 2021. - №28. - R. 100232. - doi:10.1016/j.ecotra.2021.100232.
8. Sivakov V.V., Tikhomirov P.V., Kamynin V.V. Issledovanie marshrutnoy sovmeshchennosti passazhirkoy seti goroda Bryanska // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2021. - №3(74). - S. 43-49. - doi: 10.33979/2073-7432-2021-74-3-43-49.

9. Marusin A.V., Ablyazov T.H. Gosudarstvennoe chastnoe partnerstvo kak mekhanizm razvitiya avtomatizirovannykh tsifrovyykh sistem // *Transport Rossiyskoy Federatsii*. - 2019. - №3(82). - S. 23-25.
10. 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. 49-54. - doi: 10.33979/2073-7432-2022-4(78)-3-49-54.
11. Owais Mahmoud & Moussa Ghada. Optimal circular bus routes planning for transit network design problem in urban areas // *Journal of engineering sciences*. - 2013. - №41. - R.1447-1466. - doi: 10.21608/JESAUN.2013.114867.
12. Semykina A.S., Zagorodnyy N.A., Konev A.A., Shchetinin N.A. Ispol'zovanie tsifrovyykh i informatsionnykh tekhnologiy dlya povysheniya effektivnosti deyatel'nosti avtoservisnykh predpriyatiy // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. - 2023. - №1-2(80). - S. 89-97. - doi: 10.33979/2073-7432-2023-2(80)-1-89-97.
13. Sivakov V.V., Borovaya K.S., Drakunov I.I. Perspektivy razvitiya avtoparka obshchestvennogo transporta v g. Bryanske // *Transport. Transportnye sooruzheniya. Ekologiya*. - 2022. - №4. - S. 44-50. - doi: 10.15593/24111678/2022.04.05.
14. Andreev K.P. Sovershenstvovanie transportnogo obsluzhivaniya naseleniya // *Transportnoe delo Rossii*. - 2017. - №3. - S. 7-9.
15. Ozgon Kamer & Gonay Melih & Basaran Bar & Bulut Batuhan & Yoroten Ege & Baysan Fatih & Kalemsiz Melisa. Analysis of public transportation for efficiency, 2021. - doi: 10.1007/978-3-030-79357-9_63.
16. Ibraeva A., Joo Figueira de Sousa. Marketing of public transport and public transport information provision // *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. - 2014. - №162. - R. 121-128. - doi: 10.1016/j.sbspro.
17. Sivakov V.V., Borovaya K.S., Yurkov E.A. Sovershenstvovanie trolleybusnykh perevozok v g. Bryanske (na primere marshrutov №91 i 9) // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. - 2023. - №1-1(80). - S. 95-102. - doi: 10.33979/2073-7432-2023-1(80)-1-95-102.
18. Sivakov V.V., Kamynin V.V., Tikhomirov P.V. Sovershenstvovanie transportnogo obsluzhivaniya v gorode Bryanske // *Mir transporta*. - 2022. - T. 20. - №4(101). - S.105-110. - doi: 10.30932/1992-3252-2022-20-4-9.
19. 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.
20. Eremin S.V., Novikov A.N., Frolenkova L.Yu. i dr. Sovershenstvovanie dorozhnogo dvizheniya v gorode Krasnoyarske na osnove intellektual'nykh transportnykh tekhnologiy // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. - 2023. - №1-1(80). - S. 76-86. - doi: 10.33979/2073-7432-2023-1(80)-1-76-86.
21. Safiullin R.N., Safiullin R.R., Marusin A.V., Tyan` H. Adaptivno-upravlyaemyy podkhod formirovaniya i otsenki avtomatizirovannykh sistem operativnogo upravleniya dvizheniem transportnykh sredstv // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. - 2022. - №3-5(78). - S. 104-111. - doi: 10.33979/2073-7432-2022-5(78)-3-104-111.
22. Mashkina N.A., Veliev A.E. Vliyanie tsifrovoy ekonomiki na razvitie transportnoy otrasli v mire // *TSITISE*. - 2020. - №1(23). - S. 290-299. - doi : 10.15350/24097616.2020.1.27.
23. Larin O.N., Kupriyanovskiy V.P. Voprosy transformatsii rynka transportno-logisticheskikh uslug v usloviyakh tsifrovizatsii ekonomiki // *International journal of open information technologies*. - 2018. - T. 6. - №3. - S. 95-101.
24. Sivakov V.V., Borovaya K.S. Vnedrenie informatsionnykh tekhnologiy pri organizatsii passazhirskikh marshrutnykh perevozok v g. Bryanske // *Transportnoe delo Rossii*. - 2019. - №4. - S. 98-99.
25. Deshazo J., Sheldon T., Carson R. Designing policy incentives for cleaner technologies: Lessons from California's plugin electric vehicle rebate program // *Journal of environmental economics and management*. - 2017. - №84. - doi: 10.1016/j.jeem.2017.01.002.
26. Anikin N.V., Goryachkina I.N., Martynushkin A.B. i dr. Analiz metodik otsenki sotsial'no-ekonomicheskogo effekta passazhirskikh perevozok avtomobil'nym transportom // *Transportnoe delo Rossii*. - 2019. - №4. - S. 66-70.

Sivakov Vladimir Viktorovich

Bryansk State University of Engineering and Technology
Address: 241037, Russia, Bryansk
Candidate of technical sciences
E-mail: sv@bgtu.ru

Tikhomirov Peter Viktorovich

Bryansk State University of Engineering and Technology
Address: 241037, Russia, Bryansk
Candidate of technical sciences
E-mail: vtikhomirov@mail.ru

Kamynin Viktor Viktorovich

Bryansk State University of Engineering and Technology
Address: 241037, Russia, Bryansk
Candidate of technical sciences
E-mail: kaf-mim@bgtu.ru

Borovaya Kristina Sergeevna

Bryansk State University of Engineering and Technology
Address: 241037, Russia, Bryansk
Graduate student
E-mail: kristina260319@mail.ru

Научная статья

УДК 656.09

doi:10.33979/2073-7432-2023-2(81)-67-73

Л.Е. КУЩЕНКО

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДТП КАК ОДИН ИЗ СПОСОБОВ СНИЖЕНИЯ СМЕРТНОСТИ

Аннотация. В данной работе проведен анализ статистики дорожно-транспортных происшествий с участием пешеходов, детей и водителей, находящихся в состоянии алкогольного опьянения. Пешеходы являются самой незащищенной категорией из всех участников дорожного движения в связи с чем им уделяется особое внимание при проведении анализа статистических данных. Для снижения смертности на дорогах была разработана математическая модель прогнозирования показателей аварийности на основе двухпараметрического распределения Вейбулла, позволяющая осуществить комплексную оценку дорожно-транспортной ситуации для принятия управляющих решений.

Ключевые слова: транспортное средство, дорожно-транспортное происшествие, городская агломерация, математическая статистика, распределение закона Вейбулла

Введение

Ежегодно, в результате аварий на автотрассах мира погибает около 1,2 миллиона человек и 50 миллионов страдает от полученных травм различной тяжести. Однако дорожные происшествия можно предотвратить, если придерживаться методов, которые позволяют минимизировать вред здоровью человека и снизить их негативные экономические последствия [1, 2].

Для многих стран задача по снижению количества жертв на автодорогах является одной из первостепенных. Во многих из них за последние десятилетия значительно повысился уровень безопасности дорожного движения. Однако дальнейшая работа по этой проблеме даётся им нелегко. Сохраняются и значительные различия в уровнях дорожной безопасности, а в ряде стран за последние годы ситуация с безопасностью движения на дорогах даже ухудшилась [3, 4, 6].

Комплексная оценка дорожно-транспортной ситуации на участках улично-дорожной сети, прилегающих к городу, и прогнозирование подставляют собой серьёзную научно-техническую проблему. Это вызвано высоким ростом уровня автомобилизации, несоответствием инфраструктуры, отсутствием дорожной разметки или знаков, неудовлетворительным состоянием дорожного покрытия, отсутствием достаточной квалификации и т.д.

Теория

На сегодняшний момент времени при прогнозировании дорожно-транспортных происшествий (ДТП) выбирают статистические методы, базирующиеся на данных статистики ГИБДД, в которой учитываются погибшие и раненые люди [3]. Наибольшей популярностью пользуются методы экстраполяции, при прогнозировании которой учтена сезонность, повторяющиеся факты аварийности.

Экстраполяция с линейным сглаживанием относится к простейшему методу. Данный метод применим при маленьком периоде прогнозирования, причем тренд за рассматриваемый период остается неизменным [8, 9].

К основным особенностям данных участков УДС относится повышенный скоростной режим, безостановочное движение и высокая интенсивность движения, что говорит о значительном многообразии мероприятий, способствующих повышению пропускной способности дороги и снижению вероятности возникновения ДТП [7]. Данная ситуация говорит о том, что большинство ДТП не зависят от погодных условий, так как анализ карточек учета ДТП показал, что более 80 % аварий происходит в ясную погоду и при сухой поверхности дорожного покрытия [5, 17-20]. Аварийность на таких участках УДС чаще всего связана с несоблюдением скоростного режима движения ТС, как следствие, чаще всего происходит столкновение ТС, наезд на пешехода, иногда съезд с дороги.

Таким образом, аварийность имеет технологический характер и связана с неправильными действиями водителя.

Материалы и методы

ДТП относится к случайному процессу, поэтому необходимо детально изучать причины и факторы, влияющие на вероятность их возникновения [15, 16].

Пешеходы, среди которых много детей относятся к самой незащищенной категории участников дорожного движения. Часто водители не понимают ответственности не только за себя, но и других участников дорожного движения, садясь за руль в состоянии алкогольного опьянения. В результате исследований были определены три группы людей, а именно, пешеходы, дети, водители, находящиеся в состоянии алкогольного опьянения для осуществления прогнозирования ДТП.

Сведения об аварийности на данных участках УДС представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Сведения об аварийности по Белгородской области

год	количество ДТП		
	пешеходы	дети	водители
2012	451	178	110
2013	436	169	101
2014	421	154	105
2015	415	144	109
2016	397	163	112
2017	438	168	106
2018	369	147	107
2019	354	173	101
2020	311	156	101
2021	253	158	91

Для разработки математической модели, базирующейся на законе распределения Вейбулла, необходимо выполнить следующие математические операции для преобразования координат (x, y), представленные ниже по формулам [10]:

$$x_j = \ln(t_j); \quad (1)$$

$$y_j = \ln \frac{1}{\ln \frac{1}{P_j}}; \quad (2)$$

Вспомогательные величины рассчитывают по формулам (3)-(7):

$$X_{cp} = \frac{\sum_1^N x_j}{N}, \quad (3)$$

$$Y_{cp} = \frac{\sum_1^N y_j}{N}; \quad (4)$$

$$S_x = \sum_1^N x_j^2 - NX_{cp}^2; \quad (5)$$

$$S_y = \sum_1^N y_j^2 - NY_{cp}^2; \quad (6)$$

$$\sum_1^N x_j Y_j - NX_{cp} Y_{cp}. \quad (7)$$

Полученные значения дают возможность вычислить значения коэффициента корреляции R_{xy} , относительные ошибки δ_y и δ_x , а так же постоянные B и A по формулам, представленным ниже:

$$R_{xy} = \frac{S_{sy}}{\sqrt{S_x S_y}}; \quad (8)$$

$$\delta_y = \sqrt{\frac{(1 - r_{xy}^2) S_y}{N - 1}}; \quad (9)$$

$$\delta_x = \sqrt{\frac{(1 - r_{xy}^2) S_x}{N - 1}}; \quad (10)$$

$$A = Y_{cp} - BX_{cp}. \quad (11)$$

Параметры формы b и масштаба a распределения Вейбулла рассчитаны по (12), (13):

$$b = -B; \quad (12)$$

$$a = \exp\left(-\frac{A}{B}\right). \quad (13)$$

Значения числовых характеристик статистических распределений получены по формулам, представленным ниже [11]:

математическое ожидание:

$$\bar{M}[\lambda(t)] = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lambda(t)_i; \quad (14)$$

статистическая дисперсия:

$$\bar{D}[\lambda(t)] = \left\{ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [\lambda(t)_i]^2 - \bar{M}[\lambda(t)]^2 \right\} \frac{n}{n-1}; \quad (15)$$

среднеквадратическое отклонение:

$$\bar{\delta}[\lambda(t)] = \sqrt{\bar{D}[\lambda(t)]}. \quad (16)$$

С помощью выражений (17), (18), (19) рассчитываются уточненные доверительные интервалы для числовых характеристик [11]:

$$\bar{M}[\lambda(t)] - t_\beta \sqrt{\frac{\bar{D}[\lambda(t)]}{n}} < \bar{M}[\lambda(t)] < \bar{M}[\lambda(t)] + t_\beta \sqrt{\frac{\bar{D}[\lambda(t)]}{n}}; \quad (17)$$

$$\frac{\bar{D}[\lambda(t)](n-1)}{x_1^2} < \bar{D}[\lambda(t)] < \frac{\bar{D}[\lambda(t)](n-1)}{x_2^2}; \quad (18)$$

$$\sqrt{\frac{\bar{D}[\lambda(t)](n-1)}{x_1^2}} < \bar{\delta}[\lambda(t)] < \sqrt{\frac{\bar{D}[\lambda(t)](n-1)}{x_2^2}} \quad (19)$$

где t_β – значение, находимое по табличным данным в зависимости от принятого значения вероятности β и $n-1$ [11];

χ_1^2, χ_2^2 – значения, выбираемые из табличных данных χ^2 – распределения с $n-1$ степенями свободы в зависимости от β [11]. Вероятности выхода случайной величины за границу вправо p_1 и влево p_2 являются входящими данными, взятыми из таблиц.

На рисунке 1 показан пример гистограммы аварийности по Белгородской области с участием пешеходов, аппроксимированной законом распределения Вейбулла [12]:

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\alpha} (t - \gamma)^{\beta-1}; \quad t \geq \gamma, \quad (20)$$

где α – параметр масштаба, свидетельствующий о начальном периоде за наблюдением аварийности на определенном участке дороги;

β – параметр формы, который характеризует скорость изменяющейся интенсивности ДТП $\lambda(t)$;

γ – параметр положения.

Практически всегда параметр положения $\gamma = 0$. При введении значения γ в виде отрицательного числа вероятности возникновения ДТП отсутствуют.

Числовые характеристики закона распределения Вейбулла При $\gamma = 0$ выражения, с помощью которых определяются числовые характеристики имеют вид [13]:

$$M[\lambda(t)] = \int_0^{t_1} \frac{\lambda(t)dt}{t_1} = \frac{t_1^\beta}{\alpha t_1} = \frac{1}{\alpha} t_1^{\beta-1} = M; \quad (21)$$

$$[\lambda(t)] = \frac{1}{t_1-1} \int_1^{t_1} [\lambda(t) - M]^2 dt + \frac{\lambda_0}{t_1} = \frac{1}{t_1-1} \left[\frac{\left(\frac{\beta}{\alpha}\right)^2}{2\beta-1} (t_1^{2\beta-1} - 1) - M^2 t_1 + \frac{2M}{\alpha} - M^2 \right] + \frac{\lambda_0(t)}{t_1}; \quad (22)$$

где t_1 – суммарное значение количества времени, за которое наблюдалась аварийность на дорогах;

$\lambda_0(t)$ – статистическая удельная аварийность в первый год наблюдений.

С помощью метода наименьших квадратов при обработке статистических данных вычисляем параметры Вейбулла. Соблюдение требований согласования кривой $\lambda(t) = (\beta/\alpha)t^{\beta-1}$ и экспериментальных точек $\lambda(t)$ получают при выполнении ниже приведенных условий:

$$\sum_{i=1}^n [\lambda_i(t) - \lambda_i(t)]^2 = \min. \quad (23)$$

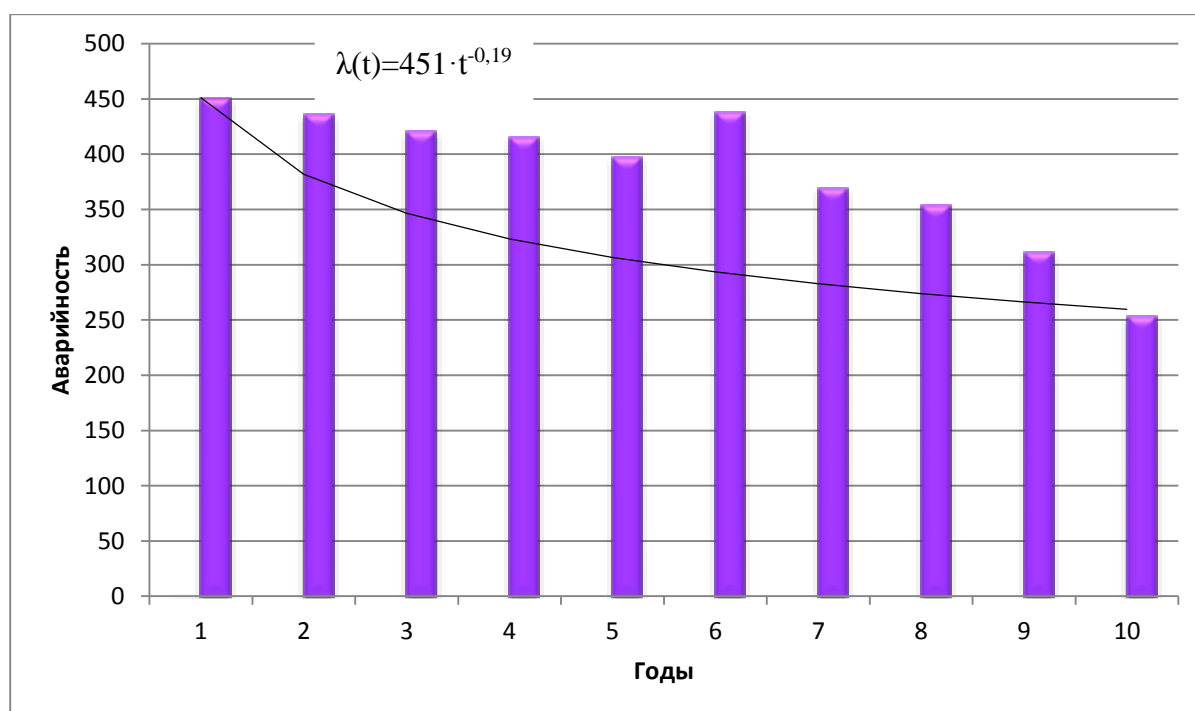


Рисунок 1 – Гистограмма интенсивности возникновения аварий с участием пешеходов по Белгородской области

Значения полученных результатов числовых характеристик на основании закона распределения представлены в таблице 2. Сравнив статистические и теоретические значения можно утверждать, что значения теоретического распределения не выходят за границы доверительных интервалов.

Осуществить дополнительную оценку выбора кривой распределения (с точки зрения теории) $\lambda(t)$ позволит критерий согласия К. Пирсона и его свойствами (χ^2 –х и квадрат) [14]:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{[\lambda_i(t) - \lambda_i(t)]^2}{\lambda_i(t)}, \quad (24)$$

где k – количество рассматриваемых диапазонов;

$\lambda_i^*(t)$ – статистическая удельная аварийность для i -го интервала;

$\lambda(t)$ – теоретическая удельная аварийность для i -го интервала.

Таблица 2 - Полученные результаты расчетов статистического и теоретического закона распределения Вейбулла $\lambda(t)$

категории	Статистическое распределение				Теоретическое распределение			
	$M^*[\lambda(t)]$	$D^*[\lambda(t)]$	$\delta^*[\lambda(t)]$	Доверительные интервалы	$\lambda(t)$	$M[\lambda(t)]$	$D[\lambda(t)]$	$\delta[\lambda(t)]$
пешеходы	384,5	4024,5	63,44	[339,12; 429,88] [2140,69;10877] [46,27; 104,29]	$451t^{-0,19}$	318,586	2883,71	53,7
дети	161,0	124,2	11,15	[153,03; 168,97] [66,08;335,74] [8,13; 18,32]	$178 t^{-0,38}$	141,127	1264,14	35,6
водители	104,3	37,1	6,09	[99,9; 108,65] [19,75;100,33] [4,44; 10,01]	$110 t^{-0,24}$	92,15	677,77	28,8

Примечание: Значения полученных результатов по статистического и теоретическому закону распределения Вейбулла $\lambda(t)$ рассчитаны из выражений (20), (21).

Результаты и обсуждение

Полученные параметры позволяют рассчитать прогнозные значения на последующий период. В данном случае таким период стали два последующих года. На рисунке два представлены значения прогнозируемого количества ДТП.

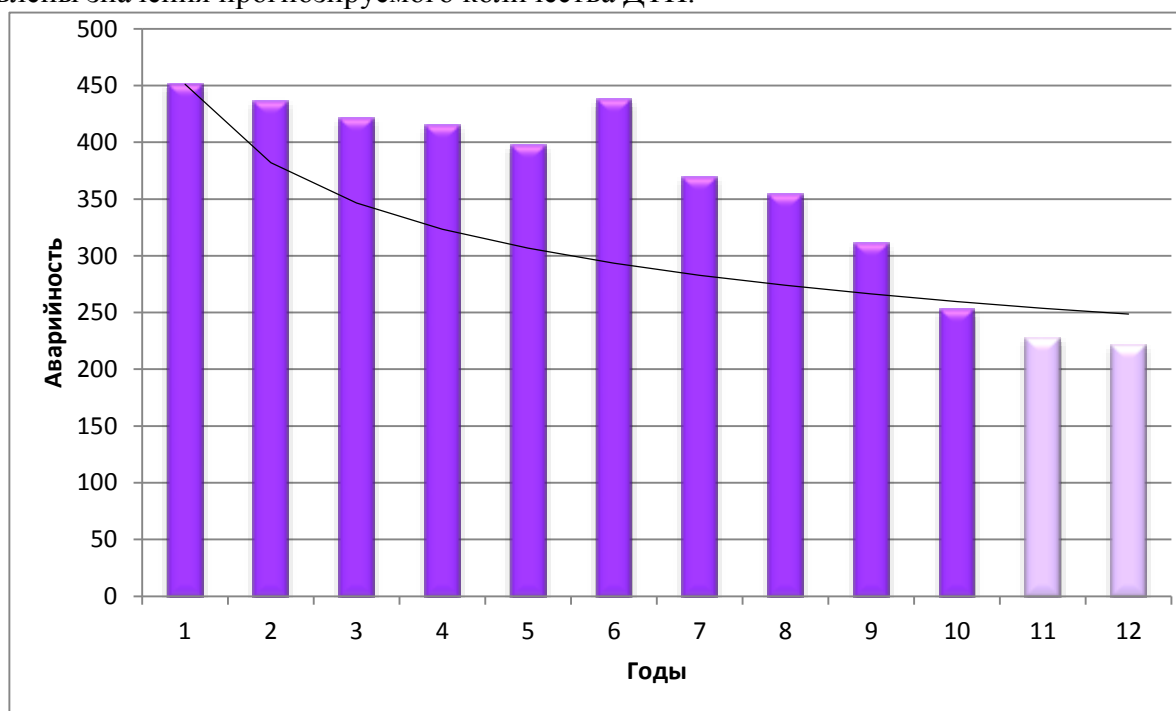


Рисунок 2 – Прогноз количества ДТП с участием пешеходов по Белгородской области

По формуле (24) вычислены критерии согласия, позволяющие дать заключительную оценку: если полученные результаты вероятностей согласования находятся в пределах $0,3 < p < 0,999$, то выбор теоретического закона распределения $\lambda(t) = (\beta/\alpha)t^{\beta-1}$ необходимо считать верным. Это подтверждает сам факт того, что происходит согласование с физической точки зрения.

Выводы

Таким образом, двухпараметрическое распределение Вейбулла позволяет учесть два параметра (более напряженное время суток, места концентрации ДТП). В зависимости от гистограммы и угла экспоненциальной кривой можно увидеть реальную аварийность на дорогах с учетом причин, вызвавших ее.

Обычная экспоненциальная кривая не учитывает изменения дорожно-транспортной инфраструктуры, что в свою очередь позволяет учесть распределение Вейбулла (учитывает модификацию организационных и технических мероприятий ОДД).

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. Гай Л.Е., Шутов А.И., Воля П.А., Кущенко С.В. Заторовые явления. Возможности предупреждения // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. - 2013. - №3. - С. 166-169.
2. 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.
3. Электронный ресурс: www.gibdd.ru.
4. Кущенко Л.Е. Разработка информационной модели, предупреждающей водителя о движении по опасному участку // Мир транспорта и технологических машин. - 2022. - №4-1(79). - С. 94-102.
5. Румшинский Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента / Л.З. Румшинский. - М.: Наука, 1971. - 352 с.
- 6 Организация дорожного движения: учебное пособие / Л.Е. Кущенко, С.В. Кущенко, А.Н. Новиков, И.А. Новиков. - Белгород: БГТУ им. В. Г. Шухова, 2020. - 196 с.
7. Кущенко Л.Е., Кравченко А.А., Рыжкин П.П., Королева Л.А. Влияние состояния качества автомобильных дорог на ДТП // Мир транспорта и технологических машин. - 2020. - №1(68). - С. 49-58.
8. Kushchenko L., Kushchenko S., Novikov A., Novikov I. The planning and conducting transport and transport-sociological surveys for the development of a local project of the Belgorod urban agglomeration // Journal of applied engineering science. - 2021. - Vol. 19 (3). - P. 706-711.
9. 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.
10. Ефремов Л.В. Практикум по расчетам надежности судовой техники. - Ч.1.
11. Вентцель Е.С. Теория вероятности. - М.: ФМ, 1966. - 442 с.
12. Weibull W.A statistical representation of fatigue failures in solids. - Roy. Inst. Technology (Stockholm), 1954. - 127 p.
13. Goode H.P., Kao J.H. Sampling procedures and tables for life and reliability testing based on the weibull distributions (Hazard Rate Criterion). - Ttch. Rapt. TR4, Office of the Assistant Secretary of Defense (Installations and Logistics), GPO, 1962. - 125 p.
14. Справочник по надежности: Пер. с англ. Ю.Г. Епишина и Б.А. Смирнова / Под ред. Б.Р. Левина. - Т.1. - М.: Мир, 1969. - 328 с.
15. Колемаев В.А., Староверов О.В., Турундаевский В.Б. Теория вероятности и математическая статистика. - М.: Высшая школа, 1991. - 256 с.
16. Ивченко Г.И., Медведев Ю.И. Математическая статистика. - М.: Высшая школа, 1984. - 248 с.
17. Теория прогнозирования и принятия решений / под ред. С.А. Саркисяна. - М.: Высшая школа, 1977 - 415 с.
18. Капский Д.В. Системный подход к повышению безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности // Международный технико-экономический журнал. - 2012. - №2. - С. 99-105.
19. Куракина Е.В. Методология обеспечения безопасности дорожного движения по критерию «нулевой смертности» в дорожно-транспортных происшествиях: Дис. ... докт. техн. наук. - Санкт-Петербург, 2022. - 424 с.
20. Васильев А.П. Эксплуатация автомобильных дорог: учебник для студ. высших учеб. заведений. - М.: Издательский центр «Академия». - В 2 т. - 2010. - 320 с.

Кущенко Лилия Евгеньевна

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород

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

К.т.н., доцент кафедры «Эксплуатации и организации движения автотранспорта»

E-mail: lily-041288@mail.ru

L.E. KUSHCHENKO

THE PREDICTION OF ACCIDENTS AS ONE OF THE WAYS DECREASE IN MORTALITY

Abstract. This paper analyzes the statistics of traffic accidents involving pedestrians, children and drivers who are intoxicated. Pedestrians are the most unprotected category of all road users, and therefore they are given special attention when analyzing statistical data. To reduce road deaths, a mathematical model was developed for predicting accident rates based on a two-parameter Weibull distribution, which makes it possible to carry out a comprehensive assessment of the traffic situation for making management decisions.

Keywords: vehicle, traffic accident, urban agglomeration, mathematical statistics, distribution of the Weibull law

BIBLIOGRAPHY

1. Gay L.E., Shutov A.I., Volya P.A., Kushchenko S.V. Zatorovye yavleniya. Vozmozhnosti preduprezhdeniya // Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova. - 2013. - №3. - S. 166-169.
2. 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.
3. Elektronnyy resurs: www.gibdd.ru.
4. Kushchenko L.E. Razrabotka informatsionnoy modeli, preduprezhdayushchey voditelya o dvizhenii po opasnomu uchastku // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2022. - №4-1(79). - S. 94-102.
5. Rumshinskiy L.Z. Matematicheskaya obrabotka rezul'tatov eksperimenta / L.Z. Rumshitskiy. - M.: Nauka, 1971. - 352 s.
6. Organizatsiya dorozhnogo dvizheniya: uchebnoe posobie / L.E. Kushchenko, S.V. Kushchenko, A.N. Novikov, I.A. Novikov. - Belgorod: BGTU im. V. G. Shukhova, 2020. - 196 s.
7. Kushchenko L.E., Kravchenko A.A., Ryzhkin P.P., Koroleva L.A. Vliyanie sostoyaniya kachestva avtomobil'nykh dorog na DTP // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2020. - №1(68). - S. 49-58.
8. Kushchenko L., Kushchenko S., Novikov A., Novikov I. The planning and conducting transport and transport-sociological surveys for the development of a local project of the Belgorod urban agglomeration // Journal of applied engineering science. - 2021. - Vol. 19 (3). - R. 706-711.
9. 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.
10. Efremov L.V. Praktikum po raschetam nadezhnosti sudovoy tekhniki. - CH.1.
11. Venttsel' E.S. Teoriya veroyatnosti. - M.: FM, 1966. - 442 s.
12. Weibull W. A statistical representation of fatigue failures in solids. - Roy. Inst. Technology (Stockholm), November, 1954. - 127 p.
13. Goode H.P., Kao J.H. Sampling procedures and tables for life and reliability testing based on the weibull distributions (Hazard Rate Criterion). - Ttch. Rpt. TR4, Office of the Assistant Secretary of Defense (Installations and Logistics), GPO, 1962. - 125 p.
14. Spravochnik po nadezhnosti: Per. s angl. Yu.G. Epishina i B.A. Smirnova / Pod red. B.R. Levina. - T.1. - M.: Mir, 1969. - 328 s.
15. Kolemaev V.A., Staroverov O.V., Turundaevskiy V.B. Teoriya veroyatnosti i matematicheskaya statistika. - M.: Vysshaya shkola, 1991. - 256 s.
16. Ivchenko G.I., Medvedev Yu.I. Matematicheskaya statistika. - M.: Vysshaya shkola, 1984. - 248 s.
17. Teoriya prognozirovaniya i prinyatiya resheniy / pod red. S.A. Sarkisyana. - M.: Vysshaya shkola, 1977 - 415 s.
18. Kapskiy D.V. Sistemnyy podkhod k povysheniyu bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v gorodskikh ocha-gakh avariynosti // Mezhdunarodnyy tekhniko-ekonomicheskoy zhurnal. - 2012. - №2. - S. 99-105.
19. Kurakina E.V. Metodologiya obespecheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya po kriteriyu «nulevoy smertnosti» v dorozhno-transportnykh proisshествiyakh: Dis. ... dokt. tekhn. nauk. - Sankt-Peterburg, 2022. - 424 s.
20. Vasil'ev A.P. Eksploatatsiya avtomobil'nykh dorog: uchebnik dlya stud. vysshikh ucheb. zavedeniy. - M.: Izdatel'skiy tsentr «Akademiya». - V 2 t. - 2010. - 320 s.

Kushchenko Liliya Evgen'evna

Belgorod state technological university

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

Candidate of technical sciences

E-mail: lily-041288@mail.ru

ПРОГРАММНО-ЦЕЛЕВОЙ ПОДХОД УСТАНОВЛЕНИЯ ВЗАИМОСВЯЗИ ПАРАМЕТРОВ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК НА ОБЩЕСТВЕННОМ АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ

Аннотация. Предложен программно-целевой подход установления взаимосвязи параметров пассажирских перевозок на общественном автомобильном транспорте путем построения единой структуры, состоящей из дерева целей и дерева (совокупности) задач. Дерево целей так же определяет взаимосвязь показателей качества перевозок с технической эксплуатацией подвижного состава. На практике установлена взаимосвязь целей, задач пассажирского автомобильного транспорта с показателями качества и ТЭА.

Ключевые слова: программно-целевой подход, автомобильный транспорт, дерево целей, перевозки, качество

Введение

Эффективность организации и качества перевозки пассажиров общественным автомобильным транспортом (ОАТ) определяется правильностью постановки целей и решения задач на всех этапах жизненного цикла транспортного процесса. К подвижному составу ОАТ относятся автобусы большой, средней и малой вместимости. К сожалению, в большинстве средних городов Российской Федерации в основном эксплуатируются маршрутные такси на базе автобусов малой вместимости [1, 2].

При выполнении перевозок ОАТ ставится задача удовлетворения потребностей потребителей в области обеспечения и повышения качества транспортных услуг, являющаяся социально-экономической задачей [3, 4].

Для определения и систематизации целей системы пассажирского автомобильного транспорта (ПАТ) применяется программно-целевой метод (ПЦМ) управления системами. ПЦМ предусматривает объединение в форме программ (задач) всех видов деятельности для достижения этих целей [5].

Главной целью системы ПАТ является повышение качества транспортных услуг путем принятия соответствующих управляющих решений и определение ее нового состояния.

Применительно к системе ПАТ программа – это комплекс мероприятий (задач) и объектов организационно – функциональной структуры ПАТ, обеспечивающих достижение поставленной цели. В нашем случае комплекс мероприятий (задач) направлен на повышения качества транспортных услуг.

Материал и методы

Программно-целевой метод формализует определенную логику планирования и управления перевозками: цели – задачи – показатели качества – показатели технической эксплуатации автомобилей (ТЭА) – факторы, влияющие на ТЭА.

Система перевозок ПАТ реализует определенную совокупность (множество) целей:

$$Ц = \{ Ц_1, \dots, Ц_i, \dots, Ц_n \}, \quad (1)$$

где $Ц_i$ - i -я цель системы перевозок ПАТ;

n - общее количество целей.

Для определения главной цели и целей последующих уровней строят дерево целей (ДЦ) в виде графа, т. е. упорядоченную иерархию целей, выражающую их соподчинение и внутренние взаимосвязи (рис. 1) [6]. Цель высшего уровня соединена с целями первого уровня линиями, характеризующими отношение между целями разных уровней.

Теория / Расчет

Для установленных целей определяются соответствующие задачи Φ . Для обобщения всех элементов системы перевозок строят единую структуру, состоящую из дерева целей

и дерева (совокупности) задач (рис. 1), и их взаимосвязи с показателями качества A_k . Дерево целей так же определяет связь показателей качества перевозок и технической эксплуатации подвижного состава T_a .

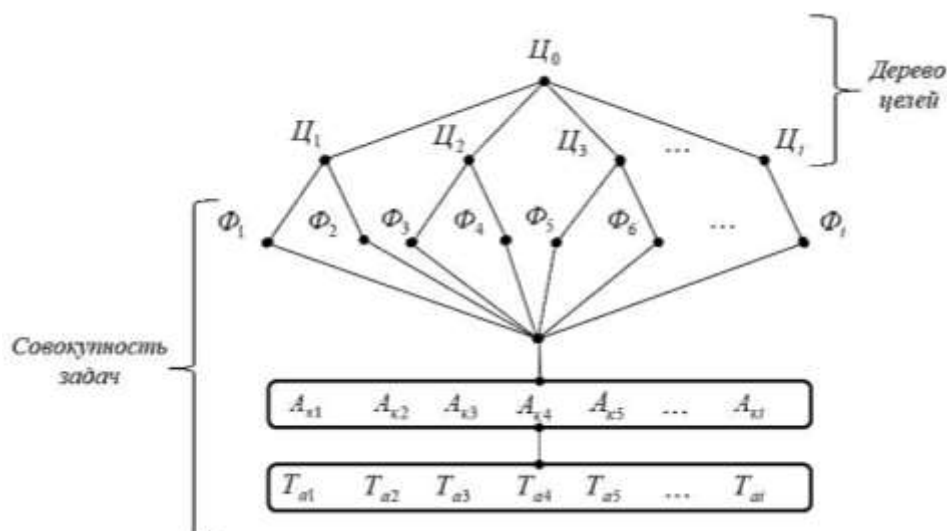


Рисунок 1 – Структура дерева целей и совокупности задач

При формировании множества задач Φ системы перевозок ПАТ требуется определить рациональный набор задач Φ , которые являются наиболее информативными для решения целей повышения качества транспортных услуг. Для этого нужно выполнить оценку необходимости и достаточности задач Φ [6], что фактически сводится к проблеме выделения (отбора) этих задач [7]. Формализовать данную проблему можно путем наложения множества $\Pi = \{\Pi_1, \dots, \Pi_i\}$, целей системы ПАТ на множество реализуемых задач $\Phi = \{\Phi_1, \dots, \Phi_i\}$. Математически наложение множества целей Π на множество задач Φ представим с помощью отображения множеств [8].

Тогда представим многозначное отображение v множества Π целей во множество Φ задач:

$$v : \Pi \rightarrow \Phi, \quad (2)$$

Каждой цели Π_i множества Π при отображении v сопоставляется задача (или несколько задач) Φ_i множества Φ , которая в той или иной степени влияет на Π_i .

В этом случае, образом $v(\Pi_i)$ каждой цели (элемента) $\Pi_i \in \Pi$ по множеству Φ будет подмножество задач (элементов) Φ_i , эквивалентных при отображении v каждому элементу Π_i :

$$v(\Pi_i) = \{\Phi_i\} \in \Phi, \quad (3)$$

где $\{\Phi_i\}$ - подмножество задач, реализующих Π_i (или являющихся наиболее информативными для Π_i).

В результате получим искомый набор задач пассажирских перевозок, являющихся наиболее весомыми для реализации целей путем объединения образов $v(\Pi_i)$ всех целей $\Pi = \{\Pi_1, \dots, \Pi_i\} \in \Pi$ по отображению v ,

$$U_{n \in N} v(\Pi_i) = \{\Phi_i / \exists n (n \in N) \wedge \Phi_i \in v(\Pi_i)\}, \quad (4)$$

где N - множество образов элементов $\Pi = \{\Pi_1, \dots, \Pi_i\} \in \Pi$ при отображении v ;

n - элементы множества N .

Тогда, область значений отображения v или искомый набор задач перевозок Φ_0 определим следующим образом:

$$\Phi_0 = \{ (U_{n \in N} v(C_i)) \in \Phi \} \subseteq \Phi. \quad (5)$$

Оценка сопоставления i -той задачи пассажирских перевозок определенной цели при отображении v по степени ее влияния на i -ую цель перевозок может быть выполнена с применением экспертного метода.

Результаты и обсуждение

Реализация задач перевозок Φ_0 путем внедрения соответствующих мероприятий оценивается показателями качества A_k . Учитывая принцип достаточности информации нами определены наиболее значимые показатели качества транспортных услуг экспертным методом [9, 10]. Экспертами из 34 показателей качества выделены семь наиболее значимых показателей (табл. 1).

Таблица 1 – Наиболее значимые ранжированные показатели качества транспортных услуг

Показатели качества A_i	Наименование показателя качества	Сумма рангов показателей качества N_i	Экспертные оценки показателей качества Q_i
A_1	Безопасность	136	9,7
A_2	Надежность	129	9,2
A_4	Комфортность	121	8,6
A_3	Доступность	112	8
A_5	Экономичность	96	6,8
A_6	Информативность	85	6
A_{14}	Транспортные услуги на автовокзалах и автостанциях	81	5,8

Очевидно, что показатели качества перевозок A_k зависят от мероприятий, технологий и показателей технической эксплуатации автомобилей T_a , а также факторов K_s , влияющих на показатели ТЭА (табл. 2) [11, 12].

Таблица 2 – Взаимосвязь целей, задач ПАТ с показателями качества и ТЭА

Цели перевозок	Задачи ПАТ	Показатели качества перевозок	Показатели ТЭА
1	2	3	4
1) планировать транспортные услуги на маршрутах	-мониторинг пассажиропотоков на маршрутной сети; -утверждение маршрутной сети ПАТ; -проведение конкурсов выбора перевозчиков; -расчет количества подвижного состава на маршрутах; -утверждение расписания движения подвижного состава.	A_1 - безопасность перевозки; A_2 - надежность транспортных услуг; A_3 - доступность транспортных услуг.	- коэффициент технической готовности; - вероятность безотказной работы; - стоимость эксплуатации.
2) обеспечить требуемое стандартами качество транспортных услуг	- подготовка методики оценки удовлетворенности потребителей качеством перевозок и предоставляемых услуг; - обоснование показателей качества транспортных услуг; - обеспечение готовности перевозчиков к выполнению транспортного процесса; - утверждение документированных процедур по реализации транспортных услуг с требуемым качеством.	A_4 - комфортность транспортных услуг; A_3 - доступность транспортных услуг; A_6 -информативность транспортных услуг; A_{14} - транспортные услуги на автовокзалах и автостанциях.	- коэффициент технической готовности; - наработка на отказ; - вероятность безотказной работы; - стоимость эксплуатации.

1	2	3	4
3) обеспечить перевозку ресурсами	- обеспечение людскими, финансовыми, материальными, ресурсами; - совершенствование инфраструктуры перевозчиков.	A_2 - Надежность транспортных услуг; A_3 - Доступность транспортных услуг; A_5 -Экономичность услуги.	- коэффициент технической готовности; - ресурс до КР и списания; - простои на ТО и Р; - стоимость эксплуатации.
4) реализовать транспортный процесс на маршрутах	- внедрение расписания движения подвижного состава; - обеспечение подвижным составом в соответствии с видами пассажирских перевозок общественным транспортом; - управление логистикой транспортного процесса на основе диспетчирования с применением средств спутниковой навигационной системы.	A_1 - Безопасность перевозки; A_2 - Надежность транспортных услуг; A_3 - Доступность транспортных услуг; A_4 - Комфортность транспортных услуг; A_5 -Экономичность услуги.	- коэффициент технической готовности; - наработка на отказ; - вероятность безотказной работы; - ресурс до КР и списания; - простои на ТО и Р; - стоимость эксплуатации.
5) реализовать мониторинг и регулирование перевозок на маршрутах	- внедрение диспетчерского управления и регулирования перевозок с применением автоматизированной системы управления движением на основе спутниковой навигационной системы и радиосвязи; - разработка корректирующих и регулирующих воздействий на транспортный процесс при нарушениях в расписании движения.	A_1 - Безопасность перевозки; A_2 - Надежность транспортных услуг; A_3 - Доступность транспортных услуг; A_5 -Экономичность услуги (стоимостный показатель); A_{14} - Транспортные услуги на автовокзалах и автостанциях.	- коэффициент технической готовности; - вероятность безотказной работы; - ресурс до КР и списания; - простои на ТО и Р; - стоимость эксплуатации.
б) реализовать принцип постоянного улучшения качества перевозок	- разработка стандартов организации по постоянному улучшению качества перевозок по показателям качества на основе принципов цикла Р-Д-С-А; - постоянный мониторинг качества перевозок и определение несоответствий; - аудит предприятий и организаций осуществляющих измерение результативности перевозок с определением корректирующих и регулирующих воздействий. - анализ и оценка выходных данных со стороны руководства.	A_1 - Безопасность перевозки; A_2 - Надежность транспортных услуг; A_3 - Доступность транспортных услуг; A_4 - Комфортность транспортных услуг; A_5 -Экономичность; A_6 -Информативность транспортных услуг; A_{14} - Транспортные услуги на автовокзалах.	- коэффициент технической готовности; - наработка на отказ; - вероятность безотказной работы; - ресурс до КР и списания; - простои на ТО и Р; - стоимость эксплуатации.

Техническая эксплуатация оказывает влияние на показатели качества транспортных услуг путем совершенствования методов и средств обеспечения надежности и работоспособности подвижного состава, производственно-технической базы, регулирования возрастной структуры парка подвижного состава, повышения квалификации персонала и др.

Взаимозависимость между элементами множества K , факторов, влияющих на ТЭА, элементами множества A_k показателей качества перевозок и элементами множества T_a ТЭА

можно показать с помощью бинарного отношения, которое устанавливает соответствие элементов одного множества элементам другого (рис. 2).

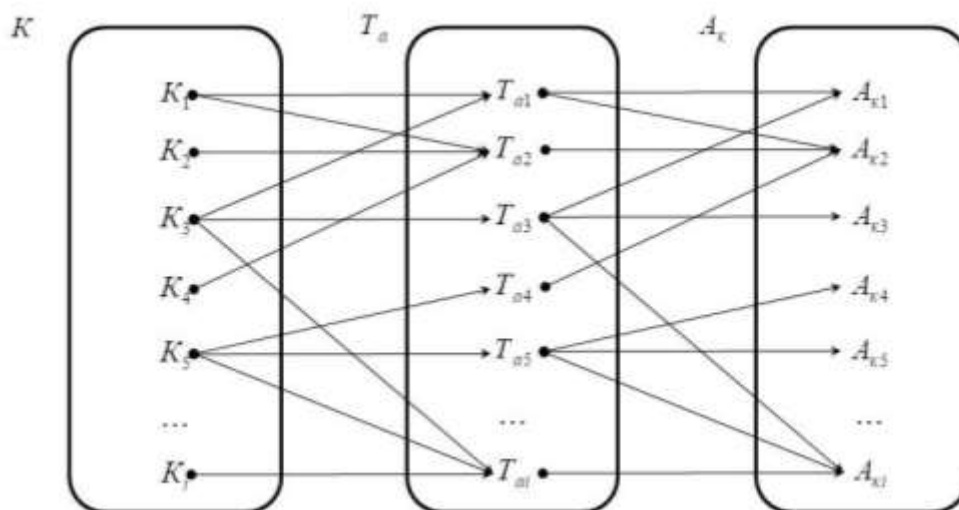


Рисунок 2 – Ориентированный граф отношений K , A_k , T_a

Факторы K определяют значения показателей ТЭА. К факторам ТЭА относятся [13, 14]:

- 1) состояние производственно-технической базы;
- 2) обеспеченность квалифицированным персоналом;
- 3) структура автобусного парка, запасные части и материалы;
- 4) условия эксплуатации подвижного состава;
- 5) объем работ технического обслуживания и ремонта;
- 6) состояние системы материально-технического обеспечения.

Выводы

Таким образом, программно-целевой подход позволил установить взаимосвязь целей ПАТ, задач их реализации, показателей качества и ТЭА, а также факторов, влияющих на ТЭА.

На основе программно-целевого подхода нами предложен проектреализации комплекса мероприятий (всего 24 мероприятия), направленный на повышения качества перевозок общественным автомобильным транспортом по следующим основным направлениям: организация и управление общественным транспортом на основе спутниковых навигационных систем; управление качеством в системе ПАТ путем разработки, внедрения и сертификации систем менеджмента качества на базе международных стандартов ИСО 9001 – 9004 – 2015; технические мероприятия по обновлению подвижного состава и совершенствования производственно-технической базы по программам лизинга и аутсорсинга; социальные мероприятия, направленные на доступности тарифа перевозок и видов оплаты; безопасность движения и экологическая безопасность путем совершенствования улично-дорожной сети и типов подвижного состава; экономическое и финансовое обеспечение путем активного участия в национальных проектах и Федеральных целевых программах, в том числе в проекте «Безопасные и качественные автомобильные дороги» [15 - 18]. Большая часть мероприятий вошла в Государственную программу Ульяновской области «Развитие транспортной системы Ульяновской области на 2020 - 2025 годы», разработанную Министерством транспорта Ульяновской области [19, 20].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров В.А., Шоль Н.Р. Автотранспортные средства: учебное пособие. – СПб.: Лань, 2016. – 336 с.
2. Вахламов В.К. Техника автомобильного транспорта. Подвижной состав и эксплуатационные свойства: Учеб. пособие для вузов. – М.: Академия, 2004. – 522 с.
3. Бачурин А.А. Анализ производственно-хозяйственной деятельности автотранспортных организаций. – М.: Академия, 2004. – 320 с.

4. Epifanov V., Obshivalkin M., Generalova K. Influence of the technical operation of passenger road transport on the quality indicators of transportation in interregional traffic // MATEC Web Conf. Information Technologies and Management of Transport Systems: The VII International Scientific and Practical Conference (IT MTS 2021) – Vol. 341. – 2021.
5. Кузнецов Е.С. Управление техническими системами: учебное пособие. – М.: МАДИ (ГТУ), 2003. – 274 с.
6. Техническая эксплуатация автомобилей: учебник для ВУЗов / Е.С. Кузнецов, А.П. Болдин, В.М. Власов и др.; Под ред. Е.С. Кузнецова. – М.: Наука. – 4-е изд., перераб. и дополн., 2004. – 535 с.
7. Тюрин Ю.Н., Макаров И.М. Статистический анализ данных на компьютере. – М.: Финансы и статистика, 1998. – 582 с.
8. Александров П.С. Введение в теорию множеств и общую топологию. – М.: Наука, 1997. – 367 с.
9. Якунина Н.В. Теоретическое обоснование модели повышения качества перевозок пассажиров автомобильным транспортом по регулярным маршрутам // Автотранспортное предприятие. – 2014. – №11. – С. 47-48.
10. Генералова К.А., Епифанов В.В. Обоснование показателей качества межрегиональных пассажирских перевозок с применением экспертного метода // Вестник УлГТУ. – 2020. – №1. – С. 38-43.
11. Обшивалкин М.Ю., Епифанов В.В., Генералова К.А. Взаимосвязь показателей технической эксплуатации автомобильного пассажирского транспорта с показателями качества перевозок на регулярных маршрутах межмуниципальных перевозок // Мир транспорта и технологических машин. – 2022. – №3-3(78). – С. 3-10.
12. Епифанов В.В., Обшивалкин М.Ю., Генералова К.А. Влияние технической эксплуатации пассажирского автомобильного транспорта на показатели качества перевозок в межрегиональном сообщении // Информационные технологии и инновации на транспорте: Материалы 7-ой международной научно-практической конференции. – В 2-х т. – Орел. – 2021. – С. 359-371.
13. Епифанов В.В., Обшивалкин М.Ю., Генералова К.А. Взаимосвязь показателей технической эксплуатации пассажирского автомобильного транспорта с показателями качества перевозок на межмуниципальных маршрутах // Прогрессивные технологии в транспортных системах: Материалы XVI международной научно-практической конференции. – Оренбург. – 2021. – С. 150-158.
14. Якунина Н.В. Методологические основы модели повышения качества перевозок пассажиров автомобильным транспортом по регулярным маршрутам // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2014. – №6(40). – С. 61-66.
15. Епифанов В.В., Обшивалкин М.Ю., Генералова К.А. Разработка мероприятий по повышению качества перевозок на городском пассажирском автомобильном транспорте // Информационные технологии и инновации на транспорте: Материалы 6-ой международной научно-практической конференции. – Орел: Госуниверситет – УНПК. – 2020. – С. 45-48.
16. Епифанов В.В., Обшивалкин М.Ю., Генералова К.А. Оценка эффективности мероприятий по повышению качества транспортных услуг на пассажирском автомобильном транспорте межрегионального сообщения // Прогрессивные технологии в транспортных системах: Сборник материалов XV Международной научно-практической конференции. – Оренбург: ОГУ. – 2020. – С. 203-211.
17. Новиков А.Н., Еремин С.В., Кулев А.В., Ломакин Д.О. Проблемы внедрения интеллектуальных транспортных систем в регионах // Мир транспорта и технологических машин. – 2021. – №1(72). – С. 47-55.
18. Социальный стандарт транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом (утв. распоряжением Министерства транспорта РФ от 31 января 2017 г. № НА-19-р) [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71508414/>
19. Об утверждении государственной программы Ульяновской области «Развитие транспортной системы Ульяновской области»: Постановление Правительства Ульяновской области на 2014-2020 годы (с изменениями на 16 августа 2018 года) от 11 сентября 2013 г. №37/419-П [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.docscntd.ru/document/463705308>
20. Об организации регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон от 13 июля 2015 г. №220-ФЗ [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.rosavtdor.ru>

Епифанов Вячеслав Викторович

Ульяновский государственный технический университет
Адрес: 432049, Россия, г. Ульяновск, ул. Абдулова, 96-45
Д.т.н., доцент, профессор кафедры «Автомобили»
E-mail: v.epifanov73@mail.ru

V.V. EPIFANOV

THE PROGRAM-TARGET APPROACH OF ESTABLISHING THE RELATIONSHIP BETWEEN THE PARAMETERS OF PASSENGER TRANSPORTATION ON PUBLIC ROAD TRANSPORT

Abstract. A program-target approach is proposed to establish the relationship between the parameters of passenger transportation on public road transport by building a single structure consisting of a tree of goals and a tree (set) of tasks, their. The tree of goals also determines the relationship of transportation quality indicators with the technical operation of rolling stock. In prac-

tice, the relationship between the goals and objectives of passenger road transport with quality and TEA indicators has been established.

Keywords: *program-target approach, road transport, goal tree, transportation, quality*

BIBLIOGRAPHY

1. Aleksandrov V.A., Shol' N.R. Avtotransportnye sredstva: Uchebnoe posobie. - SPb.: Lan', 2016. - 336 c.
2. Vakhlamov V.K. Tekhnika avtomobil'nogo transporta. Podvizhnoy sostav i ekspluatatsionnye svoystva: Ucheb. posobie dlya vuzov. - M.: Akademiya, 2004. - 522 s.
3. Bachurin A.A. Analiz proizvodstvenno - khozyaystvennoy deyatel'nosti avtotransportnykh organizatsiy. - M.: Akademiya, 2004. - 320 s.
4. Epifanov V., Obshivalkin M., Generalova K. Influence of the technical operation of passenger road transport on the quality indicators of transportation in interregional traffic // MATEC Web Conf. Information Technologies and Management of Transport Systems: The VII International Scientific and Practical Conference (IT MTS 2021) - Vol. 341. - 2021.
5. Kuznetsov E.S. Upravlenie tekhnicheskimi sistemami: uchebnoe posobie. - M.: MADI (GTU), 2003. - 274 s.
6. Tekhnicheskaya ekspluatatsiya avtomobiley: uchebnik dlya VUZov / E.S. Kuznetsov, A.P. Boldin, V.M. Vlasov i dr.; Pod red. E.S. Kuznetsova. - M.: Nauka. - 4-e izd., pererab. i dopoln., 2004. - 535 s.
7. Tyurin Yu.N., Makarov I.M. Statisticheskii analiz dannykh na komp'yutere. - M.: Finansy i statistika, 1998. - 582 s.
8. Aleksandrov P.S. Vvedenie v teoriyu mnozhestv i obshchuyu topologiyu. - M.: Nauka, 1997. - 367 s.
9. Yakunina N.V. Teoreticheskoe obosnovanie modeli povysheniya kachestva perevozok passazhirov avtomobil'nym transportom po regul'yarnym marshrutam // Avtotransportnoe predpriyatie. - 2014. - №11. - S. 47-48.
10. Generalova K.A., Epifanov V.V. Obosnovanie pokazateley kachestva mezhregional'nykh passazhirskikh perevozok s primeneniem ekspertnogo metoda // Vestnik UIGTU. - 2020. - №1. - S. 38-43.
11. Obshivalkin M.Yu., Epifanov V.V., Generalova K.A. Vzaimosvyaz' pokazateley tekhnicheskoy ekspluatatsii avtomobil'nogo passazhirskogo transporta s pokazatelyami kachestva perevozok na regul'yarnykh marshrutakh mezhmunitsipal'nykh perevozok // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2022. - №3-3(78). - S. 3-10.
12. Epifanov V.V., Obshivalkin M.Yu., Generalova K.A. Vliyaniye tekhnicheskoy ekspluatatsii passazhirskogo avtomobil'nogo transporta na pokazateli kachestva perevozok v mezhregional'nom soobshchenii // Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte. materialy 7-oy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - V 2-kh t. - Orel. - 2021. - S. 359-371.
13. Epifanov V.V., Obshivalkin M.Yu., Generalova K.A. Vzaimosvyaz' pokazateley tekhnicheskoy ekspluatatsii passazhirskogo avtomobil'nogo transporta s pokazatelyami kachestva perevozok na mezhmunitsipal'nykh marshrutakh // Progressivnye tekhnologii v transportnykh sistemakh. materialy XVI mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Orenburg. - 2021. - S. 150-158.
14. Yakunina N.V. Metodologicheskie osnovy modeli povysheniya kachestva perevozok passazhirov avtomobil'nym transportom po regul'yarnym marshrutam // Vestnik Sibirskoy gosudarstvennoy avtomobil'no-dorozhnoy akademii. - 2014. - №6(40). - S. 61-66.
15. Epifanov V.V., Obshivalkin M.Yu., Generalova K.A. Razrabotka meropriyatiy po povysheniyu kachestva perevozok na gorodskom passazhirskom avtomobil'nom transporte // Informatsionnye tekhnologii i innovatsii na transporte: Materialy 6-oy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Orel: Gosuniversitet - UNPK. - 2020. - S. 45-48.
16. Epifanov V.V., Obshivalkin M.Yu., Generalova K.A. Otsenka effektivnosti meropriyatiy po povysheniyu kachestva transportnykh uslug na passazhirskom avtomobil'nom transporte mezhregional'nogo soobshcheniya // Progressivnye tekhnologii v transportnykh sistemakh: Sbornik materialov XV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Orenburg: OGU. - 2020. - S. 203-211.
17. Novikov A.N., Eremin S.V., Kulev A.V., Lomakin D.O. Problemy vnedreniya itellektual'nykh transportnykh sistem v regionakh // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2021. - №1(72). - S. 47-55.
18. Sotsial'nyy standart transportnogo obsluzhivaniya naseleniya pri osushchestvlenii perevozok passazhirov i bagazha avtomobil'nym transportom i gorodskim nazemnym elektricheskim transportom (utv. rasporyazheniem Ministerstva transporta RF ot 31 yanvarya 2017 g. № NA-19-r) [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71508414/>
19. Ob utverzhdenii gosudarstvennoy programmy Ul'yanskoys oblasti «Razvitie transportnoy sistemy Ul'yanskoys oblasti»: Postanovlenie Pravitel'stva Ul'yanskoys oblasti na 2014-2020 gody (s izmeneniyami na 16 avgusta 2018 goda) ot 11 sentyabrya 2013 g. №37/419-P [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <http://www.docs.cntd.ru/document/463705308>
20. Ob organizatsii regul'yarnykh perevozok passazhirov i bagazha avtomobil'nym transportom i gorodskim nazemnym elektricheskim transportom v Rossiyskoy Federatsii i o vnesenii izmeneniy v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossiyskoy Federatsii: Federal'nyy zakon ot 13 iyulya 2015 g. №220-FZ [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <http://www.rosavtodor.ru>

Epifanov Vyacheslav Viktorovich

Ulyanovsk State Technical University

Address: 432049, Russia, Ulyanovsk, Ablukovastr., 96-45

Doctor of technical sciences

E-mail: v.epifanov73@mail.ru

Научная статья

УДК 653

doi:10.33979/2073-7432-2023-2(81)-81-88

А.В. ДОМБАЛЯН, В.В. ЗЫРЯНОВ, Е.Е. ШАТАЛОВА, О.В. ПРОСКУРИНА

РАЗРАБОТКА ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ БАЗЫ ПЕШЕХОДНЫХ ПОТОКОВ В РОСТОВСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

Аннотация. По всей территории Ростовской агломерации было выполнено обследование регулируемых пешеходных пересечений, проведены натурные обследования интенсивности пешеходного движения на регулируемых пешеходных пересечениях с целью выявления мест концентрации максимальных пешеходных потоков для развития интеллектуальной транспортной системы (ИТС), сокращения конфликтных ситуаций на перекрестках города и разработана геоинформационная база.

Ключевые слова: характеристика пешеходного движения, интеллектуальная транспортная система, натурные обследования интенсивности, регулируемые пешеходные пересечения, геоинформационная база

Введение

Обеспечение безопасности движения пешеходов является одной из ключевых проблем, решение которой необходимо при организации дорожного движения в крупных городах и возможно в рамках совершенствования ИТС города. Геоинформационная база пешеходных потоков представляет собой базу распределения интенсивности пешеходных потоков на регулируемых пересечениях Ростовской агломерации совместно с программными элементами управления, визуализации и анализа рассматриваемых данных.

Материал и методы

В современном мире человек и транспортная система неразрывно связаны, взаимодействуя через инновационные, современные информационные технологии [1-5].

Мониторинг пешеходных потоков необходим для выявления и классификации инцидентов, перспективного планирования дорожных работ, принятия эффективных решений по управлению пешеходными потоками. Реализация этих мероприятий возможна при создании подсистемы мониторинга параметров пешеходного потока [6-12]. Основными задачами подсистемы являются:

- сбор параметров пешеходного потока;
- обработка полученных данных;
- прогноз параметров пешеходного потока по исходным данным;
- хранение данных;
- передача данных другим подсистемам ИТС.

Теория

В план обследования входили участки улично-дорожной сети Ростовской агломерации: г. Ростов-на-Дону, г. Батайск, г. Новочеркасск, г. Аксай, г. Азов, г. Зерноград, с. Чалтырь, Кагальницкий и Родионо – Несветайский районы. В ходе обследования регулируемых пешеходных пересечений были выявлены 218 объектов для мониторинга. Замеры интенсивности движения пешеходных потоков проводились в утренние и вечерние часы «пик». Собранные данные представлены на карте в программном комплексе QGIS (рис. 1-4).

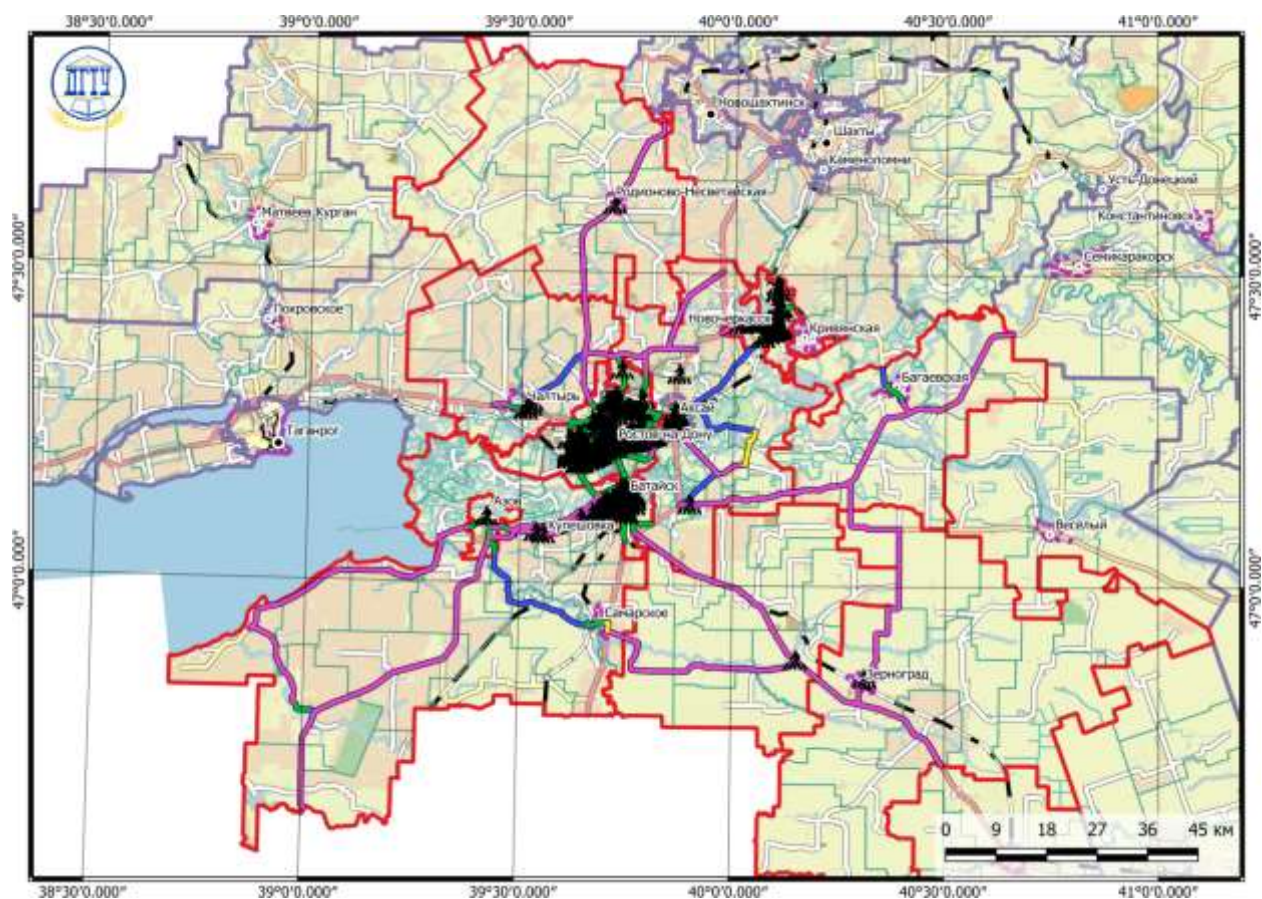


Рисунок 1 - Карта расположения рассматриваемых областей обследования регулируемых пешеходных пересечений на территории Ростовской агломерации

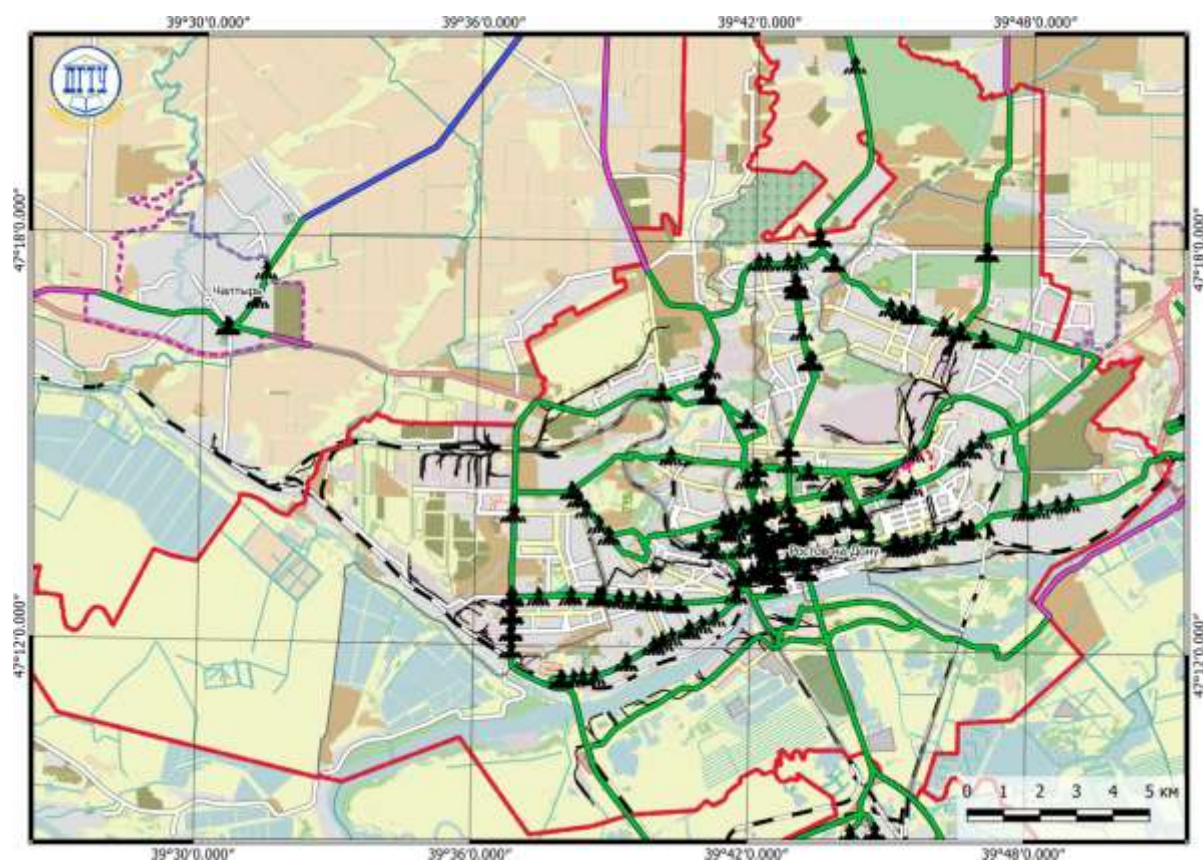


Рисунок 2 - Карта расположения рассматриваемых областей обследования регулируемых пешеходных пересечений на территории г. Ростов-на-Дону

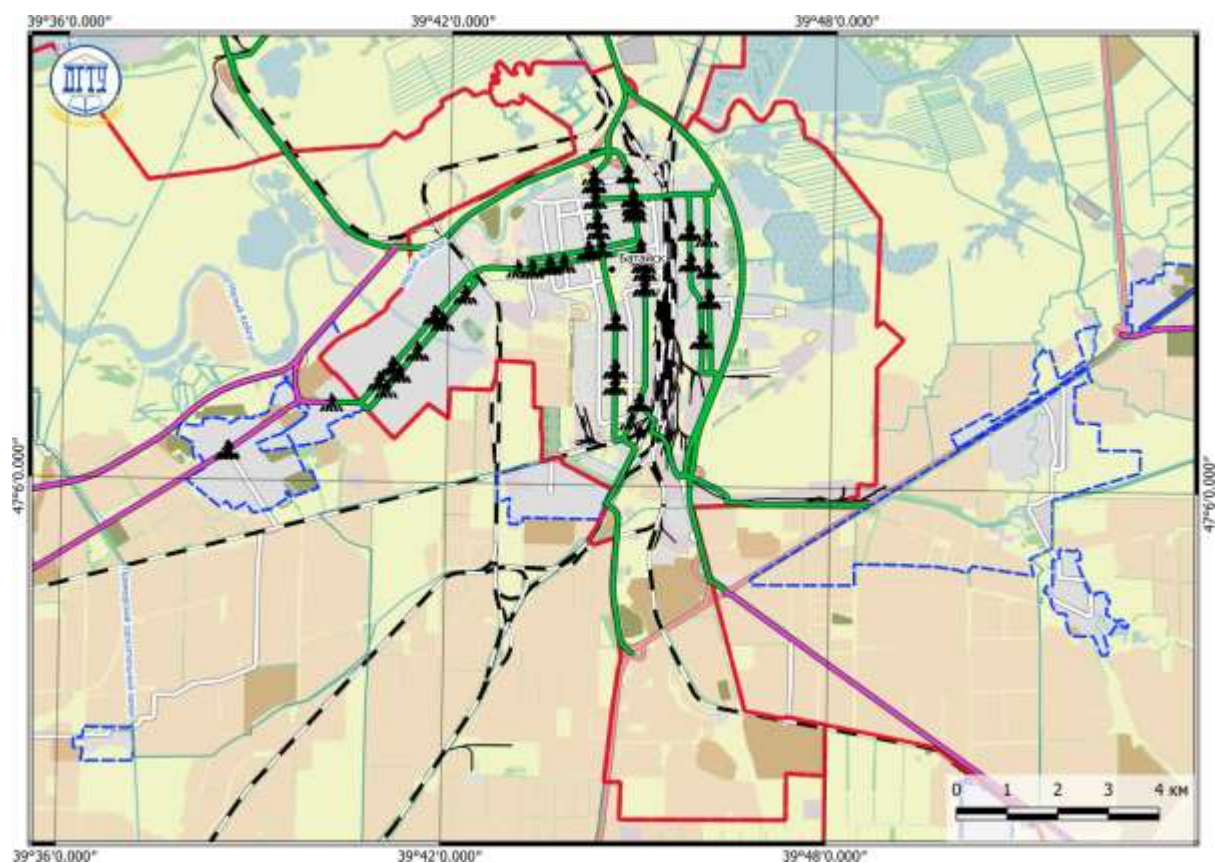


Рисунок 3 - Карта расположения рассматриваемых областей обследования регулируемых пешеходных пересечений на территории г. Батайск

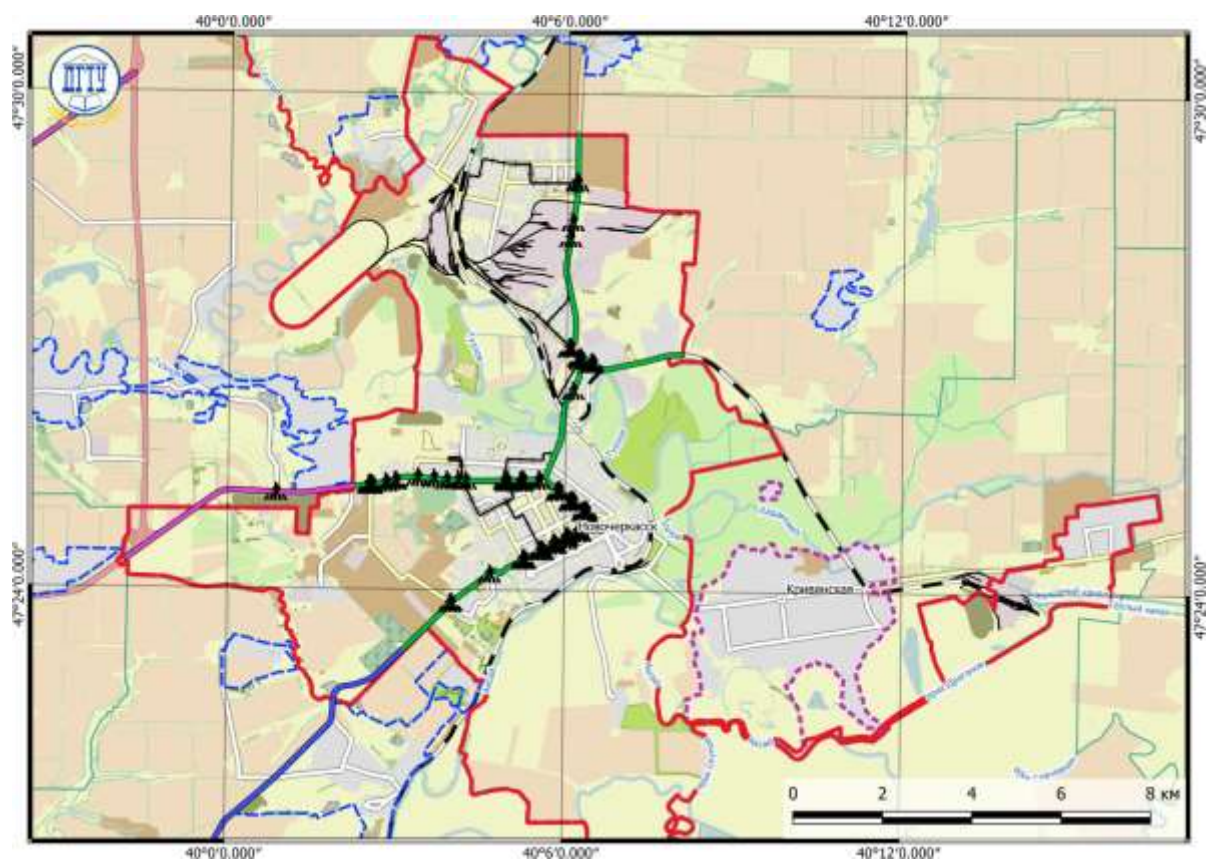


Рисунок 4 - Карта расположения рассматриваемых областей обследования регулируемых пешеходных пересечений на территории г. Новочеркасск

Результаты и обсуждение

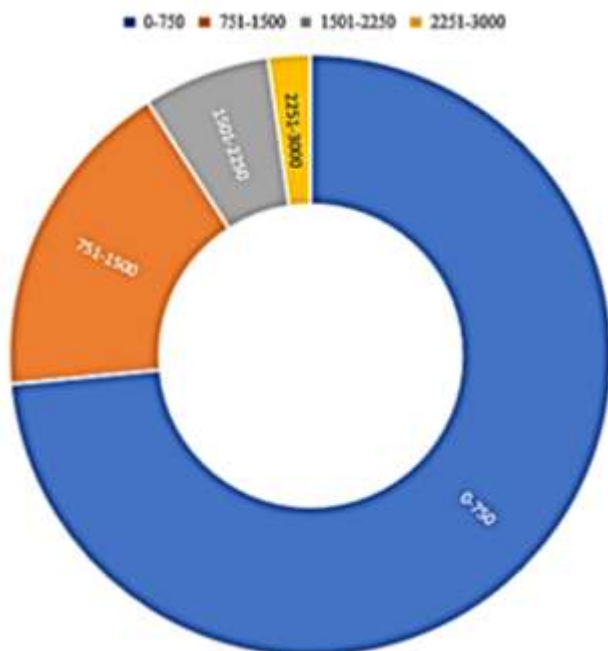


Рисунок 5 - Распределение обследованных пересечений по выявленным уровням интенсивности пешеходных потоков

В результате анализа проведенных обследований было выявлено, что максимальное значение пешеходной интенсивности зафиксировано в г. Ростове-на-Дону – 2928 чел./ч на наиболее загруженном перекрестке. Было принято решение ввести шкалу для определения интенсивности пешеходных потоков в г. Ростове-на-Дону, состоящую из 4 уровней. Из которых 2 % с высокими цифрами интенсивности (2250 - 3000 чел./ч), 7 % - со значениями выше среднего (1501 - 2250 чел./ч), 17 % - со средней интенсивностью (751 - 1500 чел./ч), и 74 % - с относительно низкой интенсивностью (0 – 750 чел./ч) (рис. 5) [13-17].

Для дальнейшего исследования были отобраны 20 регулируемых пересечений с максимальными значениями интенсивности пешеходных потоков, на основе которых было представлено распределение интенсивности движения пешеходов на регулируемых пешеходных пересечениях (рис.

6), из которых отобраны 5 узлов с максимальными значениями (рис. 7, табл. 1).

В результате проведенного анализа выделено 5 узлов для 20 точек установки детекторов.

Развитие ИТС позволяет организовать управление в реальном режиме времени транспортными и пешеходными потоками, повысить эффективность управления транспортно-дорожным комплексом для соответствия современным критериям качества транспортного обслуживания и безопасности дорожного движения, достижения требуемого уровня мобильности населения [18-20].

Выводы

1. Выявлены области обследования регулируемых пешеходных пересечений на территории Ростовской агломерации и построена геоинформационная база, представляющая собой карту области обследования регулируемых пешеходных пересечений.

2. По всей территории Ростовской агломерации проведены натурные обследования интенсивности пешеходного движения на регулируемых пешеходных пересечениях.

3. Представлено распределение максимальной интенсивности движения пешеходов на 20 регулируемых пешеходных пересечениях г. Ростова-на-Дону, составлен график распределения максимальной интенсивности движения пешеходов.

4. По данным распределения максимальной интенсивности движения пешеходов на регулируемых пешеходных пересечениях г. Ростова-на-Дону выделено 5 узлов и 20 точек установки детекторов.

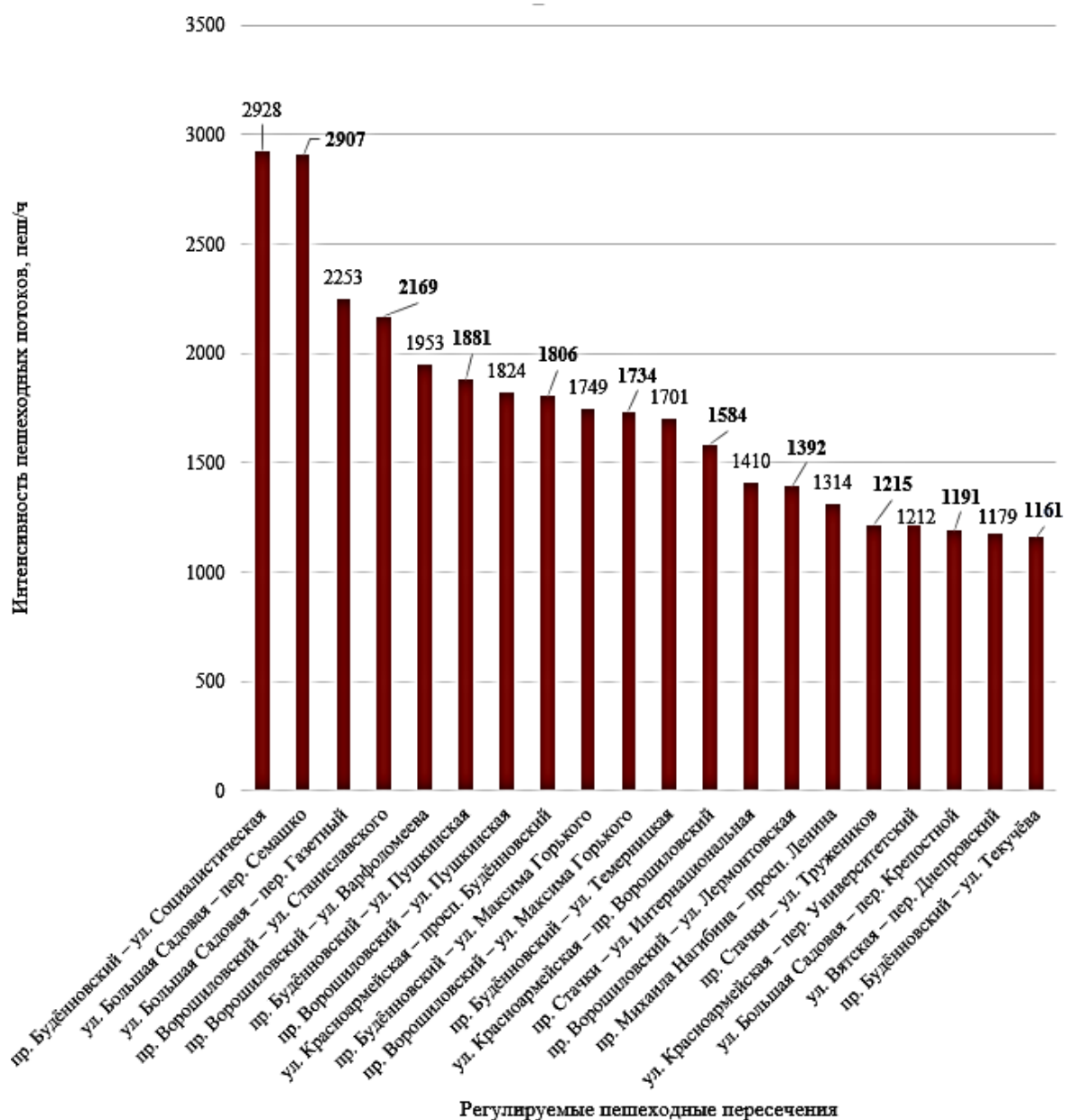
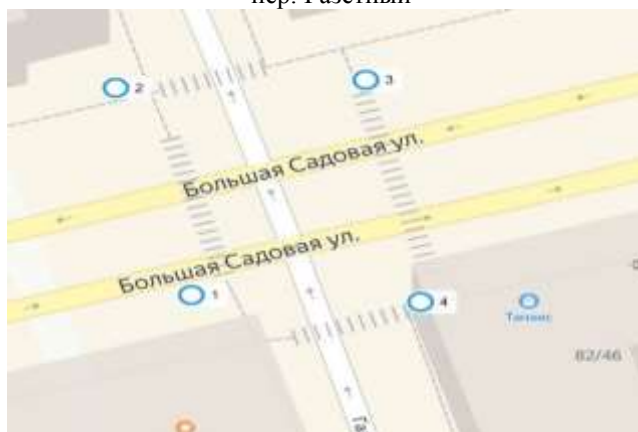
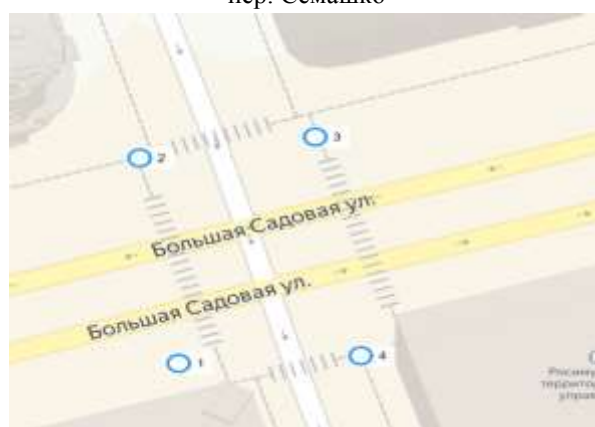


Рисунок 6 - Распределение максимальной интенсивности движения пешеходов на регулируемых пешеходных пересечениях

г. Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая – пер. Газетный



г. Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая – пер. Семашко



г. Ростов-на-Дону, пр. Ворошиловский –
ул. Варфоломеева



г. Ростов-на-Дону, пр. Ворошиловский –
ул. Станиславского



г. Ростов-на-Дону, пр. Будёновский – ул. Социалистическая



Рисунок 7 - Расположение пешеходных переходов на регулируемых пересечениях

Таблица 1– Максимальная интенсивность движения пешеходов на 5 пересечениях

Наименование пересечения	Номер перехода	Время обследования	Интенсивность движения, пеш./ч
г. Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая – пер. Газетный	1	17:04	471
	2	17:04	603
	3	17:04	573
	4	17:04	606
г. Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая – пер. Семашко	1	17:35	459
	2	17:35	1041
	3	17:35	513
	4	17:35	915
г. Ростов-на-Дону, пр. Ворошиловский – ул. Варфоломеева	1	18:00	726
	2	18:00	471
	3	18:00	381
	4	18:00	375
г. Ростов-на-Дону, пр. Ворошиловский – ул. Станиславского	1	18:00	777
	2	18:00	432
	3	18:00	483
	4	18:00	477
г. Ростов-на-Дону, пр. Будёновский – ул. Социалистическая	1	17:56	1392
	2	17:56	216
	3	17:56	1092
	4	17:56	207

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зырянов В.В., Феофилова А.А., Чуклинов Н.Н. Динамическая маршрутизация транспортных потоков как метод снижения транспортной нагрузки на элементы УДС // Мир транспорта и технологических машин. – 2018. – №1(60). – С. 74-80.
2. Жанказиев С.В. Разработка проектов интеллектуальных транспортных систем: Учеб. пособие. – М.: МАДИ, 2016. – 104 с.
3. Zyryanov V., Kocherga V. Simulation for development of urban traffic: the Rostov-on-don approach of traffic management // 13th World Congress on Intelligent Transport Systems and Services 13, ITS: Delivering Transport Excellence. – 2015.
4. Intelligent Transportation System Planning in the Age of Artificial Intelligence Ning Sun E3S [Электронный ресурс] / Web of Conferences. – №253. – 2021. – Р. 01036. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125301036>
5. M. Veres, M. Moussa Deep learning for intelligent transportation systems: a survey of emerging trends // IEEE Trans. Intell. Transport. Syst. – №21(8). – 2020. – Р. 3152-3168.
6. Zyryanov V. Simulation Network-Level Relationships of Traffic Flow // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – №698. – 2019. – Р. 066049. – doi:10.1088/1757-899X/698/6/066049. 8 p.
7. Zyryanov V. Methods for evaluation of mobility in modern cities // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – №698. – 2019. – Р. 066048. – doi:10.1088/1757-899X/698/6/066048.
8. Зырянов В.В., Загидуллин Р.Р. Методика оценки и выбора варианта организации движения транспорта при проведении масштабных массовых мероприятий // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2017. – №2. – С. 43-47.
9. Баранова М.В. Исследование интенсивности транспортных и пешеходных потоков // ИТ & Транспорт: Сборник научных статей. – Самара. – 2015. – С. 110-115.
10. Кожевникова В.В., Шабалина А.Е. Исследование характеристик пешеходных потоков на регулируемых перекрестках // Матрица научного познания. – 2020. – №5. – С. 59-63.
11. Домбальян А.В. Особенности методов управления транспортным спросом // Научное обозрение. – 2014. – №10-2. – С. 568-571.
12. Домбальян А.В., Шаталова Е.Е. Развитие интеллектуальных транспортных систем в мире // Строительство – 2015: Строительство. Дороги. Транспорт: Материалы Международной научно-практической конференции. – 2015. – С. 81-82.
13. Домбальян А.В. Характеристика методики моделирования и определения перспективного спроса на транспортные передвижения и его распределения в транспортной системе // Вестник Донецкой академии автомобильного транспорта. – 2015. – №1. – С. 4-10.
14. Effectiveness of Intelligent Transportation System: case study of Lahore safe city [Электронный ресурс] // Transportation Letters. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1080/19427867.2021.1953896>
15. Fayaz D. Intelligent transport system – a review [Электронный ресурс] // Research Gate. – 2018. – Режим доступа: <https://www.researchgate.net/publication/329864030>
16. Development prospects of the technologies and infrastructure for a transport and logistics system of a new type Gleb Savin E3S [Электронный ресурс] // Web of Conferences №296. – 2021. – Р. 03012. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202122901006>
17. Intelligent Transportation System Planning in the Age of Artificial Intelligence Ning Sun E3S [Электронный ресурс] / Web of Conferences №253. – 2021. – Р. 01036. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125301036>
18. Asmussen C.B., Moller C. Smart literature review: a practical topic modelling approach to exploratory literature review J. // Big Data. – №6. – 2019. – Р. 93.
19. Hu L., Ou J., Huang J., Chen Y., Cao D. A review of research on traffic conflicts based on intelligent vehicles // IEEE Access. – №8. – 2020. – Р. 24471-24483.
20. Zhou Y., Wang J., Yang H. Resilience of transportation systems: concepts and comprehensive review // IEEE Trans. Intell. Transport. Syst. – №20(12). – 2019. – Р. 4262-4276.

Домбальян Анжелика Вагановна

Донской государственный технический университет
Адрес: Россия, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина 1
Старший преподаватель кафедры «Организация перевозок и дорожного движения»
E-mail: anzhelika-888@mail.ru

Зырянов Владимир Васильевич

Донской государственный технический университет
Адрес: Россия, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина 1
Д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Организация перевозок и дорожного движения»
E-mail: tolbaga@mail.ru

Шаталова Елена Егоровна

Донской государственный технический университет
Адрес: Россия, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина 1
К.т.н., доцент кафедры «Организация перевозок и дорожного движения»
E-mail: ls77@mail.ru

Проскурина Олеся Вячеславовна

Донской государственный технический университет
Адрес: Россия, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина 1
Старший преподаватель кафедры «Организация перевозок и дорожного движения»
E-mail: lesiapr@mail.ru

A.V. DOMBALYAN, V.V. ZYRYANOV, E.E. SHATALOVA, O.V. PROSKURINA

DEVELOPMENT OF A GEOINFORMATION BASE OF PEDESTRIAN STREAMS IN THE ROSTOV AGGLOMERATION

Abstract. Across the entire territory of the Rostov agglomeration, a survey of regulated pedestrian crossings was carried out, field surveys of the intensity of pedestrian traffic at regulated pedestrian crossings were carried out in order to identify places of concentration of maximum pedestrian flows for the development of an intelligent transport system (ITS), to reduce conflict situations at city intersections, and a geoinformation base was developed.

Keywords: characteristics of pedestrian traffic, intelligent transport system, full-scale surveys of intensity, regulated pedestrian crossings, geoinformation base

BIBLIOGRAPHY

1. Zyryanov V.V., Feofilova A.A., Chuklinov N.N. Dinamicheskaya marshrutizatsiya transportnykh potokov kak metod snizheniya transportnoy nagruzki na elementy UDS // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2018. - №1(60). - S. 74-80.
2. Zhankaziev S.V. Razrabotka proektov intellektual'nykh transportnykh sistem: Ucheb. posobie. - M.: MADI, 2016. - 104 s.
3. Zyryanov V., Kocherga V. Simulation for development of urban traffic: the Rostov-on-don approach of traffic management // 13th World Congress on Intelligent Transport Systems and Services 13, ITS: Delivering Transport Excellence. - 2015.
4. Intelligent Transportation System Planning in the Age of Artificial Intelligence Ning Sun E3S [Elektronnyy resurs] // Web of Conferences. - №253. - 2021. - R. 01036. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125301036>
5. M. Veres, M. Moussa Deep learning for intelligent transportation systems: a survey of emerging trends // IEEE Trans. Intell. Transport. Syst. - №21(8). - 2020. - P. 3152-3168.
6. Zyryanov V. Simulation Network-Level Relationships of Traffic Flow // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. - №698. - 2019. - R. 066049. - doi:10.1088/1757-899X/698/6/066049. 8 p.
7. Zyryanov V. Methods for evaluation of mobility in modern cities // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. - №698. - 2019. - R. 066048. - doi:10.1088/1757-899X/698/6/066048.
8. Zyryanov V.V., Zagidullin R.R. Metodika otsenki i vybora varianta organizatsii dvizheniya transporta pri provedenii masshtabnykh massovykh meropriyatiy // Intellect. Innovatsii. Investitsii. - 2017. - №2. - S. 43-47.
9. Baranova M.V. Issledovanie intensivnosti transportnykh i peshekhodnykh potokov // IT & Transport: Sbornik nauchnykh statey. - Samara. - 2015. - S. 110-115.
10. Kozhevnikova V.V., Shabalina A.E. Issledovanie kharakteristik peshekhodnykh potokov na reguliruemyykh perekrestkakh // Matritsa nauchnogo poznaniya. - 2020. - №5. - S.59-63.
11. Dombalyan A.V. Osobennosti metodov upravleniya transportnym sprosom // Nauchnoe obozrenie. - 2014. - №10-2. - S. 568-571.
12. Dombalyan A.V., Shatalova E.E. Razvitie intellektual'nykh transportnykh sistem v mire // Stroitel'stvo - 2015: Stroitel'stvo. Dorogi. Transport: Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - 2015. - S. 81-82.
13. Dombalyan A.V. Harakteristika metodiki modelirovaniya i opredeleniya perspektivnogo sprosa na transportnye peredvizheniya i ego raspredeleniya v transportnoy sisteme // Vestnik Donetskoy akademii avtomobil'nogo transporta. - 2015. - №1. - S. 4-10.
14. Effectiveness of Intelligent Transportation System: case study of Lahore safe city [Elektronnyy resurs] // Transportation Letters. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1080/19427867.2021.1953896>
15. D. Fayaz Intelligent transport system - a review [Elektronnyy resurs] // ResearchGate. - 2018. - Rezhim dostupa: <https://www.researchgate.net/publication/329864030>
16. Development prospects of the technologies and infrastructure for a transport and logistics system of a new type Gleb Savin E3S [Elektronnyy resurs] // Web of Conferences №296. - 2021. - R. 03012. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202122901006>
17. Intelligent Transportation System Planning in the Age of Artificial Intelligence Ning Sun E3S [Elektronnyy resurs] // Web of Conferences №253. - 2021. - R. 01036. - Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125301036>
18. Asmussen C.B., Moller C. Smart literature review: a practical topic modelling approach to exploratory literature review J. // Big Data. - №6. - 2019. - P. 93.
19. Hu L., Ou J., Huang J., Chen Y., Cao D. A review of research on traffic conflicts based on intelligent vehicles // IEEE Access. - №8. - 2020. - P. 24471-24483.
20. Zhou Y., Wang J., Yang H. Resilience of transportation systems: concepts and comprehensive review // IEEE Trans. Intell. Transport. Syst. - №20(12). - 2019. - R. 4262-4276.

Dombalyan Angelika Vaganovna
Don State Technical University
Address: Russia, Rostov-on-Don, Gagarin Square, 1
Senior lecturer
E-mail: anzhelika-888@mail.ru

Shatalova Elena Egorovna
Don State Technical University
Address: Russia, Rostov-on-Don, Gagarin Square, 1
Candidate of technical sciences
E-mail: ls77@mail.ru

Zyryanov Vladimir Vasilyevich
Don State Technical University
Address: Russia, Rostov-on-Don, Gagarin Square, 1
Doctor of technical sciences
E-mail: tolbaga@mail.ru

Proskurina Olesya Vyacheslavovna
Don State Technical University
Address: Russia, Rostov-on-Don, Gagarin Square, 1
Senior lecturer
E-mail: lesiapr@mail.ru

Научная статья

УДК 625.042+004.942

doi:10.33979/2073-7432-2023-2(81)-89-95

А.Н. ЯКУБОВИЧ, И.А. ЯКУБОВИЧ

ОЦЕНКА КЛИМАТИЧЕСКИХ РИСКОВ ДЛЯ АВТОДОРОЖНОЙ СЕТИ СЕВЕРНОГО РЕГИОНА РОССИИ

Аннотация. По результатам имитационного моделирования получены количественные оценки рисков снижения функциональности для базовых сегментов автодорожной сети Магаданской области. При наличии песчаного грунта в основании автодороги климатические риски при потеплении до 2 градусов являются низкими и находятся на уровне 150 баллов (при максимально возможном риске 1000 баллов). При наличии глинистых грунтов высокой влажности климатические риски в континентальной части области прогнозируются на уровне до 250 баллов, а в прибрежной зоне могут превышать 400 баллов.

Ключевые слова: автодорожная сеть, криолитозона, потепление климата, прогнозирование рисков

Введение

Автотранспорт играет важнейшую роль в вопросах социально-экономического развития и повышения качества жизни населения северных регионов России. Особенности и значимость транспортных сетей Арктики в сфере транспортной логистики России рассмотрены в [1]. В работе [2] предложена методика оценки эффективности автотранспортной сети региона с преобладанием сезонных коммуникаций и выявлена значимая неоднородность в транспортной доступности муниципальных образований Республики Саха (Якутия). В работе [3] рассмотрены базовые проблемы транспортной сети и предложены минимальные транспортные стандарты для отдельных северных регионов. Анализ уязвимости транспортной сети Севера к широкому спектру социально-экономических и природных изменений, в первую очередь связанных с ускоренной деградацией вечной мерзлоты, выполнен в [4].

Большое количество современных исследований посвящено вопросам планомерного развития транспортной системы Российского Севера, в том числе с учетом рисков, обусловленных продолжающимися климатическими изменениями. Государственные приоритеты развития транспортной инфраструктуры северных регионов России рассмотрены в [5], где выявлены значимые проблемы развития автотранспортной инфраструктуры. В работе [6] отмечено, что критерии развития сети транспортных коммуникаций, используемые на федеральном уровне планирования, в целом отвечают региональной специфике, что приводит к разработке и реализации эффективных инвестиционных программ и проектов. В работе [7] разработана математическая модель, позволяющая оптимизировать перечень типоразмеров подвижного состава при планировании грузовых перевозок в условиях Крайнего Севера. Перспективы развития транспортной системы для отдельных регионов и межрегиональных магистралей проанализированы в работе [8], где рассмотрены мероприятия по обеспечению самодостаточности транспортного обеспечения Крайнего Севера, и в исследовании [9], посвященном развитию опорной региональной сети автомобильных дорог республики Саха (Якутия) с учетом ее взаимосвязей с автодорожными сетями Иркутской, Магаданской и Амурской областей.

Глобальные климатические изменения как устойчивый и долговременно действующий фактор риска всесторонне рассмотрены в [10], где в отдельную группу рискообразующих факторов выделено ускорение медленных природных процессов; для Арктических регионов наиболее значимым медленным процессом является таяние вечномёрзлого грунта в основаниях сооружений транспортной инфраструктуры. В работе [11] показана многоаспектная, но эффективная в вычислительном аспекте вероятностно-статистическая модель, позво-

ляющая количественно оценивать климатические риски для мостов и иных транспортных сооружений. Методика и результаты оценки уязвимости автодорог к наводнениям как одному из проявлений изменений климата показаны в [12]; в работе [13] выполнен анализ влияния другого возможного проявления климатических изменений – повышенного количества осадков – на риски возникновения дорожно-транспортных происшествий. Варианты снижения ущерба от проседания высыхающих глинистых грунтов в условиях глобального потепления климата предложены в [14]. Пути повышения информативности сценарных прогнозов в отношении будущих климатических изменений, от достоверности которых в решающей степени зависит и точность оценки климатических рисков, рассмотрены в [15].

В исследовании [16] описаны основные риски в отношении городской инфраструктуры криолитозоны (включая автодорожную сеть), определенные на основе широко применяемой климатической модели GSM. В работах [17, 18] показано, что повышение температуры воздуха на 2 градуса приводит к значительным рискам для транспортной инфраструктуры криолитозоны, которые должны быть своевременно снижены с помощью инженерно-технических мероприятий по стабилизации температурного режима оттаивающего грунта. Возможное сокращение пропускной способности автодороги при недостаточной несущей способности ее оттаивающего основания оценено в [19]. Потенциальные пути преодоления негативных последствий глобального потепления в отношении автотранспортной сети северных и арктических регионов показаны в [20, 21].

Материал и методы

Основу экономики Магаданской области составляет добыча драгоценных металлов, в первую очередь золота. Горнопромышленные территории расположены в континентальной части области, в нескольких сотнях километров от берега Охотского моря. Доставка грузов, необходимых для горнопромышленной деятельности, осуществляется исключительно автотранспортом из порта города Магадана; это обуславливает повышенную значимость автодорожной сети для обеспечения жизнедеятельности региона. Большая часть территории области характеризуется наличием вечной мерзлоты, которая является сплошной в континентальной части региона и очаговой в прибрежной полосе.

На территории области функционируют 13 пунктов, осуществляющих систематическое наблюдение за климатом и инструментальное измерение наиболее значимых климатических параметров. Усредненные статистические данные за период 1961-1990 годов считались соответствующими среднестатистическому году базового климата C_0 . Климатические риски в отношении автодорожной сети прогнозировались в предположении потепления климата на 2 градуса, что выражалось в соответствующем повышении всех значений температур воздуха из C_0 в течение года при сохранении остальных климатических параметров неизменными; в результате формировалась модель измененного климата C_1 . Показатели базового и измененного климата в отдельных точках автодорожной сети определялись по интерполяции, с использованием данных 4 ближайших пунктов.

Моделирование климатических рисков осуществлялось на территориально-ориентированном уровне. Рассматривались песчаный и глинистый грунт, каждый в двух вариантах – с низкой и с повышенной влажностью. Зависящие от температуры теплофизические параметры вечномерзлого грунта при моделировании принимались в соответствии с действующими нормами проектирования.

На рисунке 1 показаны наиболее значимые элементы автодорожной сети Магаданской области, а также места расположения стационарных пунктов наблюдения за климатом. Общая протяженность автодорог, для которых оценивались климатические риски, составляла 1216 км. Координаты ключевых точек автодорожной сети приведены в таблице 1.

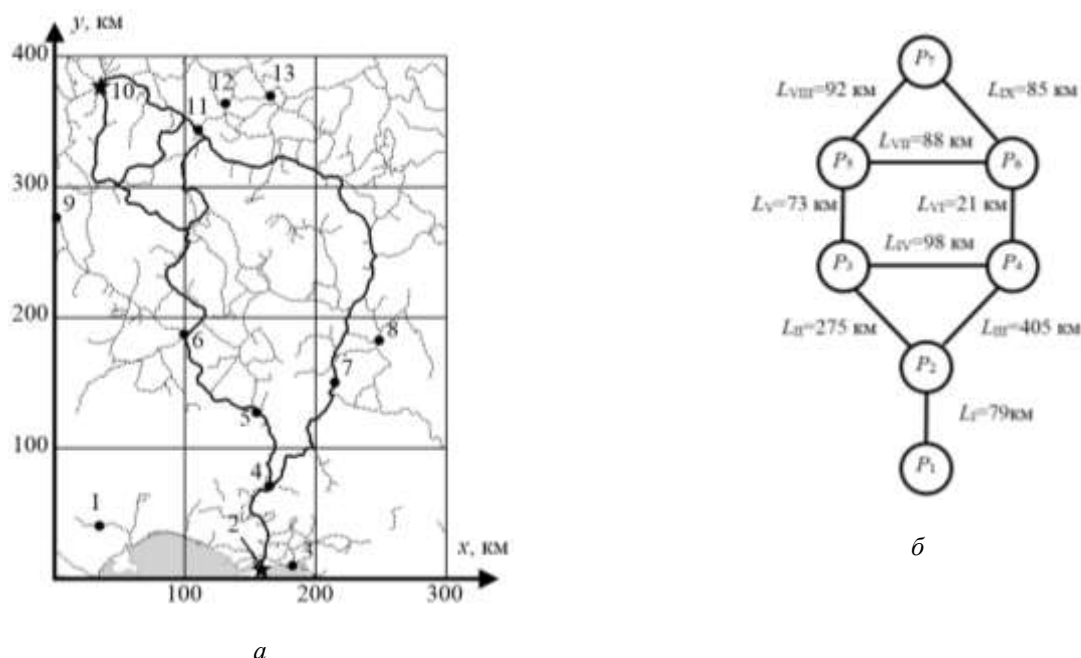


Рисунок 1 – схема автодорожной сети Магаданской области

а – географическая, б – топологическая; цифрами на географической схеме обозначены пункты систематических инструментальных наблюдений за климатом

Таблица 1 – Координаты ключевых точек при моделировании климатических рисков

Пункты систематических измерений климатических параметров на рисунке 1а						Узловые точки топологической схемы на рисунке 1б		
Наименование	Обозначение	Географические координаты, градусов		Прямоугольные координаты, м		Обозначение	Прямоугольные координаты, м	
		B	L	x	y		x	y
Талон	1	59,77	148,65	34 658	40 189	P ₁	159 995	2 238
Магадан	2	59,57	150,80	158 662	7 541	P ₂	165 158	71 810
Ола	3	59,58	151,30	182 332	9 631	P ₃	102 467	267 900
Палатка	4	60,10	150,94	164 777	70 630	P ₄	115 388	337 500
Мадаун	5	60,61	150,70	154 701	127 044	P ₅	48 565	302 249
Усть-Омчуг	6	61,15	149,63	99 608	186 847	P ₆	99 869	352 929
Атка	7	60,84	151,79	214 620	150 107	P ₇	35 601	376 435
Талая	8	61,13	152,39	248 715	182 214			
Стоковое	9	61,85	147,66	1 766	276 126			
Сусуман	10	62,78	148,15	35 788	377 657			
Ягодный	11	62,52	149,62	110 235	343 337			
Хатынгнах	12	62,72	150,02	131 011	363 637			
Эльген	13	62,79	150,69	165 510	367 467			

Теория

В рамках предлагаемой методики предполагается, что климатические риски в отношении объектов транспортной инфраструктуры криолитозоны возникают в результате сверхнормативного оттаивания вечномёрзлых грунтов в основании инфраструктурных объектов. Применительно к автодорожной сети, снижение несущей способности оттаявшего грунта приводит к дополнительным осадкам основания, проявляющихся на поверхности автодорожного профиля в виде многочисленных хаотически расположенных повреждений. Как следствие, на значительных по своей протяженности сегментах дорожной сети возникают риски снижения их функциональности, количественная оценка которых, в зависимости от принятых сценарных предположений о наиболее вероятных климатических изменениях, является целью рассматриваемой методики.

Величина климатического риска R лежит в интервале от 0 до 1000 условных единиц. Риск $R = 0$ соответствует отсутствию сверхнормативных осадок основания автодороги, что имеет место при полном совпадении проектных и реальных климатических условий эксплуатации. При риске $R = 1000$ эксплуатация автодороги считается невозможной. Промежуточные значения риска отражают пониженную функциональность автодорожного профиля вследствие наличия его повреждений.

Физическим показателем, от которого функционально зависит риск R , является прогнозируемая осадка основания автодороги δ , возникающая в результате поступления в грунт дополнительного тепла в условиях измененного климата. Для определения осадки выполняется моделирование температурной динамики грунтового массива, включающего в себя автодорожный профиль и вечномерзлый грунт в его основании, на протяжении одного года. В общем виде процедура моделирования может быть представлена как:

$$D = M(C, G), \quad (1)$$

где D – температурная динамика грунтового массива, представленная как множество значений температуры грунта в отдельных точках на протяжении года;

M – обобщенный оператор моделирования переноса тепла в грунте с учетом теплообмена с окружающей средой;

C – множество значений климатических параметров на протяжении моделируемого года, в совокупности отражающих состояние климата;

G – множество геометрических, теплофизических и физико-механических параметров грунтового массива.

При прогнозировании климатического риска моделирование на основе (1) выполняется при двух состояниях климата – базовом C_0 , принятом при проектировании автодороги, и измененном C_1 , соответствующем принятым сценарным предположениям о будущем климате. Для каждой из двух полученных по результатам моделирования температурных динамик D_0 и D_1 выявляется максимальная в течение года глубина оттаивания и определяется соответствующая ей осадка оттаивающего грунта (δ_0 и δ_1 соответственно). Увеличение осадки оттаивающего грунта в условиях измененного климата используется для прогнозирования климатического риска:

$$R = r(\delta_1 - \delta_0), \quad (2)$$

где r – непрерывная монотонно возрастающая функция, ограниченная точками $r(0) = 0$ и $r(\delta_{\max}) = 1000$;

δ_{\max} – деформация автодорожного профиля, при достижении которой эксплуатация автодорожного сегмента становится невозможной.

В зависимости от полноты информации, отражаемой в информационном массиве G , практическая реализация методики прогнозирования климатических рисков возможна на двух уровнях. На территориально-ориентированном уровне используются данные, соответствующие типичным грунтовым условиям; таким образом становится возможным выявление территорий криолитозоны, наиболее уязвимых к климатическим изменениям. Дальнейшее уточнение рисков на объектно-ориентированном уровне предполагает предварительное обследование объекта и определение индивидуального сочетания параметров в информационном массиве G .

Результаты и обсуждение

Прогнозные значения климатического риска для трех сегментов автодорожной сети Магаданской области показаны на рисунке 2. Можно видеть, что тенденции изменения величины риска в пределах автодорожной сети хорошо согласуются с климатическими особенностями территории. В континентальной части области значения риска (при одинаковых грунтовых условиях) изменяются весьма слабо, заметное возрастание прогнозируемого риска для всех типов грунта фиксируется по мере приближения к побережью Охотского моря. Песчаный грунт, находящийся в вечномерзлом состоянии, не приводит к значимым рискам нарушения функциональности автодороги: при низкой влажности грунта ожидаемые риски находятся на уровне 100 баллов в континентальной части и достигают максимальной величины

195 баллов на побережье, высокая влажность несколько повышает риск – до уровня 130-160 баллов на удалении от побережья с максимальным значением 257 баллов. При использовании шкалы рисков с максимальным уровнем 1000 баллов полученные для песчаного грунта значения соответствуют низкому уровню риска, не требующему систематических мероприятий по его снижению.

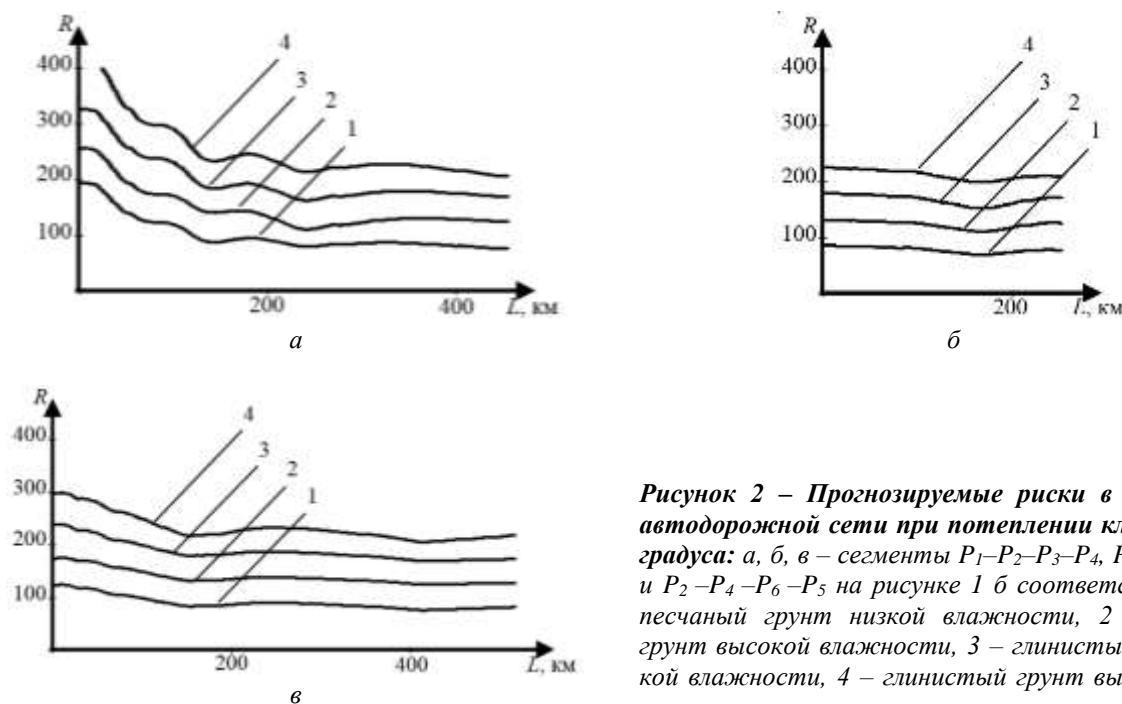


Рисунок 2 – Прогнозируемые риски в отношении автодорожной сети при потеплении климата на 2 градуса: а, б, в – сегменты $P_1-P_2-P_3-P_4$, $P_6-P_7-P_5-P_3$ и $P_2-P_4-P_6-P_5$ на рисунке 1 б соответственно; 1 – песчаный грунт низкой влажности, 2 – песчаный грунт высокой влажности, 3 – глинистый грунт низкой влажности, 4 – глинистый грунт высокой влажности

При наличии в основании автодороги глинистого грунта, особенно с повышенной влажностью, при потеплении климата риски нарушения функциональности соответствуют среднему уровню. Наибольшее значение (424 балла), как и в случае песчаного грунта, прогнозируется для автодорожных сегментов в прибрежной зоне, на основной части автодорожной сети ожидаемые риски находятся на уровне 220-300 баллов.

Выводы

По результатам моделирования можно считать, что в случае потепления климата до 2 градусов автодорожная сеть Магаданской области в целом не подвержена значительным рискам нарушения функциональности. На территории наличия глинистых вечномёрзлых грунтов целесообразно организовать мониторинг климатических параметров, в первую очередь температуры воздуха, и при устойчивом повышении этой температуры свыше 2 градусов необходимо произвести уточнение величины риска на объектно-ориентированном уровне.

В то же время необходимо отметить, что использованный в настоящем исследовании сценарий климатических изменений является достаточно осторожным. Темпы продолжающегося глобального потепления на арктических территориях в несколько раз превышают среднемировые, что дает основания предполагать реальную возможность повышения среднегодовой температуры воздуха в Магаданской области до 3-4 градусов к 2030-2040 годам. Соответственно, полученные значения климатического риска для ключевого элемента транспортной инфраструктуры области необходимо считать «оценкой снизу» и продолжать их уточнение при более жестких возможных вариантах изменения климатических параметров на территории рассматриваемого региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белый О.В., Шамханов В.А., Кудряшов В.С. Реализация Государственной транспортной политики в Арктической зоне РФ // Транспорт Российской Федерации. – 2020. – №3-4. – С. 3-7.
2. Егорова Т.П., Делахова А.М. Разработка инструментария оценки дифференциации уровня транспортной доступности Северного региона // Теоретическая и прикладная экономика. – 2020. – №4. – С. 81-94.

3. Серова В.А. Проблемы транспортной обеспеченности севера: социальный аспект // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2010. – №32. – С. 66-71.
4. Бабуринов В.Л. и др. Оценка уязвимости социально-экономического развития арктической территории России // Вестник Московского университета. Серия 5: География. – 2016. – №6. – С. 71-77.
5. Елисеев Д.О., Наумова Ю.В. Программно-целевое управление развитием транспортной системы Арктической зоны: цели, задачи и ожидаемые результаты // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2020. – №12-1. – С. 226-234.
6. Биев А.А. Основные направления формирования сети транспортной и энергетической инфраструктуры в арктических регионах России // Региональные проблемы преобразования экономики. – 2017. – №11. – С. 66-72.
7. Вахрушев С.А., Трофимова Л.С. Оптимизация функционирования подвижного состава для планирования грузовых автомобильных перевозок в условиях Крайнего Севера // Мир транспорта и технологических машин. – 2022. – №3-5. – С. 18-26.
8. Переселенков Г.С. Возможности совершенствования транспортной системы на севере Дальнего Востока // Транспорт Российской Федерации. – 2020. – №2. – С. 16-21.
9. Копылов С.В. Модель развития опорной сети автомобильных дорог республики Саха (Якутия) // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2021. – №4. – С. 5-12.
10. Glasser R. The climate change imperative to transform disaster risk management // International Journal of Disaster Risk Science. – 2020. – Vol. 11(2). – P. 152-154.
11. Khandel O., Solimin M. Integrated framework for quantifying the effect of climate change on the risk of bridge failure due to floods and flood-induced scour // Journal of Bridge Engineering. – 2019. – Vol. 24(9).
12. Mallick R.B., Zauamanis M., Frank R. Adaptation to flooding and mitigating impacts of road construction – a framework to identify practical steps to counter climate change // Baltic journal of road and bridge engineering. – 2015. – Vol. 10(4). – P. 346-354.
13. Печатнова Е.В., Кузнецов В.Н. Определение зависимостей риска возникновения ДТП различных видов от количества осадков // Мир транспорта и технологических машин. – 2022. – №3-4. – С. 63-70.
14. Page R.C.J. Reducing the cost of subsidence damage despite global warming // Structural Survey. – 1998. – Vol. 16(2). – P. 67-75.
15. Хлебникова Е.И., Катцов В.М., Пикалева А.А., Школьник И.М. Оценка изменения климатических воздействий на экономическое развитие территории Российской Арктики в XXI веке // Метеорология и гидрогеология. – 2018. – №6. – С. 5-19.
16. Shiklomanov N.I., Streletskiy D.A., Swales T.B., Kokorev V.A. Climate change and stability of urban infrastructure in Russian permafrost regions: Prognostic Assessment Based on GCM Climate Projections // Geographical Review. – 2017. – Vol. 107(1). – P. 125-143.
17. Yakubovich A., Trofimenko Yu., Pospelov P. Principles of developing a procedure to assess consequences of natural and climatic changes for transport infrastructure facilities in permafrost regions // Transportation Research Procedia. – 2018. – Vol. 36. – P. 810-816.
18. Якубович А.Н., Якубович И.А. Прогнозирование влияния климатических изменений на функциональность транспортной инфраструктуры криолитозоны России // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2019. – №1. – С. 104-110.
19. Yakubovich A.N., Trofimenko Yu.V., Yakubovich I.A., Shashina E.V. A forecast model for a road network's section traffic capacity assessment on a territory of the cryolithozone in conditions of the climate change // Periodicals of engineering and natural sciences. – 2019. – Vol. 7(1). – P. 275-280.
20. Тебекин А.В. Развитие логистики в северных и арктических регионах // Журнал исследований по управлению. – 2018. – №10. – С. 55-63.
21. Копылов С.В. Оценка работы ледовых автозимников и переправ в районах Крайнего Севера // Транспортные сооружения. – 2022. – №1.

Якубович Анатолий Николаевич
Московский автомобильно-дорожный
Государственный технический университет (МАДИ)
Адрес: 125319, Россия, Москва
Д.т.н., профессор кафедры автоматизированных
систем управления
E-mail: 54081@mail.ru

Якубович Ирина Анатольевна
Московский автомобильно-дорожный
Государственный технический университет (МАДИ)
Адрес: 125319, Россия, Москва
Д.т.н., профессор кафедры эксплуатации
внутригородского и автосервиса
E-mail: yakubovich_irina@mail.ru

A.N. YAKUBOVICH, I.A. YAKUBOVICH

ASSESSMENT OF CLIMATE RISKS FOR THE ROAD NETWORK OF THE RUSSIAN NORTHERN REGION

Abstract. Based on the simulation results, quantitative assessments of the risks of reduced functionality for the basic segments of the road network of the Magadan region were obtained. In the presence of sandy soil at the base of the highway, the climatic risks of warming up to 2 degrees are low and are at the level of 150 points (with the maximum possible risk of 1000 points). In the presence of clay soils with high humidity, climatic risks in the continental part of the region are predicted to be up to 250 points, and in the coastal zone may exceed 400 points.

Keywords: *road network, permafrost zone, climate warming; risk forecasting*

BIBLIOGRAPHY

1. Belyy O.V., Shamkhanov V.A., Kudryashov V.S. Realizatsiya Gosudarstvennoy transportnoy politiki v Ark-ticheskoy zone RF // *Transport Rossiyskoy Federatsii*. - 2020. - №3-4. - S. 3-7.
2. Egorova T.P., Delakhova A.M. Razrabotka instrumentariya otsenki differentsiatsii urovnya transportnoy dostupnosti Severnogo regiona // *Teoreticheskaya i prikladnaya ekonomika*. - 2020. - №4. - S. 81-94.
3. Serova V.A. Problemy transportnoy obespechennosti severa: sotsial'nyy aspekt // *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost'*. - 2010. - №32. - S. 66-71.
4. Baburin V.L. i dr. Otsenka uyazvimosti sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya arkticheskoy territorii Rossii // *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografiya*. - 2016. - №6. - S. 71-77.
5. Eliseev D.O., Naumova Yu.V. Programmno-tselevoye upravlenie razvitiem transportnoy sistemy Arkticheskoy zony: tseli, zadachi i ozhidaemye rezul'taty // *Ekonomika i biznes: teoriya i praktika*. - 2020. - №12-1. - S. 226-234.
6. Biev A.A. Osnovnye napravleniya formirovaniya seti transportnoy i energeticheskoy infrastruktury v ark-ticheskikh regionakh Rossii // *Regional'nye problemy preobrazovaniya ekonomiki*. - 2017. - №11. - S. 66-72.
7. Vakhrushev S.A., Trofimova L.S. Optimizatsiya funktsionirovaniya podvizhnogo sostava dlya planiro-vaniya gruzovykh avtomobil'nykh perevozok v usloviyakh Kraynego Severa // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. - 2022. - №3-5. - S. 18-26.
8. Pereselenkov G.S. Vozmozhnosti sovershenstvovaniya transportnoy sistemy na severe Dal'nego Vostoka // *Transport Rossiyskoy Federatsii*. - 2020. - №2. - S. 16-21.
9. Kopylov S.V. Model' razvitiya opornoy seti avtomobil'nykh dorog respubliki Sakha (Yakutiya) // *Transport. Transportnyesooruzheniya. Ekologiya*. - 2021. - №4. - S. 5-12.
10. Glasser R. The climate change imperative to transform disaster risk management // *International Journal of Disaster Risk Science*. - 2020. - Vol. 11(2). - P. 152-154.
11. Khandel O., Solimin M. Integrated framework for quantifying the effect of climate change on the risk of bridge failure due to floods and flood-induced scour // *Journal of Bridge Engineering*. - 2019. - Vol. 24(9).
12. Mallick R.B., Zaubanis M., Frank R. Adaptation to flooding and mitigating impacts of road construction a framework to identify practical steps to counter climate change // *Baltic journal of road and bridge engineering*. - 2015. - Vol. 10(4). - P. 346-354.
13. Pechatnova E.V., Kuznetsov V.N. Opredelenie zavisimostey riska vozniknoveniya DTP razlichnykh vidov ot kolichestva osadkov // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. - 2022. - №3-4. - S. 63-70.
14. Page R.C.J. Reducing the cost of subsidence damage despite global warming // *Structural Survey*. - 1998. - Vol. 16(2). - P. 67-75.
15. Hlebnikova E.I., Kattsov V.M., Pikaleva A.A., SHkol'nik I.M. Otsenka izmeneniya klimaticheskikh vozdeystviy na ekonomicheskoe razvitie territorii Rossiyskoy Arktiki v XXI veke // *Meteorologiya i gidrogeologiya*. - 2018. - №6. - S. 5-19.
16. Shiklomanov N.I., Streletskiy D.A., Swales T.B., Kokorev V.A. Climate change and stability of urban in-fra-structure in Russian permafrost regions: Prognostic Assessment Based on GCM Climate Projections // *Geographical Review*. - 2017. - Vol. 107(1). - P. 125-143.
17. Yakubovich A., Trofimenko Yu., Pospelov P. Principles of developing a procedure to assess consequences of natural and climatic changes for transport infrastructure facilities in permafrost regions // *Transportation Research Procedia*. - 2018. - Vol. 36. - P. 810-816.
18. Yakubovich A.N., Yakubovich I.A. Prognozirovanie vliyaniya klimaticheskikh izmeneniy na funktsio-nal'nost' transportnoy infrastruktury kriolitozony Rossii // *Intellekt. Innovatsii. Investitsii*. - 2019. - №1. - S. 104-110.
19. Yakubovich A.N., Trofimenko Yu.V., Yakubovich I.A., Shashina E.V. A forecast model for a road net-work's section traffic capacity assessment on a territory of the cryolithozone in conditions of the climate change // *Periodicals of engineering and natural sciences*. - 2019. - Vol. 7(1). - P. 275-280.
20. Tebekin A.V. Razvitie logistiki v severnykh i arkticheskikh regionakh // *Zhurnal issledovaniy po uprav-leniyu*. - 2018. - №10. - S. 55-63.
21. Kopylov S.V. Otsenka raboty ledovykh avtozimmnikov i pereprav v rayonakh Kraynego Severa // *Transportnye sooruzheniya*. - 2022. - №1.

Yakubovich Anatoly Nicolaevich

Moscow Automobile and Road Transport State Technical University (MADI)
Address: 125319, Russia, Moscow
Doctor of technical sciences
E-mail: 54081@mail.ru

Yakubovich Irina Anatolievna

Moscow Automobile and Road Transport State Technical University (MADI)
Address: 125319, Russia, Moscow
Doctor of technical sciences
E-mail: yakubovich_irina@mail.ru

Научная статья

УДК 378.147.88

doi:10.33979/2073-7432-2023-2(81)-96-103

Е.Н. ГРЯДУНОВА, М.А. ЯКУНИНА, А.Д. СЕРЕБРЕННИКОВ, К.В. ВАСИЛЬЕВ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА В КАЧЕСТВЕ УЧЕБНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ ТРАНСПОРТНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

Аннотация. В статье рассмотрены возможности использования робототехнической системы для проведения практических и лабораторных занятий по ряду дисциплин, изучаемых студентами транспортных специальностей. Осуществлен разбор характеристик промышленного робота GR-C в соответствии с разработанными классификационными схемами. Показана необходимость комплексного подхода к изучению блока дисциплин, таких как механика, электротехника и программирование.

Ключевые слова: промышленный робот, роботизация, робототехнические системы, манипулятор, сервопривод, программирование, обучающийся

Введение

Инновационное развитие отечественных предприятий обуславливает высокий уровень требований к профессиональному техническому образованию. В настоящее время ведущую роль в модернизации производства играет его роботизация [1, 2]. В результате роботизации снижаются издержки производства, увеличивается скорость выполнения механических операций и их точность. Среди ключевых отраслей драйвера роста промышленных роботов выступают военная, автомобильная и горнодобывающая промышленность (рис.1), а в сервисной – медицина, автономные транспортные средства и безопасность [3-5]. Роботизированные автосамосвалы используются на горнорудных месторождениях преимущественно с открытыми и смешанными системами разработки [6]. Производство автотранспорта полностью роботизировано. Процесс ремонта и сервисного обслуживания так же имеет элементы робототехнических систем. Установка робототехнических систем, их настройка, программирование и дальнейшая эксплуатация – одна из проблем успешной роботизации. Для всех этих процессов требуются квалифицированные сотрудники, имеющие специальные навыки работы. Поэтому, изучение робототехнических систем и получение навыков работы с данным оборудованием становится первоочередной задачей подготовки инженерных кадров.

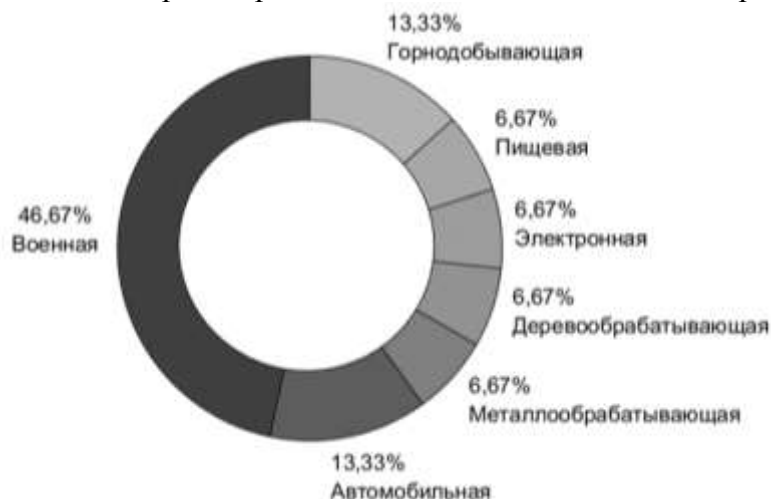


Рисунок 1 - Области применения робототехники в Российской промышленности

Кафедра мехатроники, механики и робототехники ОГУ имени И.С.Тургенева приобрела для использования в учебном процесс промышленного робота GR-C. Студенты, обучающиеся на таких инженерных направлениях как 23.03.01 - Технология транспортных процессов, 23.03.02 - Наземные транспортно-технологические комплексы, 23.03.03 - Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, получили возможность изучать робототехнические системы непосредственно на рабочем оборудовании.

Материал и методы

ГОСТ Р 60.0.0.4-2019 [7] определяет робота как исполнительный механизм, программируемый по двум и более степеням подвижности, имеющий некоторую степень автономности, движущийся внутри своей рабочей среды и выполняющий предназначенные ему задачи. Блочная схема промышленного робота GR-C представлена на рисунке 2. Она содержит три взаимосвязанных блока: манипулятор, шкаф управления и пульт программирования. Это три блока входят в любую робототехническую систему имея разную модификацию, с учетом назначения робота.

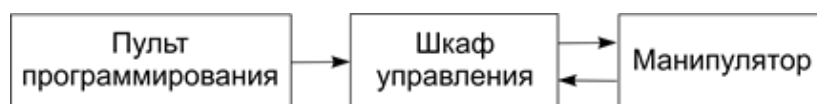


Рисунок 2 - Блочная схема промышленного робота GR-C

С помощью изучения трех самостоятельных блоков можно реализовать связи между дисциплинами механика, электротехника и программирование. Наиболее рациональной формой организации процесса обучения в этом случае являются практические и лабораторные занятия с демонстрацией робототехнической системы.

Теория

Манипулятор с точки зрения механики представляет собой ряд кинематических цепей, соединенных кинематическими парами. В промышленных манипуляторах используются поступательные и вращательные кинематические пары пятого класса. Такие одноподвижные кинематические пары обеспечивают движение звена относительно одной координаты, а значит требуют один привод. Различное сочетание поступательных и вращательных пар создают необходимую рабочую зону манипулятора и обеспечивают заданные кинематические характеристики. В манипуляторе робота GR-C все кинематические пары - вращательные. Для определения степени подвижности манипулятора обучающий должен знать формулу Сомова-Малышева:

$$W = 6n - 5p_5 - 4p_4 - 3p_3 - p_2 - p_1, \quad (1)$$

где n – число подвижных звеньев,

p_i – число кинематических пар i -го класса.

Для манипуляторов с кинематическими парами 5-го класса формула принимает вид:

$$W = 6n - 5p_5. \quad (2)$$

Чтобы пользоваться формулами (1) и (2) студент должен изучить классификацию кинематических пар и отличать кинематические пары 5-ого класса от кинематических пар 4-ого класса и т.д. Структурная классификация механизмов увязана с методами их кинематического и силового анализа и к механизмам одного и того же семейства приложимы общие методы их кинематического и силового анализа. Изучив законы изменения скоростей и ускорений, воспроизводимую форму движения, законы передачи сил и мощностей конкретного манипулятора, обучающийся получает знания по целому семейству механизмов и может применить методы расчёта к другой механической системе. Знания по структурному анализу и синтезу механизма, в так же методы расчета его кинематических и динамических характеристик студент получает из курса теории машин и механизмов. В настоящее время данный курс осваивается при изучении предмета прикладная механика.

Согласно классификации, представленной на рисунке 3, промышленный робот GR-C относится к 6-и подвижному стационарному напольному роботу, имеющему комбинирован-

ную систему координат с электрическим приводом. Механическая структура робота содержит шесть серводвигателей, приводящих через редукторы в движение шесть совместных валов – шесть активных суставов. Под воздействием приводов робота звенья манипулятора и его захватное устройство совершают определенные перемещения в пространстве. Таким образом, робот имеет шесть степеней свободы: вращение вокруг осей: J_1, J_2, J_3, J_4, J_5 и J_6 и относится к промышленному шестиступенчатому серийному роботу. В производственных процессах такие робототехнические системы нашли широкое применение [8-11], поэтому изучение на практике данной конструкции является важным учебным процессом.



Рисунок 3 - Классификация манипуляторов промышленных роботов

Классификацию робототехнической системы с точки зрения характеристик, влияющих на динамику движения, можно представить, как:

- 1) по характеру протекающих процессов:
 - непрерывная динамика;
 - гибридная.
- 2) по типу базы:
 - стационарный робот, с фиксированной базой.
 - роботы с подвижной (плавающей базой называются – мобильные).
- 3) по отношению числа степеней свободы системы n и числа независимых управлений m :
 - полноприводные $n = m$;
 - неполноприводные: $n > m$;
 - избыточные: $n < m$.
- 4) по виду связей между обобщёнными координатами:
 - с голономными (интегрируемыми) ограничениями
 - с неголономными (неинтегрируемыми связями)

Промышленный робот GR-C, предназначенный для учебного процесса, согласно вышеприведенной классификации, является стационарным, полноприводным с непрерывной динамикой и голономными ограничениями.

Далее студент знакомится с типами компоновочных схем промышленных роботов, которые определяются используемой системой координат. Под компоновкой промышленного робота следует понимать последовательность чередования кинематических пар от базового до выходного звена. Роботы могут работать в прямоугольной декартовой, цилиндрической, сферической, угловой и комбинированной системе координат.

Объединенная система координат (рис. 4) промышленного робота GR-C включает в себя:

- базовую систему координат,
- систему координат инструмента,

- пользовательскую систему координат.

Центром базовой системы координат принимается центр тяжести базы робота. Центр система координат инструмента находится на острие конца руки робота. В данной точке координаты равны нулю. Основываясь на настройке системы координат инструмента, робот будет иметь параллельное движение и ориентационное движение, центрируясь в исходном положении. Пользовательская система координат используется для определения положения и угла наклона заготовок и обеспечивает удобства для обучения и программирования.

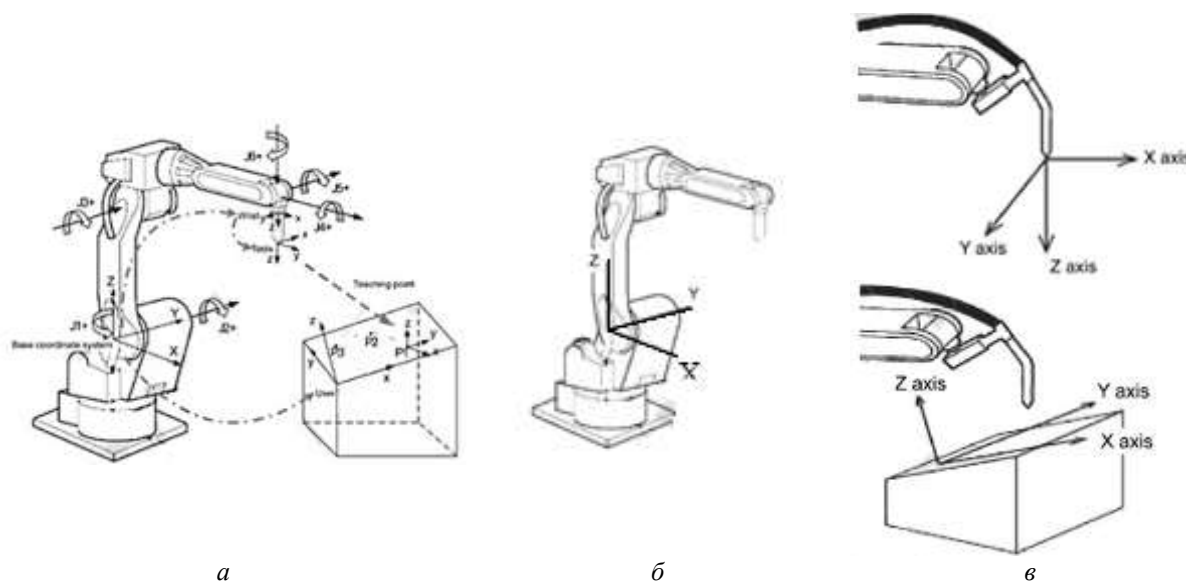


Рисунок 4 - Системы координат робототехнической системы:

*а – объединенная система координат, б – базовая система координат,
в – система координат инструмента и пользовательская система координат*

Система промышленного робота может вызывать различные пользовательские системы координат инструмента в программах для реализации более эффективного и гибкого программирования робота в сложных условиях работы, где задействованы несколько инструментов и рабочих станций. Используемая системы координат промышленного робота определяет его структурную схему и, следовательно, кинематику и динамику движения, а также форму рабочей зоны [12-15].

Шкаф управления электрооборудованием является основной частью управления роботом, содержащий встроенные электрические элементы, электроприводы, блок системы управления, интерактивные порты и другие компоненты. Наличие в конструкции серводвигателей вызывает необходимость изучения редукторов, характеристик двигателей и способы управления движением [16]. Подбор того или иного типа двигателя и принципа системы управления движением для конкретной робототехнической системы является одной из основных задач инженера-разработчика. В серводвигателях применяются различные типы двигателей: шаговые двигатели, коллекторные двигатели постоянного тока, асинхронные двигатели. Наиболее широко в робототехнических системах используются шаговые двигатели, так как они имеют характеристики обеспечивающие эффективную работу манипулятора: точное позиционирование, высокую скорость старта, реверса и остановки, широкий диапазон изменения скорости. Шаговые двигатели в свою очередь делятся на двигатели с переменным магнитным сопротивлением, с постоянными магнитами и гибридные. Для выбора того или иного класса шагового двигателя обучающий должен знать его конструкцию, типы и их сравнительных характеристики (рис. 5). Изучение типов двигателей их конструктивные особенности, технические и пользовательские характеристики студент изучает в курсе детали машин. В этом же курсе он знакомится с типами редукторов и их компоновочными схемами.



а



б

Рисунок 5 – Компоненты привода: *а* - двигатель серии SJTR,
б - синхронный сервопривод переменного тока GE

В промышленном роботе, применяемом для учебного процесса, встроен двигатель серии SJTR, который обладает оптимальной электромагнитной конструкцией, низким уровнем шума, надежностью. В нем используется высокопроизводительный редкоземельный материал с постоянным магнетизмом, имеющий отличные характеристики на низких скоростях и способностью к большим перегрузкам (3 раза). Эффективность двигателя определяется его высоким коэффициентом инерции и крутящим моментом. Коэффициент инерции - это отношение инерции двигателя к его нагрузке. Высокоточный подшипник, используемый в серводвигателе обеспечивает стабильности и надежности работы двигателя, низкий уровень вибрации и шума при работе в диапазоне высоких скоростей. Типы подшипниковых узлов, разновидность и сравнительные характеристики подшипников изучаются в курсе детали машин.

Перечень используемых в серводвигателях датчиков обширен: сельсинный, оптический инкрементальный энкодер, оптический абсолютный энкодер, синусно-косинусный вращающийся трансформатор (СКВТ); резольвер; линейные магнитные шкалы; индукционный (технология Spherosyn); ультразвуковой (технология Tempsonics); емкостной. Для обеспечения высокоточного управления используется 17 разрядный высокоскоростной и высокоточный фотоэлектрический датчик.

Система управления электроприводами (СУЭП) оптимизирует траекторию движения органов манипулятора, регулирует скорость, правильно распределяет нагрузку между рычагами, кроме того осуществляет сигнализацию, защиту и блокировку [17, 18]. Студент должен иметь представление о типовых узлах электрических схем СУЭП, знать принцип их работы. Знания об электрооборудовании обучающий получает в курсе электротехника.

Результаты и обсуждение

Современная система дистанционного управления GSK позволяет роботу оптимизировать ускорение/замедление исходя из фактической нагрузки, насколько это возможно, чтобы сократить продолжительность рабочего периода. Робот может контролировать движение и нагрузку, а также оптимизировать требования к обслуживанию с помощью встроенной информационной системы (SIS), которая обеспечивает повышенную продолжительность непрерывного рабочего периода. Встроенный контроллер робота на основе аппаратной структуры ARM + DSP + FPGA с управлением по 4-8 осям, быстродействие арифметического устройства до 500 миллионов операций в секунду, высокоскоростная шина управления движением Ethernet RS232, RS485, CAN и любой интерфейс DeviceNet, непрерывное отслеживание обучения и онлайн-обучение, функции дистанционного мониторинга и диагностики. Внутренняя шина робота (GSK-Link): высокая скорость управления в реальном времени, устранение противоречий между пропускной способностью и управлением в реальном времени, сочетание скорости передачи данных и управления в реальном времени, решение проблем взаимодействия передачи данных в реальном времени между различными модулями. Технология динамического контроля идентификации с самоадаптацией: с учетом силы тяжести, силы Кориолиса, центробежной силы и иных внешних сил, применяется технология контроля идентификации с самоадаптацией для улучшения динамических характеристик робота.

Имеется возможность удобной настройки параметров сервопривода. Изменение параметров сервомотора и мониторинга состояния сервомотора может быть выполнено в системном интерфейсе робота. В абсолютных сервоприводах GE в сочетании с системами роботизированной шины можно реализовать функцию сохранения данных после отключения питания системы координат и приступить к работе без отладки после повторного включения питания.

Программирование робототехнических систем это написание программ для взаимодействия механики и электроники [19, 20]. Для роботов применяют несколько языков программирования разного уровня. Это может быть C++, Java, Python и ряд других. Также используют разные среды программирования и подходы. Языки программирования, элементную базу – большие интегральные схемы, микропроцессоры, периферийное оборудование изучается студентами в курсе информационных систем.

Пульт для программирования – это устройство взаимодействия человека с машиной в системе промышленных роботов. Это переносной порт обмена данными и интерфейс взаимодействия человек-машина для пользователя. С помощью кулона для программирования пользователь может напрямую управлять роботом, отслеживать, запрашивать и вводить новые данные. Подвеска для программирования содержит клавиши на панели и дисплей. На дисплее отображается информация о состоянии текущего экрана. На задней стороне пульта установлен переключатель разрешения. Функциональный интерфейс промышленного робота включает три области: область навигации, область числовой информации и область операций. Программирование промышленного робота осуществляется с помощью специального обучающего пульта с большим ЖК-дисплеем. Есть возможность проверки работы позиционирования робота после программирования, без нагрева паяльника и подачи припоя. Функциональный интерфейс промышленного робота включает восемь областей отображения: область контекстного меню, область отображения состояния системы, панель навигации, область главного меню, область отображения времени, область отображения положения, область списка файлов, область диалога «человек-машина».

Промышленный робот GR-C относится к обучаемым робототехническим системам. Обучение робота относится к процессу управления движением робота с помощью ручного манипулирования на программируемой подвеске, чтобы заставить робота переместиться в заданное целевое положение и записать пространственную информацию о положении. Используются системы координат для представления позиций и позиций/отношений. Для операции обучения робота студенту необходимо обладать навыками программирования, которые он получает при изучении курса основы алгоритмизации и программирования.

Выводы

Таким образом, с целью повышения качества образования в связи с роботизацией производственных процессов в учебный процесс необходимо внедрять промышленные роботизированные системы. В производстве распространены шестиосные промышленные роботы, поэтому изучение такого робота является наиболее целесообразно. Обучение техническим дисциплинам с использованием робототехнической системы позволяет установить связи между блоками различных дисциплин, таких как механика, электротехника, информационные системы и программирование и сделать процесс обучения в целом более мотивированным и осмысленным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев Г.В., Башева Е.П. Виртуальная лабораторная работа как элемент учебно-исследовательской работы студента // Высокие интеллектуальные технологии и инновации в национальных исследовательских университетах: Материалы Международной научно-методической конференции. - 2014. - С. 4-6.
2. Марус Ю.В., Коваленко Е.В., Геращенко И.П. Применение активных форм в электронной информационно-образовательной среде как средство повышения результативности обучения студентов направления подготовки «туризм» // Современные проблемы науки и образования. - 2019. - №3. - С. 27-36.
3. Рабочая программа дисциплины технология производства, ремонта и утилизации транспортно-технологических машин. - Орел: ОГУ.им. И.С.Тургенева, 2020. – 19 с.
4. Шакиров К.Ф. Универсальный подход для создания виртуальных лабораторных работ в работе преподавателя высшей школы // Вестник современных исследований. - 2018. - №9.3(24). - С. 324-326.

5. Старостенко К.В., Чекулаев А.А. Модернизация высшего образования в Российской Федерации: актуализация защиты национальных интересов // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: Гуманитарные и социальные науки. - 2014. - №2(58). - С. 234-138.
6. Зиниченко А.Н. Опыт использования компьютерной обучающей системы в азовском морском институте // Вестник приазовского государственного технического университета. Серия: Технические науки. - №33. – Мариуполь: ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет». - 2016. - С. 147-152.
7. Алёшичев С.Е., Бриденко И.И., Моторин В.М., Шишкин Е.В., Шатковский Ф.А. Виртуальная лабораторная работа «Исследование параллельной работы центробежных насосов» // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2019619068 от 10.07.2019.
8. Доброва Л.В. Совершенствование методики преподавания общепрофессиональных дисциплин в высшей технической школе // Курск: Вестник КГУ им. Н.А. Некрасова. - №4. - 2008. - С. 133-137.
9. Прохоренко А.В., Римлянд В.И. Виртуальные лабораторные работы как метод самостоятельной работы студентов // ТОГУ-СТАРТ: Фундаментальные и прикладные исследования молодых: Материалы региональной научно-практической конференции. – Хабаровск. - 2021. - С. 428-434.
10. Грядунова Е.Н., Горин А.В., Токмаков Н.В. Тенденции развития высшего технического образования в России // Психолого-педагогическое сопровождение образовательного процесса: проблемы, перспективы, технологии: материалы VI Международной научно-практической конференции – Орел: ОГУ имени И.С. Тургенева. - 2019. – С. 110-113.
11. Полякова Т.Ю. Современные тенденции развития инженерной педагогики // Высшее образование в России. - 2019. - Т. 28. - №12. - С. 132-140.
12. Хасанова Г.Б. Требования работодателей к выпускникам инженерных вузов // Казань: Вестник Казанского технологического университета. - 2012. - Т. 15. - №20. - С. 215-217.
13. Царева Е.Е., Фахретдинова Г.Н., Зиннатуллина Л.М., Дулалаева Л.П. Компетенции в инженерном образовании в странах Евросоюза // М.: Научное обозрение. Педагогические науки. - 2020. - №2. - С. 15-19.
14. Дёмина О.А., Тепленёва И.А. О трансформации методического мышления преподавателей вузов // М.: Высшее образование в России. - 2020. - Т. 29. - №7. - С. 156-167.
15. Короли М.А., Таниев М.Х. Предлагаемая методика проведения практических занятий по дисциплине «методика преподавания специальных дисциплин» // Обучение и воспитание: методика и практика. - №25. – Ташкент: Ташкентский государственный технический университет. - 2016. - С. 15-23.
16. Иркутская В.И. ВТО и модернизация системы высшего образования в России // Томск: Вестник Томского государственного педагогического университета. - 2011. - №4. - С. 45-47.
17. Кисель О.В., Дубских А.И., Бутова А.В. Трудности применения студентоцентрированного подхода в российском высшем образовании // М.: Высшее образование в России. - 2020. - Т. 29. - №8-9. - С. 95-103.
18. Национальный совет при президенты Российской Федерации по профессиональным квалификациям. Письмо от 18 апреля 2019 г. N НСПК-53/01 [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://tkrfkod.ru/zakonodatelstvo/pismo-natsionalnogo-soveta-ot-18042019-n-nspk-5301>
19. Базылев В.Н. Индикаторы достижения компетенции: возможности практического моделирования // М.: АНО ВО «Открытый гуманитарно-экономический университет. Инновации в образовании». - №01. - 2021 С. 5-24.
20. Демин С.Е., Демина Е.Л. Математическая статистика. - Нижний Тагил: УрФУ, 2016. – 284 с.

Грядунова Елена Николаевна
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: gryadunova65@mail.ru

Якунина Мария Андреевна
Орловский государственный университет
имени И.С. Тургенева
Адрес: 302020, Россия, г. Орёл, Наугорское шоссе, 29
Студент
E-mail: gryadunova6565@mail.ru

Серебренников Артем Дмитриевич
Орловский государственный университет
имени И.С. Тургенева
Адрес: 302020, Россия, г. Орёл, Наугорское шоссе, 29
Студент
E-mail: tokmakova2303@gmail.com

Васильев Кирилл Владимирович
Орловский государственный университет
имени И.С. Тургенева
Адрес: 302020, Россия, г. Орёл, Наугорское шоссе, 29
Студент
E-mail: rodfox@yandex.ru

E.N. GRYADUNOVA, M.A. YAKYNINA, A.D. SEREBRENNIKOV, K.V. VASILIEV

USE OF INDUSTRIAL ROBOT AS EDUCATIONAL EQUIPMENT FOR STUDENT TRAINING TRANSPORT SPECIALTIES

***Abstract.** The article considers the possibilities of using a robotic system for conducting practical and laboratory classes in a number of disciplines studied by students of transport specialties. The analysis of the characteristics of the industrial robot GR-C was carried out in accordance with*

the developed classification schemes. The need for an integrated approach to the study of a block of disciplines, such as mechanics, electrical engineering and programming, is shown.

Keywords: industrial robot, robotization, robotic systems, manipulator, servo drive, programming, student

BIBLIOGRAPHY

1. Alekseev G.V., Basheva E.P. Virtual'naya laboratornaya rabota kak element uchebno-issledovatel'skoy raboty studenta // Vysokie intellektual'nye tekhnologii i innovatsii v natsional'nykh issledovatel'skikh universitetakh: Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-metodicheskoy konferentsii. - 2014. - S. 4-6.
2. Marus Yu.V., Kovalenko E.V., Gerashchenko I.P. Primenenie aktivnykh form v elektronnoy informatsionno-obrazovatel'noy srede kak sredstvo povysheniya rezul'tativnosti obucheniya studentov napravleniya podgotovki «turizm» // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. - 2019. - №3. - S. 27-36.
3. Rabochaya programma distsipliny tekhnologiya proizvodstva, remonta i utilizatsii transportno-tekhnologicheskikh mashin. - Orel: OGU.im. I.S.Turgeneva, 2020. - 19 s.
4. Shakirov K.F. Universal'nyy podkhod dlya sozdaniya virtual'nykh laboratornykh rabot v rabote prepodavatelya vysshey shkoly // Vestnik sovremennykh issledovaniy. - 2018. - №9.3(24). - S. 324-326.
5. Starostenko K.V., Chekulaev A.A. Modernizatsiya vysshego obrazovaniya v Rossiyskoy federatsii: aktualizatsiya zashchity natsional'nykh interesov // Uchenye zapiski Orlovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Gumanitarnye i sotsial'nye nauki. - 2014. - №2(58). - S. 234-138.
6. Zinovchenko A.N. Opyt ispol'zovaniya komp'yutornoy obuchayushchey sistemy v azovskom morskoy institutе // Vestnik priazovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Tekhnicheskie nauki. - №33. - Mariupol': GVUZ «Priazovskiy gosudarstvennyy tekhnicheskoy universitet». - 2016. - S. 147-152.
7. Alioshichev S.E., Bridenko I.I., Motorin V.M., Shishkin E.V., Shatkovskiy F.A. Virtual'naya laboratornaya rabota «Issledovanie parallel'noy raboty tsentrobezhnykh nasosov» // Svidetel'stvo o registratsii programmy dlya EVM RU 2019619068 ot 10.07.2019.
8. Dobrova L.V. Sovershenstvovanie metodiki prepodavaniya obshcheprofessional'nykh distsiplin v vysshey tekhnicheskoy shkole // Kursk: Vestnik KGU im. N.A. Nekrasova. - №4. - 2008. - S. 133-137.
9. Prokhorenko A.V., Rimlyand V.I. Virtual'nye laboratornye raboty kak metod samostoyatel'noy raboty studentov // TOGU-START: Fundamental'nye i prikladnye issledovaniya molodykh: Materialy regional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Habarovsk. - 2021. - S. 428-434.
10. Gryadunova E.N., Gorin A.V., Tokmakov N.V. Tendentsii razvitiya vysshego tekhnicheskogo obrazovaniya v Rossii // Psikhologo-pedagogicheskoe soprovozhdenie obrazovatel'nogo protsessа: problemy, perspektivy, tekhnologii: materialy VI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii - Orel: OGU imeni I.S. Turgeneva. - 2019. - S. 110-113.
11. Polyakova T.Yu. Sovremennye tendentsii razvitiya inzhenernoy pedagogiki // Vysshee obrazovanie v Rossii. - 2019. - T. 28. - №12. - S. 132-140.
12. Hasanova G.B. Trebovaniya rabotodateley k vypusknikam inzhenernykh vuzov // Kazan': Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. - 2012. - T. 15. - №20. - S. 215-217.
13. Tsareva E.E., Fakhretdinova G.N., Zinnatullina L.M., Dulalaeva L.P. Kompetentsii v inzhenernom obrazovanii v stranakh Evrosoyuza // M.: Nauchnoe obozrenie. Pedagogicheskie nauki. - 2020. - №2. - S. 15-19.
14. Diomina O.A., Tepleniova I.A. O transformatsii metodicheskogo myshleniya prepodavateley vuzov // M.: Vysshee obrazovanie v Rossii. - 2020. - T. 29. - №7. - S. 156-167.
15. Koroli M.A., Taniev M.H. Predlagaemaya metodika provedeniya prakticheskikh zanyatiy po distsipline «Metodika prepodavaniya spetsial'nykh distsiplin» // Obuchenie i vospitanie: metodika i praktika. - №25. - Tashkent: Tashkentskiy gosudarstvennyy tekhnicheskoy universitet. - 2016. - S.15-23.
16. Irkutskaya V.I. VTO i modernizatsiya sistemy vysshego obrazovaniya v Rossii // Tomsk: Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. - 2011. - №4. - S. 45-47.
17. Kisel' O.V., Dubskikh A.I., Butova A.V. Trudnosti primeneniya studentotsentrirovannogo podkhoda v Rossiyskom vysshem obrazovanii // M.: Vysshee obrazovanie v Rossii. - 2020. - T. 29. - №8-9. - S. 95-103.
18. Natsional'nyy sovet pri prezidenty Rossiyskoy Federatsii po professional'nykh kvalifikatsiyam. Pis'mo ot 18 aprelya 2019 g. N NSPK-53/01 [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://tkrfkod.ru/zakonodatelstvo/pismo-natsionalnogo-soveta-ot-18042019-n-nspk-5301>
19. Bazylev V.N. Indikatory dostizheniya kompetentsii: vozmozhnosti prakticheskogo modelirovaniya // M.: ANO VO «Otkrytyy humanitarno-ekonomicheskoy universitet. Innovatsii v obrazovanii». - №01. - 2021 S. 5-24.
20. Demin S.E., Demina E.L. Matematicheskaya statistika. - Nizhniy Tagil: UrFU, 2016. - 284 s.

Gradynova Elena Nikolaevna

Orel State University

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

Candidate of technical sciences

E-mail: gryadunova65@mail.ru

Serebrennikov Artem Dmitrievich

Orel State University

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

Student

E-mail: tokmakova2303@gmail.com

Yakynina Maria Andreevna

Orel State University

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

Student

E-mail: gryadunova6565@mail.ru

Vasiliev Kirill Vladimirovich

Orel State University

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

Student

E-mail: rodfox@yandex.ru

СОЦИАЛЬНО-ТРАНСПОРТНОЕ РЕЙТИНГОВАНИЕ СЕРВИСОВ ИТС

Аннотация. В статье рассматривается система социально-транспортного рейтингования. На примере участка Каширского шоссе проведен анализ работы сервисной системы. Для анализа предлагаемой системы был выбран сервис – «Сервисная полоса». По результатам имитационного моделирования данный сервис показал лучшие результаты по сравнению с мероприятием по увеличению пропускной способности участка. Применение рейтингования позволит осуществить качественный отбор пользователей для сервиса, что улучшит показатели безопасности дорожного движения.

Ключевые слова: интеллектуальная транспортная система (ИТС), сервисы ИТС, транспортный рейтинг, транспортная мобильность, транспортный спрос, поведение водителя

Введение

Сейчас в Российской Федерации наблюдается тенденция к сокращению количества средств фото- и видеофиксации, тем самым форсируя разработку мер саморегулирования транспортной системы. Одной из таких мер является создание системы социально- транспортного рейтингования.

Создание, внедрение и использование интегрированных интеллектуальных транспортных систем (ИТС) за последние десятилетия стало одной из важнейших тенденций в развитии автомобильного и городского электрического транспорта во всем мире [2, 4]. Целью этих систем является решение следующих ключевых проблем, стоящих перед транспортом:

- повышение эффективности транспортных процессов (ТП), в том числе за счет уменьшения заторов на улицах и дорогах;
- повышение безопасности дорожного движения (БДД), в первую очередь сокращение числа погибших и пострадавших в дорожно-транспортных происшествиях (ДТП);
- повышение экологичности автомобильного транспорта, в первую очередь сокращение вредных выбросов в атмосферу;
- повышение удобства и комфорта пользования автомобильным и городским электрическим транспортом, как водителями, так и пассажирами.

ИТС сервисы не могут комфортно развиваться без создания новой области знаний. В итоге это позволит перейти от «общего к частному» и предоставлять сервисы пользователям на основе индивидуального подхода, основанного на метрике их рейтинга.

Система социально-транспортного рейтингования позволит установить формат правильного поведения в транспортной системе, соответствуя которому водители смогут сделать свою мобильность дешевле, быстрее и комфортнее [8, 11].

Материал и методы

Согласно статистике, транспортный спрос в крупных городах существенно превышает пропускную способность улично-дорожной сети (УДС) [12]. К примеру, в г. Москве график интенсивности образует так называемую двугорбую диаграмму с двумя проблемными зонами, связанными с «часами пик». Именно в эти периоды растет спрос на сервисы мобильности. Внедрение системы социально-транспортного рейтингования позволит улучшить работы этих сервисов, в которых воздействие перейдет не на пользователя, как на какую-то опосредованную единицу, а позволит на основе анализа большого количества данных оценить действия пользователя внутри транспортной системы и выставить ему некое цифровое значение - рейтинг.

Рейтинг сводит большое количество разнообразной информации к одному числу и простому критерию сравнения больше-меньше. Рейтинги востребованы, когда необходимо сделать быстрый (или легкий) выбор на основе некоторых данных, но что-нибудь мешает этой легкости - либо данных слишком много, либо их трудно получить, либо их трудно анализировать (для анализа нужны специфические знания). Сервисы ИТС создают среду быстрорастущего объема разнообразных данных [13, 15]. В сложившихся условиях формирования данных растет и актуальность рейтингов.

С точки зрения социологии и психологии алгоритм должен учитывать ключевые индикаторы взаимодействия человека с транспортной системой, тезисы и соображения, касающиеся формирования репутации человека в этой среде [1, 3].

С точки зрения вычислительной математики и программирования алгоритм должен обеспечивать быструю обработку большого объема данных. На первый взгляд техническая сторона второстепенна, но при росте объема обрабатываемых данных нелинейно растут требования к вычислительным и прочим ресурсам, что приведет к значительным расходам по проекту [14, 17].

С точки зрения пользователей необходимо обеспечить прямую и явную зависимость между их поведением и изменением их рейтинга. Если имеются скачки рейтинга, не связанные с поведением пользователей, это деморализует людей и подрывает доверие к системе в целом.

Эти аспекты взаимосвязаны: например, наиболее важные социологические факторы необходимо учесть изначально, чтобы добавление новых не приводило к тем самым скачкам рейтинга. То же самое можно сказать о программно-математической реализации - алгоритм должен быть таким, чтобы добавление новых факторов не приводило к существенному его изменению и как следствие к скачкам рейтинга.

Теория / Расчет

Долгое время математическое моделирование являлось практическим инструментом прогнозирования и управления транспортными заторами [6, 7, 9]. В новой парадигме появляется иной инструмент – управление спросом на мобильность.

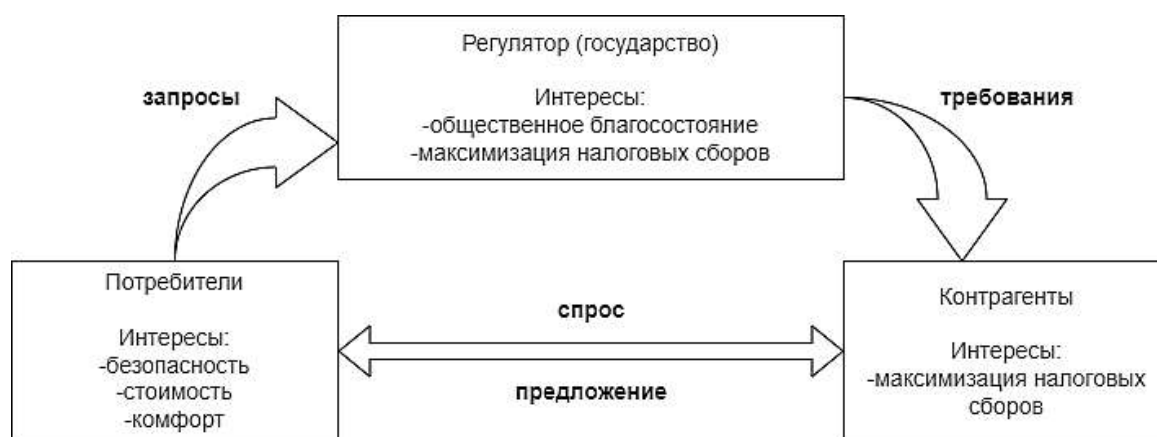


Рисунок 1 – Интересы участников

Спрос на мобильность зависит от следующих факторов:

- интересы потребителей. В основе запросов потребителей на транспортные услуги всегда будет три составляющих: безопасность, приемлемость цены и удобство. Их в свою очередь можно разложить на такие факторы как: скорость, время в пути, уровень загрузки и т.д. При оценивании интересов потребителей используется выборочный социальный опрос, который позволяет получить обратную связь основываясь на демографической;

- интересы контрагентов. Контрагенты – поставщики транспортных услуг. В основе их мотивации лежит получение прибыли, и они будут стремиться к ее увеличению. В рыночной экономике прибыль напрямую зависит от качества и конкурентоспособности предоставляемых услуг, поэтому естественным стремлением контрагентов будет оптимизация и по-

вышение эффективности бизнеса (с поправкой на специфику отрасли и необходимость государственной поддержки);

– интересы регулятора. Стремления регулятора, как представителя государства направлены в сторону максимизации прибыли от налогов и выявления потенциально опасных участников транспортной системы.

Результатом работы рейтинговой системы будет являться приведенный рейтинг. Рейтинг формируется на базе вычислений внутреннего и внешнего блоков работы алгоритма. Приведенный рейтинг – это число от 1-100 (рис. 2).

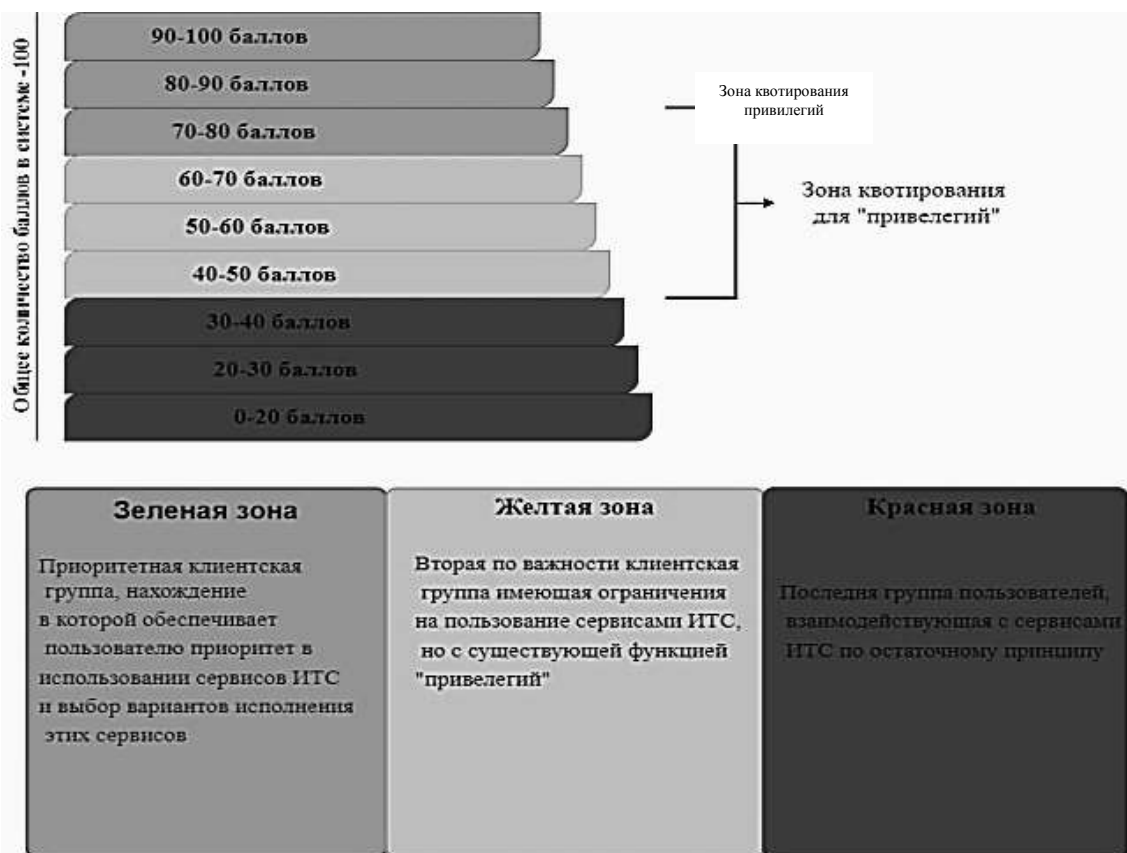


Рисунок 2 – Рейтинговая шкала

Математическая составляющая рейтинговой системы

Основными элементами алгоритма являются:

– участник рейтинговой системы – объект, подлежащий оценке в данной рейтинговой системе.

– коэффициент приведения (оценка участника) – неотрицательное число, характеризующее один из аспектов (свойств, показателей полезности) участника рейтинговой системы, в заданном числовом диапазоне.

Коэффициенты приведения подбираются индивидуально под каждый сервис мобильности: нарушения ПДД, вид т/с, плотность перемещения в регионе внедрения сервиса, стоимость корреспонденции, смещение приоритетности клиентских групп, а также динамика транспортного рейтинга за период одного года, которая будет лежать в основе расчета допуска клиента к привилегии.

Внутренний блок расчета рейтинга

Поведение водителя рассматривается в качестве наиболее влиятельного фактора снижения числа ДТП со смертельным исходом и связанных с ними травм. Таким образом, важно сосредоточить внимание на значении критериев поведения водителей для решения вопросов БДД для устойчивой системы дорожного движения (ДД) [5]. Цель состоит в том, чтобы перечислить наиболее важные факторы поведения водителей, которые оказывают критическое воздействие на БДД. Процесс аналитической иерархии (АИР) был применен для 20 изученных факторов поведения водителя в трехуровневой иерархической структуре (рис. 3). Данные лингвистических суждений были собраны от трех назначенных групп экспертов по

оценке в целях выявления различий в ответах по предполагаемым вопросам БДД. Шкалы сравнения были усреднены до вычисления весов факторов поведения водителя. Результаты ранжирования АНР показали, что большинство водителей больше всего обеспокоены «ошибками». Наиболее влиятельными подкритериями для второго уровня являются «агрессивные нарушения» и для третьего уровня - «вождение в алкогольном опьянении».

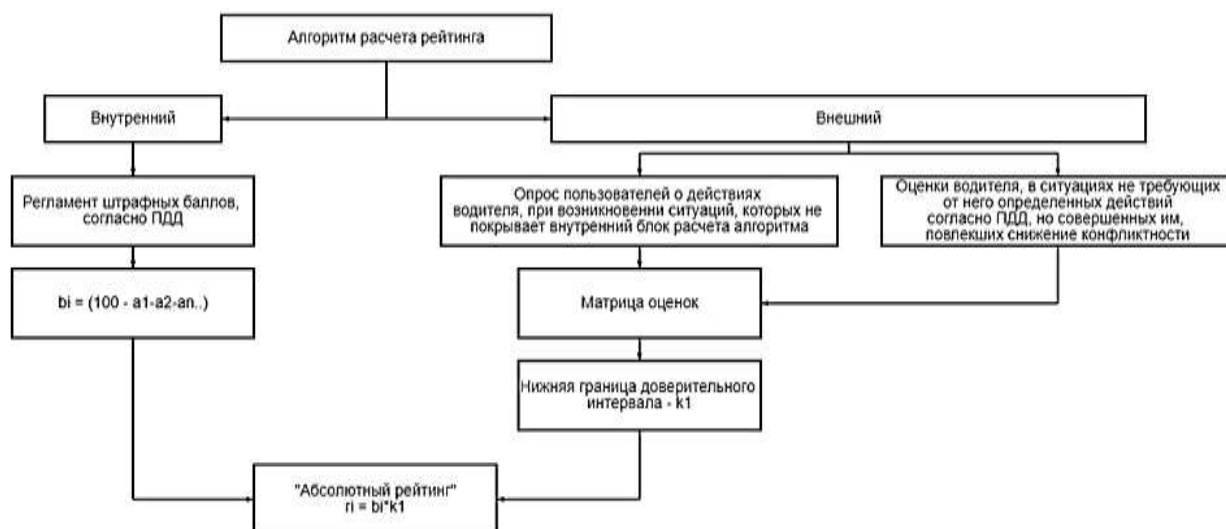


Рисунок 3 – Алгоритм расчета рейтинга

Наиболее значительное влияние на риск возникновения аварии оказывают человеческие факторы. В ходе исследования было проведено ранжирование поведенческих аспектов водителя (рис. 4). Первый уровень включает три основных критерия поведения водителя, таких как «Провалы», «Нарушения» и «Ошибки». Второй уровень предусматривает распределение этих основных критериев поведения водителя по соответствующим подкритериям. Впоследствии третий уровень открывает доступ к дальнейшему распределению двух подкритериев, таких как обычные и агрессивные нарушения, по соответствующим подкритериям.

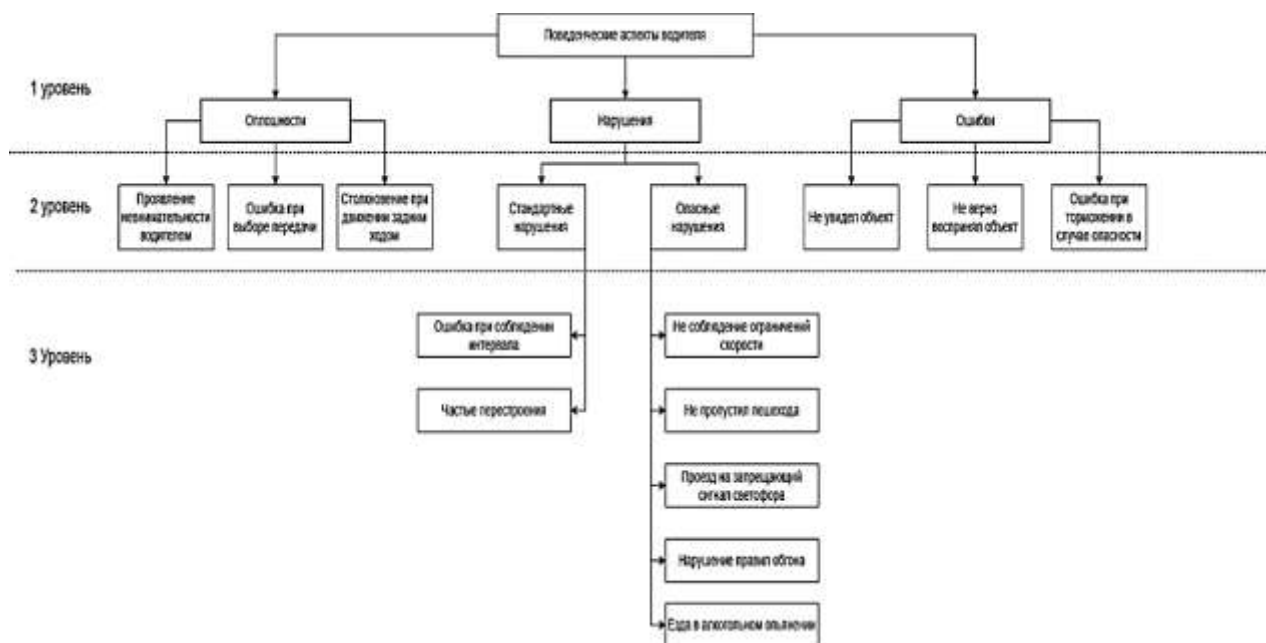


Рисунок 4 – Поведенческие аспекты водителя

Окончательный общий рейтинг критериев поведения водителя измерялся на основе ответов исследуемой группы водителей с использованием процедур методики Кендалла. Метод среднего геометрического был реализован для получения согласованных оценок для всех групп оценщиков.

Значение элементов поведения водителя, определяющих БДД, имеет решающее значение и трудно поддается оценке. Основным вкладом этого исследования является комбинированное использование популярных мультикритериальных методов для ранжирования и приоритизации критических критериев поведения водителя, а не применения анализа статистических данных. Однако, внедренная модель не заменяет статистические расчеты, но она вполне применима для их изменения путем приобретения знаний человеком. Метод использовался для отражения выбора, основанного на группах оценщиков, в то время как степень корреляции Кендалла применялась для оценки корреляции между исследуемыми группами на основе предполагаемых проблем безопасности дорожного движения.

Этот объединенный процесс может служить вспомогательным инструментом для оказания помощи лицам, принимающим решения, в определении приоритетности важных критериев поведения водителей для применения эффективной и устойчивой системы БДД. Основной новизной является определение и количественная оценка существенных критериев поведения водителя с использованием метода попарного сравнения. Результаты исследования показали, что «Оплошности» являются наиболее значимым критерием поведения водителя, основанным на оценке ответов молодых водителей и опытных водителей на воспринимаемые проблемы БДД, в то время как иностранные водители оценили «Ошибки» как наиболее значимые критерии, влияющие на БДД. Общие результаты для первого уровня также показали более высокие ранги за «Ошибки» и «Оплошности» по сравнению с «Нарушениями». Окончательные результаты АНР для подкритериев имеют решающее значение. Общие результаты второго уровня определили, что «Агрессивное нарушение» является наиболее критическим подкритерием, а «Обычное нарушение» - последним ранжированным подкритерием. Также для третьего уровня «Вождение с употреблением алкоголя» был наиболее значимым подкритерием, а «Часто изменение полосы» - последним ранжируемым подкритерием. Метод корреляции Кендалла определил корреляцию между группами оценщиков для изученных критериев поведения водителя для каждого уровня. Эта корреляция была выше среди групп оценщиков на третьем уровне по сравнению с другими уровнями.

Внешний блок расчета рейтинга

В системе социально-транспортного рейтингования при невозможности объективного рассмотрения правонарушения, совершенного водителем, другим пользователям – участникам (свидетелям) правонарушения необходимо оценивать действия водителя. Предполагается выведение вопроса на любой интерфейс – «Считаете ли вы что действия водителя автомобиля х гос. Номером xxxxxx соответствовали правилам дорожного движения?» (Да/Нет). Этот отдельно рассчитываемый «субъективный рейтинг» будет являться одной из переменных в конечной формуле расчета рейтинга. Сам же «субъективный рейтинг» должен точно отображать результат оценивания водителя другими пользователями.

Внешний блок вычисления рейтинга пользователя будет значительно влиять на приведенный рейтинг, представляя собой в конечном счете коэффициент k_1 (0-1) (рис. 3).

Функция «привилегий»

Преследуя основную цель системы социально-транспортного рейтингования, была создана функция «привилегий». Функция представляет собой одноразовый платный доступ к следующей зоне по градации, что позволит пользователю использовать весь функционал из следующей зоны, мотивируя его на продвижение в рейтинге (рис.2). Использование привилегиями будет осуществляться в ограниченном количестве, по квотам, которые распределены следующим образом:

- для всех зон жёлтой подгруппы – 1 раз в месяц;
- для нижней зоны зеленой подгруппы – 2 раза в месяц.

Конечный вариант исполнения этой функции будет индивидуален для каждого сервиса ИТС. Ключевым фактором допуска пользователей к привилегиям будет их динамика рейтинга на отрезке времени – 3 месяца.

Надежный пользователь системы – тот пользователь, приведенный рейтинг которого на протяжении 3 месяцев имел положительную динамику, а именно повышение рейтингового значения не менее чем на 10 баллов за указанный период и при отсутствии нарушений ПДД. Данная функция будет доступна только при нахождении в желтой зоне системы рейтингования.

Результатом получения привилегии будет вариант исполнения конкретного сервиса для конкретного пользователя, на алгоритм расчета приведенного рейтинга она не будет оказывать никакого влияния.

Данная функция разработана для повышения мотивации пользователей к повышению своего рейтинга внутри системы путем правильного поведения в транспортной системе, что является основной концепцией системы социально-транспортного рейтингования.

Результаты и обсуждение работы системы рейтингования

Для примера анализа работы системы социально-транспортного рейтингования был выбран сервис ИТС «Сервисная полоса», участок внедрения которого находится в районе аэропорта Домодедово (крупный объект притяжения) (рис. 5). Прогнозируемое введение, данного сервиса в совокупности с рейтинговой системой значительно повысит пропускную способность участка, ситуационно допуская водителей к сервису, основываясь на показателе их рейтинга.



Рисунок 5 – Участок для рассмотрения сервиса ИТС

Выбранный отрезок трассы А-105 ограничивается поворотом на Каширское шоссе и светофорным объектом в селе Коробово. Это прямой участок дороги, на котором есть поворот на Каширское шоссе.

Проблематика участка заключается в образованиях заторовых ситуаций в двух транспортных узлах:

- в зонах слияния/ответвления ТП с/на Каширского шоссе;
- на пересечении Каширского шоссе в селе Коробово (светофорный объект).

Для анализа работы посредством имитационного моделирования было рассмотрено два сценария: убрать светофорный объект в селе Коробово

или ввести сервисную полосу на рассматриваемом участке.

Для построения базовой модели были использованы данные, собранные натурным методом. В ходе проведенного анализа базовой модели среднее время задержки, число остановок и средняя скорость ТС увеличиваются с течением времени (табл. 1).

Таблица 1 – Показатели базовой модели

Среднее время задержки, сек.	Среднее число остановок ТС	Средняя скорость, км/ч
146,55	4,90	38,01
190,85	8,76	30,24
257,80	13,23	21,39
305,48	16,60	16,20
323,00	17,84	14,77

В результате моделирования первого сценария измеряемые показатели существенно улучшились. Среднее время задержки уменьшилось на 26 секунд (8,1 %), среднее число остановок сократилось на 2 (14,3 %), средняя скорость движения увеличилась на 3 км/ч (10,9 %).

В результате введение сервисной полосы, работа которой обеспечена с внедрением системы социально-транспортного рейтингования измеряемые показатели существенно улучшились. Среднее время задержки уменьшилось на 25 секунды (10,5 %), среднее число остановок сократилось на 3 (25,6 %), средняя скорость движения увеличилась на 3 км/ч (12,6 %).

Исходя из проведенного анализа обоих сценариев видно, что сценарий №2 «Введение сервисной полосы» является наиболее удачным. Об этом говорят положительные изменения параметров ТП, а добавление рейтинговой системы в свою очередь позволит осуществлять качественный отбор пользователей для сервиса, что значительно повысит БДД.

Выводы

Внедрение системы социально-транспортного рейтингования позволит улучшить работы ИТС сервисов, в которых воздействие перейдет не на пользователя, как на какую-то опосредованную единицу, а позволит на основе анализа большого количества данных оценить действия пользователя внутри транспортной системы и выставить ему некое цифровое значение – рейтинг [18]. Она будет являться главным инструментом в управлении спросом на мобильность в будущем и на основе алгоритма присвоения статуса человеку позволит определять возможность использования того или иного вида мобильности, его ценовую зависимость и допустимый уровень комфорта [16, 19, 20].

Создание ранжирующего алгоритма на транспорте - задача на стыке компетенций управления спросом на мобильность, психологии, математики, программирования, а также

это бизнес-задача, в которой нужно учитывать потребности целевой аудитории и рыночную нишу [8, 10].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Володина Е.Е., Девяткин Е.Е., Суходольская Т.А. Анализ развития интеллектуальных транспортных систем // Экономика и качество систем связи. – 2017. – №1(3). – С. 103-106.
2. Грабауров В.А. Интеллектуальная транспортная система как инновационная концепция развития транспорта // Наука и техника. – 2014. – №1. – С. 69.
3. Zhankaziev S. Current Trends of road-traffic infrastructure development // Transportation Research Procedia. – 2017. – Vol. 20. – P. 731-739.
4. Жанказиев С.В. Разработка проектов интеллектуальных транспортных систем: Учеб. пособие. – М.: МАДИ, 2016. – 104 с.
5. Комаров В.В., Гараган С.А. Архитектура и стандартизация телематических и интеллектуальных транспортных систем. Зарубежный опыт и отечественная практика. – М.: НТБ «Энергия». – 2012. – 178 с.
6. Комаров В.В., Гараган С.А. Интеллектуальные задачи телематических транспортных систем и интеллектуальная транспортная система // T-Comm. – 2012. – №4. – С. 34-38.
7. Бачманов М.Д., Воробьев А.И. Определение опасного вождения в задачах страховой телематики // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. – 2019. – №1(19). – С. 10.
8. Плетнев М.Г., Жанказиев С.В. ИТС в процессах управления безопасным и сервисным движением // XIV Всероссийская мультиконференция по проблемам управления МКПУ-2021: Материалы XIV мультиконференции в 4 томах. – Том 4. – Ростов-на-Дону - Таганрог: Южный федеральный университет, 2021. – С. 158-161.
9. Кравченко П.А., Жанказиев С.В., Олещенко Е.М. Пофакторное управление уровнем обеспечиваемой безопасности на дорогах России // Транспорт Российской Федерации. – 2021. – №5-6(96-97). – С. 3-9.
10. Маркелов В.М., Соловьев И.В., Цветков В.Я. Интеллектуальные транспортные системы как инструмент управления // Economic Consultant. – 2014. – №3(7). – С. 42-49.
11. Новиков А.Н. Применение интеллектуальных транспортных систем (ИТС) для повышения эффективности функционирования городского общественного транспорта // Мир транспорта и технологических машин. – 2013. – №1. – С. 85-90.
12. Розенберг И.Н. Интеллектуальное управление транспортными системами // EconomicConsultant. – 2016. – №3(15). – С. 26-32.
13. Щенников А.Н. Интеллектуальные транспортные системы как специализированные системы // Наука и технологии дорог. – 2017. – Т. 4. - №4. – С. 45.
14. Special issue on intelligent transportation systems // Albrecht T., & Corman F. – 2015.
15. Guerrero-Ibáñez J., Zeadally S., Contreras-Castillo J. Sensor technologies for intelligent transportation systems // Sensors. – 2018. – №18(4). – P. 1212.
16. Hahn D.A. Security and privacy issues in intelligent transportation systems: Classification and Challenges // IEEE Intell. Transp. Syst. – 2019.
17. Korjagin S., Klachek P. Innovative development of intelligent transport systems based on cybernetical vehicle control systems // Transportation Research Procedia. – 2018. – 20. – P. 326-333.
18. Neto J., Santos D., Rossetti R.J. Computer-vision-based surveillance of intelligent transportation systems // In 2018 13th Iberian conference on information systems and technologies (CISTI). – 2018. – P. 1-5.
19. Punzo V., Marzano V., Simonelli F. Guest editorial special issue on models and technologies for intelligent transportation systems // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. – 2018. – №19(11). – P. 3538-3539.
20. Sándor Z., Csiszár C. Modelling and analysis methods of integrated information systems of transportation // In 2015 International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS). – 2015. – P. 348-355.

Вражнова Марина Николаевна

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

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

Д.п.н., профессор, заведующий кафедрой «Социология и управление»

E-mail: m.vrazhnova@sociomadi.ru

Плетнёв Максим Геннадьевич

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

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

Ст. преподаватель кафедры «Организация и безопасность движения, интеллектуальные транспортные системы»

E-mail: pletnevmg@mail.ru

Пахомова Александра Александровна

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

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

Ассистент кафедры «Организация и безопасность движения, интеллектуальные транспортные системы»

E-mail: svitavskaya@gmail.com

M.N. VRAZHNOVA, M.G. PLETNEV, A.A. PACHOMOVA

SOCIAL AND TRANSPORT RATING OF ITS SERVICES

Abstract. The article considers the system of social and transport rating. The analysis of the service system operation is carried out on the example of the Kashirskoye highway section. For the analysis of the proposed system, a service was selected – «Service lane». According to the results of simulation modeling, this service showed better results compared to the event to increase the capacity of the site. The use of rating will allow for a high-quality selection of users for the service, which will improve road safety indicators.

Keywords: Intelligent Transport System (ITS), ITS services, transport rating, transport mobility, transport demand, driver behavior

BIBLIOGRAPHY

1. Volodina E.E., Devyatkin E.E., Sukhodol'skaya T.A. Analiz razvitiya intellektual'nykh transportnykh sistem // *Ekonomika i kachestvo sistem svyazi*. - 2017. - №1(3). - S. 103-106.
2. Grabaurov V.A. Intellektual'naya transportnaya sistema kak innovatsionnaya kontseptsiya razvitiya transporta // *Nauka i tekhnika*. - 2014. - №1. - S. 69.
3. Zhankaziev S. Current Trends of road-traffic infrastructure development // *Transportation Research Procedia*. - 2017. - Vol. 20. - P. 731-739.
4. Zhankaziev S.V. Razrabotka proektov intellektual'nykh transportnykh sistem: Ucheb. posobie. - M.: MADI, 2016. - 104 s.
5. Komarov V.V., Garagan S.A. Arkhitektura i standartizatsiya telematicheskikh i intellektual'nykh transportnykh sistem. Zarubezhnyy opyt i otechestvennaya praktika. - M.: NTB «Energiya». - 2012. - 178 s.
6. Komarov V.V., Garagan S.A. Intellektual'nye zadachi telematicheskikh transportnykh sistem i intellektual'naya transportnaya sistema // *T-Comm*. - 2012. - №4. - S. 34-38.
7. Bachmanov M.D., Vorob'ev A.I. Opredelenie opasnogo vozhdeniya v zadachakh strakhovoy telematiki // *Avtomobil'. Doroga. Infrastruktura*. - 2019. - №1(19). - S. 10.
8. Pletnev M.G., Zhankaziev S.V. ITS v protsessakh upravleniya bezopasnym i servisnym dvizheniem // XIV Vserossiyskaya mul'tikonferentsiya po problemam upravleniya MKPU-2021: Materialy XIV mul'tikonferentsii v 4 tomakh. - Tom 4. - Rostov-na-Donu - Taganrog: YUzhnyy federal'nyy universitet, 2021. - S. 158-161.
9. Kravchenko P.A., Zhankaziev S.V., Oleshchenko E.M. Pofaktornoe upravlenie urovnem obespechivaemoy bezopasnosti na dorogakh Rossii // *Transport Rossiyskov Federatsii*. - 2021. - №5-6(96-97). - S. 3-9.
10. Markelov V.M., Solov'ev I.V., TSvetkov V.YA. Intellektual'nye transportnye sistemy kak instrument upravleniya // *Economic Consultant*. - 2014. - №3(7). - S. 42-49.
11. Novikov A.N. Primenenie intellektual'nykh transportnykh sistem (ITS) dlya povysheniya effektivnosti funktsionirovaniya gorodskogo obshchestvennogo transporta // *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*. - 2013. - №1. - S. 85-90.
12. Rozenberg I.N. Intellektual'noe upravlenie transportnymi sistemami // *Economic Consultant*. - 2016. - №3(15). - S. 26-32.
13. Shchennikov A.N. Intellektual'nye transportnye sistemy kak spetsializirovannye sistemy // *Nauka i tekhnologii dorog*. - 2017. - T. 4. - №4. - S. 45.
14. Special issue on intelligent transportation systems // Albrecht T., & Corman F. - 2015.
15. Guerrero-Ibez J., Zeadally S., Contreras-Castillo J. Sensor technologies for intelligent transportation systems // *Sensors*. - 2018. - №18(4). - P. 1212.
16. Hahn D.A. Security and privacy issues in intelligent transportation systems: Classification and Challenges // *IEEE Intell. Transp. Syst.* - 2019.
17. Koriagin S., Klachek P. Innovative development of intelligent transport systems based on cybernetical vehicle control systems // *Transportation Research Procedia*. - 2018. - 20. - P. 326-333.
18. Neto J., Santos D., Rossetti R.J. Computer-vision-based surveillance of intelligent transportation systems // In 2018 13th Iberian conference on information systems and technologies (CISTI). - 2018. - P. 1-5.
19. Punzo V., Marzano V., Simonelli F. Guest editorial special issue on models and technologies for intelligent transportation systems // *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. - 2018. - №19(11). - P. 3538-3539.
20. Sndor Z., Csiszr C. Modelling and analysis methods of integrated information systems of transportation // In 2015 International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS). - 2015. - P. 348-355.

Vrazhnova Marina Nikolaevna
Moscow Automobile and Road Engineering State
Technical University (MADI)
Address: 125319, Russia, Moscow
Doctor of educational sciences
E-mail: m.vrazhnova@sociomadi.ru

Pahomova Aleksandra Aleksandrovna
Moscow Automobile and Road Engineering State
Technical University (MADI)
Address: 125319, Russia, Moscow
Assistant
E-mail: svtavskaya@gmail.com

Pletnev Maksim Gennad'evich
Moscow Automobile and Road Engineering State
Technical University (MADI)
Address: 125319, Russia, Moscow
Head teacher
E-mail: pletnevimg@mail.ru

Научная статья

УДК 656; 338

doi:10.33979/2073-7432-2023-2(81)-112-118

Т.А. МЕНУХОВА, Т.А. БЕРЕСТ

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА УПУЩЕННОЙ ВЫГОДЫ ПЕРЕВОЗЧИКА ПРИ ВЫНУЖДЕННОМ ПРОСТОЕ АВТОБУСОВ НА ЛИНИИ ИЛИ СНЯТИИ ЕГО С РЕЙСА ПО ВИНЕ «ТРЕТЬИХ ЛИЦ»

Аннотация. На основе проведенного анализа применяемых методов и алгоритмов расчета упущенной выгоды в различных сферах деятельности сформирован алгоритм определения упущенной выгоды в сфере пассажирских перевозок с учетом статистических данных для ситуаций, когда простой подвижного состава или снятие его с рейса происходит по вине «третьих лиц». Использование на практике предложенного в статье алгоритма расчета упущенной выгоды упростит процесс доказательства упущенной выгоды при вынужденном простое автобусов на линии или снятии их с рейса по вине «третьих лиц».

Ключевые слова: пассажирские перевозки, автобус, упущенная выгода, возмещение убытков, простой подвижного состава, объем перевозок, пассажиропоток

Введение

Одно из основных требований пассажиров сводится к необходимости минимизации затрат времени на поездку. Соответственно перевозчик должен обеспечить стабильную работу парка подвижного состава. Для этого нужно, чтобы автобусы выполняли рейсы согласно расписанию и с учетом заданного интервала движения по заданному маршруту [1-2]. За выполненную работу перевозчик получает доход, который напрямую зависит от пассажиропотока. В сфере предоставления транспортных услуг из-за различных ситуаций, которые могут произойти во время осуществления перевозочного процесса, автотранспортное предприятие (АТП) терпит убытки в виде недополученного дохода. В свою очередь, недополучение дохода по вине третьих лиц является конфликтной ситуацией. Поэтому в большинстве случаев вопрос возмещения упущенной выгоды переносится в суд. Актуальность проблемы нахождения величины упущенной выгоды при организации перевозок пассажирским АТП подразумевает необходимость рассмотрения экономических подходов по ее расчету.

В настоящее время опыт взыскания упущенной выгоды имеют предприятия, осуществляющие трамвайные перевозки, те же, кто занимается регулярными автобусными перевозками, такого опыта не имеют и обработку статистических данных для этих целей не производят. В результате анализа публикаций по данной теме выявлено, что методика расчета упущенной выгоды для автобусных предприятий не разработана. В данной работе сформирован алгоритм расчета упущенной выгоды в сфере пассажирских перевозок с учетом статистических данных.

Материалы и методы

Упущенная выгода, представляет собой неполученные доходы, которые могли быть получены лицом при обычных обстоятельствах, если бы право этого лица не было бы нарушено [3].

На сегодняшний день в производственных сферах (материальное производство) применяются различные методики расчета упущенной выгоды. В этом случае довольно просто посчитать доход, который предприятием могло получить, но не получило по вине третьих лиц, поскольку уже известно, сколько должно было быть использовано материала для производства того или иного продукта, и сколько изделий не было продано. Однако в сфере предоставления транспортных услуг в области пассажирских перевозок имеет место иная ситуация, поскольку до момента оказания услуги нельзя с достаточной точностью ска-

зять, сколько человек (потенциальных пассажиров) воспользуются данной услугой, и каков будет доход.

По результатам проведенного анализа применяемых методов и алгоритмов расчета упущенной выгоды [4-17], а также практического опыта крупных предприятий, работающих в области пассажирских перевозок, можно заключить, что в настоящее время нет четкого алгоритма по расчету упущенной выгоды, на который опирались бы пассажирские АТП. Расчет упущенной выгоды требуется прежде всего при подаче искового заявления в суд для взыскания убытков, полученных вследствие дорожно-транспортных происшествий по вине третьих лиц. На данный момент предприятиям приходится самостоятельно обосновывать упущенную выгоду, тем не менее уже существуют положительные судебные решения по удовлетворению таких исковых требований, но только на городском электрическом транспорте (трамвайные перевозки) [18].

На данный момент можно выделить две ключевые проблемы при взыскании упущенной выгоды при автобусных перевозках:

1) в настоящее время имеют место отказы во взыскании упущенной выгоды перевозчика, осуществляющего автобусные перевозки, в связи с дорожно-транспортным происшествием (ДТП), поскольку автобусы в виду своей «исключительной мобильности» могут преодолеть участок, где произошло ДТП, однако с значительной потерей времени и нарушением интервалов движения;

2) отсутствует методика расчета упущенной выгоды при автобусных перевозках, опирающаяся на анализ статистических данных и имеющая достаточные обоснования.

На основании вышесказанного в данной работе разработан алгоритм расчета упущенной выгоды с учетом параметров, которые влияют на величину дохода автотранспортного предприятия, осуществляющего пассажирские перевозки.

Теория

В сфере пассажирских перевозок простой транспорта на линии может возникнуть по различным причинам:

– по внутренним причинам, зависящим от предприятия, они могут быть связаны как с ненадлежащим состоянием парка подвижного состава (например, простои автобусов на линии по техническим неисправностям), так и с человеческим фактором (например, ошибки водительского состава);

– по независящим от предприятия причинам, при которых вынужденный простой автобуса происходит по вине третьих лиц (например, по причине ДТП, как с участием, так и без участия подвижного состава перевозчика).

Вынужденный простой автобусов имеет два варианта событий:

– первый вариант связан с непродолжительным простоем автобуса на линии по причине, например, затора на участке улично-дорожной сети.

– второй вариант предполагает снятие автобуса с рейса.

Обе ситуации влияют на доход предприятия, поскольку пассажиры просто воспользуются альтернативами и осуществят поездки на другом подвижном составе, включая подвижной состав других перевозчиков или даже другой вид транспорта. Тем самым предприятие терпит убытки, в первую очередь – это недополученный доход.

Представим упущенную выгоду (УВ) в виде следующего выражения:

$$УВ = Д_{нд}, \quad (1)$$

где УВ – упущенная выгода, руб.;

$Д_{нд}$ – недополученный доход, руб.

Доход. Доход, как экономический показатель определяется как произведение количества реализованных товаров, работ, услуг и цены за них. Когда мы говорим про пассажирские перевозки, здесь надо иметь ввиду, что могут использоваться различные виды тарифов, такие как сдельный, повременный, покиллометровый и другие. При осуществлении деятельности в области пассажирских перевозок на городских социальных маршрутах используются

сдельные тарифы, измеряемые в руб./пасс. Таким образом, формула определения дохода в общем виде от пассажирских перевозок выглядит следующим образом:

$$D_{\text{пер}} = Q \times \bar{T}, \quad (2)$$

где Q – объем перевозок, пасс.;

\bar{T} – средний тариф на перевозку пассажиров, руб./пасс.

В данном случае необходимо принимать во внимание разнообразие видов проездных билетов при городских пассажирских перевозках с учетом количества транзакций по каждому виду.

Субсидии. Доходная часть предприятия, осуществляющего городские социальные перевозки (перевозки в городе с регулируемым тарифом) включает в себя не только доход, определенный как произведение объема перевезенных пассажиров и стоимости перевозки, но и субсидии от государства, которые получает АТП.

$$D = D_{\text{пер}} + D_{\text{суб}}, \quad (3)$$

где $D_{\text{суб}}$ – доход в виде субсидий, руб.

В соответствии с Постановлением Правительства Санкт-Петербурга от 14.12.2020 №1083 СПб ГУП «Пассажиравтотрансу» в 2022 году было выделено 10 327 772 100 руб. субсидий за плановый объем транспортной работы – 103 600 000 км [19]. В Санкт-Петербурге субсидии начисляются исходя из пробега подвижного состава. Соответственно недополученный доход при выполнении пассажирских перевозок – это не только доход, не полученный от пассажиров, но и не полученные субсидии от государства. Таким образом, формула определения недополученного дохода выглядит следующим образом:

$$D_{\text{нд}} = D_{Q_{\text{в}}} + D_{\text{суб}}, \quad (4)$$

где $D_{Q_{\text{в}}}$ – доход не полученный от пассажиров, руб.;

$D_{\text{суб нд}}$ – не полученный от государства доход в виде субсидий, руб.

Объем перевозок. Объем перевозок (Q , пасс) – количество перевезенных или планируемых к перевозке пассажиров во времени и пространстве в единицу времени.

Поскольку в данной работе исследуются пассажирские регулярные перевозки на (социальных) маршрутах с регулируемым тарифом, учтем специфику этих перевозок для написания формулы упущенной выгоды, которая отражала бы особенность формирования такого показателя, как объем перевозок в случае возникновения форс-мажорных ситуаций на линии. Соответственно надо отличать:

– объем перевозок (количество перевезенных пассажиров) до момента возникновения форс-мажорной ситуации, приводящей к простоя автобуса вплоть до последующего снятия его с рейса – обозначим как $Q_{\text{п}}$;

– количество пассажиров, которое АТП могло бы перевести, если бы не случился простой автобуса или снятие с рейса – обозначим как $Q_{\text{в}}$.

Объем перевозок можно определить по следующей формуле:

$$Q = Q_{\text{п}} + Q_{\text{в}}, \quad (5)$$

где $Q_{\text{п}}$ – количество перевезенных пассажиров, пасс.;

$Q_{\text{в}}$ – количество пассажиров, которых АТП могло бы перевести, пасс.

Следовательно, для алгоритма расчета упущенной выгоды в сфере пассажирских перевозок будет учитываться именно объем перевозок, определенный как количество пассажиров, которое АТП могло бы перевести, если бы не случился простой автобуса или снятие с рейса, то есть $Q_{\text{в}}$.

Фактический объем перевозок пассажиров можно установить по результатам транзакций на рейсах, плановый объем перевозок можно установить с определенной долей погрешности путём замера величины пассажиропотока известными методами обследований пассажиропотоков, причем как на отдельных маршрутах, так и в целом на маршрутной сети. Объем перевозок пассажиров ($Q_{\text{в}}$), который окажется не выполненным по вине «третьих лиц» целесообразно установить, основываясь на статистических данных за прошлые периоды. В обоснова-

нии данного показателя и заключается основная сложность аргументации упущенной выгоды при автобусных перевозках, поэтому данный аспект рассмотрим далее более подробно.

В ходе расчета упущенной выгоды, при определении объема перевозок пассажиров, который бы автобус смог перевести, если бы не форс-мажорные ситуации, необходимо учитывать в какой месяц, день недели произошел простой или снятие автобуса с рейса, так как пассажиропоток в рабочие и выходные (также праздничные) дни различен. Это можно наблюдать на рисунке 1 в. Данные пассажиропотока, представленные на рисунке 1, получены в ходе прохождения производственной практики в СПб ГУП «Пассажиравтотранс» в Автопарке №6.

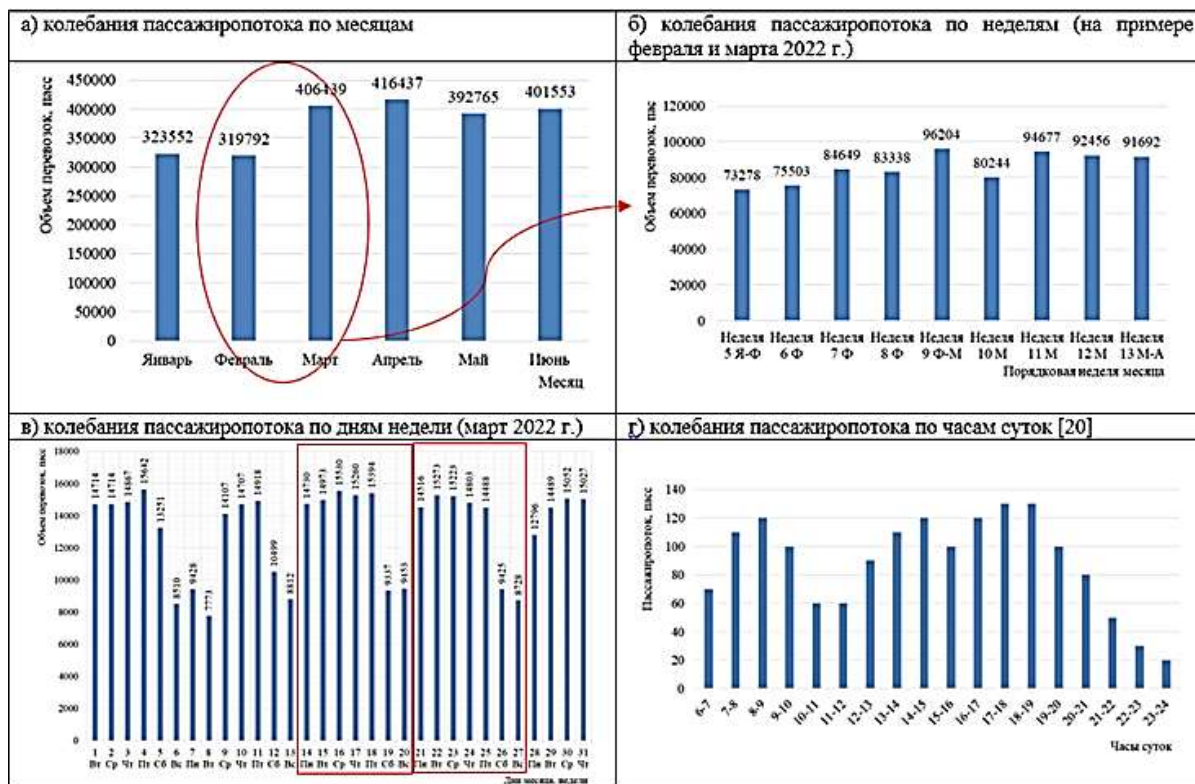


Рисунок 1 – Колебания пассажиропотока

Чтобы учитывать часы пик и межпиковый период было бы целесообразно ввести повышающий и понижающий коэффициент. Повышающий коэффициент использовать, когда простой или снятие рейса с маршрута произошли в утренний или вечерний часы пик. А понижающий коэффициент использовать в периоды низкого пассажиропотока, исходя из статистических данных прошлых дней по этому маршруту.

Однако, данные коэффициенты не будут являться универсальными, так как они будут зависеть от массива данных, которые применяются для расчета. Поэтому к каждому случаю нужно подходить индивидуально, так как на разных маршрутах данные по объему перевозок пассажиров отличаются, как и их часы пик.

Для конкретного случая необходимо просмотреть как статистические данные изменяются в часы суток, в дни недели, в месяц. Кроме того, более уместно использовать особенно даже не месяца, а недели (рис. 1 б). Выявить периоды утреннего и вечернего часа пика, межпиковые периоды (рис. 1 г). В зависимости от того, в какой час произошел простой или снятие рейса с маршрута, выбрать временной период, по которому необходимо взять статистические данные за прошлый период. Также не стоит забывать про праздничные дни, так как объем перевозок в эти дни снижается. Также стоит учитывать тенденции роста или снижения пассажиропотока в макромасштабе. Статистическими методами для построения прогностической модели могут служить интерполяция, построение трендов, множественная регрессия.

Прогнозировать значения пассажиропотока можно как на основании статистических данных и расчета математического ожидания, скорректировав его на тренд, либо по форму-

ле, когда принимается условный (произвольный) час произвольного дня года за эталон и корректируется повышающими (понижающими) коэффициентами. Тогда формула по определению возможного объема перевозок будет выглядеть следующим образом:

$$Q_v = Q_{\text{эт ч}} \times k_{\text{нед}} \times k_d \times k_{\text{ч}}, \quad (6)$$

где $Q_{\text{эт ч}}$ – эталонный объем перевозок пассажиров, пасс./ч;

$k_{\text{нед}}$ – коэффициент, учитывающий порядковый номер недели в году;

k_d – коэффициент, учитывающий день недели;

$k_{\text{ч}}$ – коэффициент, учитывающий час дня.

На рисунке 2 представлен алгоритм расчета упущенной выгоды.

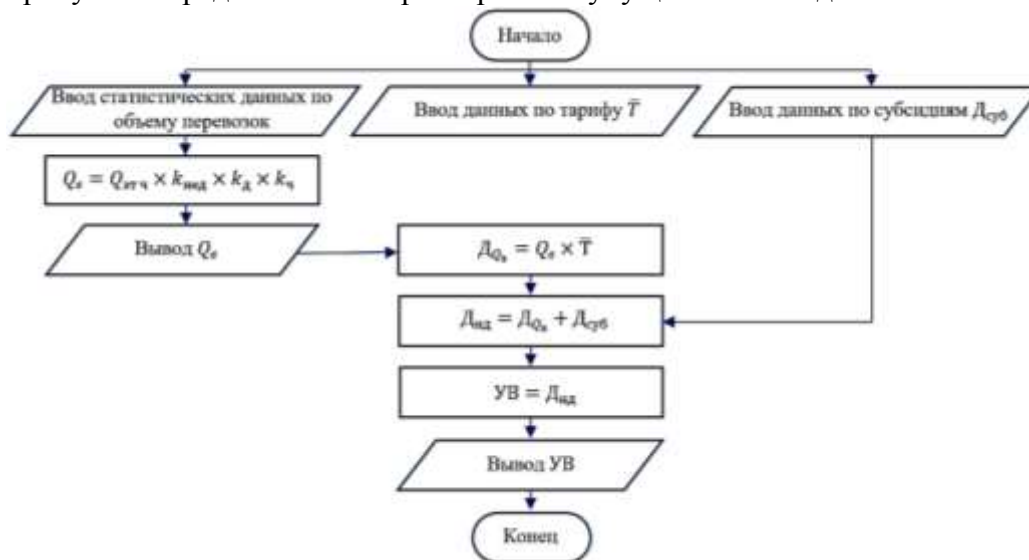


Рисунок 2 – Алгоритм расчета упущенной выгоды

Результаты и обсуждение

Имеется целесообразность в повышении точности установления периодов утреннего и вечернего часа пика, межпиковых периодов спада спроса для обслуживаемых маршрутов, с учетом их специфики, а именно территориального расположения и пассажирообразующих пунктов на них, которые сильно влияют на кривую пассажиропотока по времени.

Для обоснования упущенной выгоды для каждого конкретного случая необходимо поднять детальную статистическую информацию по объему перевозок в дни и время суток, аналогичные времени того рейса, на котором произошло форс-мажорное обстоятельство. В настоящее время такой детальный расчет не осуществляется в области городских автобусных перевозок для обоснования упущенной выгоды.

Выводы

Алгоритм расчета упущенной выгоды, изложенный в данной работе, позволит пассажирскому АТП обосновывать упущенную выгоду при подачи исковых заявлений в суд в случаях, когда ДТП произошло по вине «третьих лиц».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Менухова Т.А., Захарчук А.В. Обоснование наиболее значимых мероприятий в целях повышения качества транспортного обслуживания на городском автобусном маршруте // Современные образовательные технологии в подготовке специалистов для минерально-сырьевого комплекса: Сборник научных трудов II Всероссийской научной конференции. - 2018. – С. 1113-1118.
2. Менухова Т.А., Высоцкая М.С., Коковина С.А., Бородин Ю.В. Показатели комфортности транспортного обслуживания в городских автобусах // Транспортное дело России. - 2019. – С. 237-241.
3. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть первая) от 30.11.1994 №51-ФЗ (ред. от 28.06.2021, с изм. от 26.10.2021).
4. Бреева Н.Н. Упущенная выгода в США, Англии и России: некоторые правовые аспекты [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.nb-law.com/ru/articles/46>.

5. Алексеева Л.Ф., Парфенова А.В. Возмещение упущенной выгоды в рамках судебной экспертизы // Балтийский гуманитарный журнал. Тольятти: Некоммерческое Партнерство «Институт направленного образования». - 2018. - Т.7. - №4(25). - С.367-370.
6. Городилов М.А. Методика расчета упущенной выгоды в финансово-экономических экспертизах // Аудиторские ведомости. - 2016. - №10.
7. Дружинин А. Взыскание упущенной выгоды // ЭЖ-Юрист. - М.: ИД «Экономическая газета». - 2013. - 10 с.
8. Жарский Д.П. Особенности и проблемы оценки размера упущенной выгоды и ее доказывания для взыскания в судебном порядке // Финансовый менеджмент. - 2020. - №1 – С. 40-50.
9. Мамиконян К.О. Методика расчета упущенной выгоды в рамках финансово-экономической экспертизы // Труды Академии управления МВД России. - 2021. - №1(57). - С. 164-169.
10. Позднышева Е.В. Возмещение убытков в виде упущенной выгоды, причиненных нарушением обязательств по договору строительного подряда // Цивилист. - М.: АНО «Юридические программы». - 2006. - С. 61-69.
11. Попова Л.И. Особенности оценки земель сельскохозяйственного назначения при определении размера компенсации в случае изъятия или временного занятия для государственных нужд // Имущественные отношения в Российской Федерации. - 2016. - №1(172).
12. Косорукова И.В., Мирзоян Н.В. Проблемы оценки упущенной выгоды в расчете материального ущерба в современных российских условиях // Имущественные отношения в Российской Федерации. - 2018. - №12(207).
13. Томсинов А.В. Понятие договорных убытков в праве Англии, США и России: Монография. - М.: Зерцало-М, 2010.
14. Завойских Т.Ю. Актуальные вопросы определения размера убытков в виде упущенной выгоды (на примере автотранспортного предприятия) // Актуальные вопросы науки и практики: Сборник научных трудов по материалам XXI Международной научно-практической конференции. - Анапа. - 2020. - С. 182-190.
15. Жарский Д.П. Оценка упущенной выгоды в рамках судебной экспертизы // Вестник Московского государственного юридического университета имени О.Е. Кутафина. - 2016. - №7(23).
16. Федосеев С.В. Модели расчета упущенной выгоды при заключении коммерческой сделки в условиях информационной неопределенности // Правовая информатика: теория и опыт. - 2018. - С. 220-224.
17. Сосипатрова Н.Е., Кораблева О.В. Взыскание упущенной выгоды в сфере предпринимательской деятельности: подходы судебной практики // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. - 2020. - №3. - С. 154-160.
18. Решение от 18 января 2021 г. по делу № А53-15413/2020 Арбитражный суд Ростовской области (АС Ростовской области) [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://sudact.ru/arbitral/doc/qZUTdpE9XFVn/>
19. Статистические данные по предоставлению субсидий на перевозку пассажиров и багажа [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.gov.spb.ru/>
20. Нефедов В.В., Русских М.В., Меремкулов А.К., Кушнаренко И.В. Краткосрочное прогнозирование пассажиропотоков на основе статистических данных // Известия вузов. Северо-кавказский регион. Технические науки. - 2013. - №6. - 2013. - С. 95-99.

Менухова Татьяна Анатольевна

Санкт-Петербургский горный университет

Адрес: 199106, Россия, г. Санкт-Петербург, 21-я линия ВО, д. 2

К.т.н., доцент, доцент кафедры транспортно-технологических процессов и машин

E-mail: Menukhova_TA@pers.spmi.ru

Берест Татьяна Андреевна

Санкт-Петербургский горный университет

Адрес: 199106, Россия, г. Санкт-Петербург, 21-я линия ВО, д. 2

Магистрант

E-mail: berest1998@bk.ru

T.A. MENUHOVA, T.A. BEREST

ALGORITHM FOR CALCULATING THE CARRIER'S LOST PROFIT IN THE CASE OF FORCED BUS DOWNTIME OR REMOVAL OF THE BUS FROM THE LINE DUE TO THE FAULT OF «THIRD PARTIES»

***Abstract.** On the basis of the analysis of applicable methods and algorithms for calculating the loss of profit in different spheres of activity the algorithm of lost profit determination in the sphere of passenger traffic according to the statistical data for situations when a vehicle idling or its removal from the line by the fault of "third persons" was formed. Practical application of the proposed*

algorithm for calculating the lost profits will simplify the process of proving the lost profits forcing the buses on the line or removing them from the trip due to the fault of «third parties».

Keywords: passenger transportation, bus, lost profits, compensation for damages, rolling stock downtime, volume of transportation, passenger traffic

BIBLIOGRAPHY

1. Menukhova T.A., Zakharchuk A.V. Obosnovanie naibolee znachimyykh meropriyatiy v tselyakh povysheniya kachestva transportnogo obsluzhivaniya na gorodskom avtobusnom marshrute // *Sovremennyye obrazovatel'nye tekhnologii v podgotovke spetsialistov dlya mineral'nosyr'evogo kompleksa: Sbornik nauchnykh trudov II Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii.* - 2018. - S. 1113-1118.
2. Menukhova T.A., Vysotskaya M.S., Kokovina S.A., Borodina Yu.V. Pokazateli komfortnosti transportnogo obsluzhivaniya v gorodskikh avtobusakh // *Transportnoe delo Rossii.* - 2019. - S. 237-241.
3. Grazhdanskiy kodeks Rossiyskoy Federatsii (chast' pervaya) ot 30.11.1994 №51-FZ (red. ot 28.06.2021, s izm. ot 26.10.2021).
4. Breeva N.N. Upushchennaya vygoda v SSHA, Anglii i Rossii: nekotorye pravovye aspekty [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://www.nb-law.com/ru/articles/46>.
5. Alekseeva L.F., Parfenova A.V. Vozmeshchenie upushchennoy vygody v ramkakh sudebnoy ekspertizy // *Baltiyskiy gumanitarnyy zhurnal. Tol'yatti: Nekommercheskoe Partnerstvo «Institut napravlennoy obrazovaniya».* - 2018. - T.7. - №4(25). - S. 367-370.
6. Gorodilov M.A. Metodika rascheta upushchennoy vygody v finansovo-ekonomicheskikh ekspertizakh // *Auditorskie vedomosti.* - 2016. - №10.
7. Druzhinin A. Vzyskanie upushchennoy vygody // *EZH-Yurist.* - M.: ID «Ekonomicheskaya gazeta». - 2013. - 10 s.
8. Zharskiy D.P. Osobennosti i problemy otsenki razmera upushchennoy vygody i ee dokazyvaniya dlya vzyskaniya v sudebnom poryadke // *Finansovyy menedzhment.* - 2020. - №1 - S. 40-50.
9. Mamikonyan K.O. Metodika rascheta upushchennoy vygody v ramkakh finansovo-ekonomicheskoy ekspertizy // *Trudy Akademii upravleniya MVD Rossii.* - 2021. - №1(57). - S. 164-169.
10. Pozdnyshcheva E.V. Vozmeshchenie ubytkov v vide upushchennoy vygody, prichinennykh narusheniem obyazatel'stv po dogovoru stroitel'nogo podryada // *Tsivilist.* - M.: ANO «Yuridicheskie programmy». - 2006. - S. 61-69.
11. Popova L.I. Osobennosti otsenki zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya pri opredelenii razmera kompensatsii v sluchae iz'yatiya ili vremennogo zanyatiya dlya gosudarstvennykh nuzhd // *Imushchestvennye otnosheniya v Rossiyskoy Federatsii.* - 2016. - №1(172).
12. Kosorukova I.V., Mirzoyan N.V. Problemy otsenki upushchennoy vygody v raschete material'nogo ushcherba v sovremennykh rossiyskikh usloviyakh // *Imushchestvennye otnosheniya v Rossiyskoy Federatsii.* - 2018. - №12(207).
13. Tomsinov A.V. Ponyatie dogovornykh ubytkov v prave Anglii, SSHA i Rossii: Monografiya. - M.: Zertsalo-M, 2010.
14. Zavoyiskikh T.Yu. Aktual'nye voprosy opredeleniya razmera ubytkov v vide upushchennoy vygody (na primere avtotransportnogo predpriyatiya) // *Aktual'nye voprosy nauki i praktiki: Sbornik nauchnykh trudov po materialam XXI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii.* - Anapa. - 2020. - S. 182-190.
15. Zharskiy D.P. Otsenka upushchennoy vygody v ramkakh sudebnoy ekspertizy // *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo yuridicheskogo universiteta imeni O.E. Kutafina.* - 2016. - №7(23).
16. Fedoseev S.V. Modeli rascheta upushchennoy vygody pri zaklyuchenii kommercheskoy sdelki v usloviyakh informatsionnoy neopredelennosti // *Pravovaya informatika: teoriya i opyt.* - 2018. - S. 220-224.
17. Sosipatrova N.E., Korableva O.V. Vzyskanie upushchennoy vygody v sfere predprinimatel'skoy deyatel'nosti: podkhody sudebnoy praktiki // *Vestnik Nizhnegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo.* - 2020. - №3. - S. 154-160.
18. Reshenie ot 18 yanvarya 2021 g. po delu № A53-15413/2020 Arbitrazhnyy sud Rostovskoy oblasti (AS Rostovskoy oblasti) [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://sudact.ru/arbitral/doc/qZUTdpE9XFVn/>
19. Statisticheskie dannye po predostavleniyu subsidii na perevozku passazhirov i bagazha [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: <https://www.gov.spb.ru/>
20. Nefedov V.V., Russkikh M.V., Meremkulov A.K., Kushnarenko I.V. Kratkosrochnoe prognozirovaniye passazhiropotokov na osnove statisticheskikh dannykh // *Izvestiya vuzov. Severo-kavkazskiy region. Tekhnicheskie nauki.* - 2013. - №6. - 2013. - S. 95-99.

Menukhova Tatiana Anatolievna
Saint-Petersburg Mining University
Address: 199106, Russia, Saint-Petersburg
Candidate of technical sciences
E-mail: Menukhova_TA@pers.spmi.ru

Berest Tatiana Andreevna
Saint-Petersburg Mining University
Address: 199106, Russia, Saint-Petersburg
Master's student
E-mail: berest1998@bk.ru

Научная статья

УДК 656.073.27

doi:10.33979/2073-7432-2023-2(81)-119-125

Д.Б. ЕФИМЕНКО, В.А. ДЕМИН, Д.А. КОМКОВА, В.Д. ГЕРАМИ

МЕТОДИКА ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИИ ГРУЗООБРАБОТКИ ДЛЯ СКЛАДОВ ЭЛЕКТРОННОЙ ТОРГОВЛИ

Аннотация. В статье рассмотрены тренды в электронной коммерции (e-commerce) с точки зрения логистического обеспечения. Авторы рассматривают условия для выбора одного из типов складов: даркстор; в зависимости от целей компании и требований бизнеса. Помимо выбора типа складов авторы представляют разработанную методику для определения необходимости перехода с «ручной» технологии грузообработки на роботизированную.

Авторы в рамках данной статьи предлагают систему критериев, которые позволяют выбрать оптимальную технологию грузообработки в зависимости от целевой функции, определенной компанией.

Ключевые слова: электронная коммерция, технологии грузообработки, роботизированные технологии, даркстор, распределительный центр

Введение

Электронная коммерция в настоящее время является самым быстроразвивающимся сегментом бизнеса, а соответственно и ставит все новые вызовы для логистики. Доля продаж через интернет-магазины постоянно растет, что влечет за собой повышенный спрос на поддержку логистических процессов электронной коммерции. Планирование логистики для интернет-магазина является непростой задачей. Грамотно спланированная логистика e-commerce обеспечивает покупателям бесперебойную и быструю доставку, а также способствует развитию бизнеса. Стоит помнить, что при развитии бизнеса и увеличении количества заказов необходимо нанимать новых сотрудников и увеличивать складские площади, что является долгим и дорогостоящим процессом, но есть инструменты и методики, которые позволяют осуществлять грузообработку увеличенного объема заказов без увеличения штата персонала и площадей складов.

Материал и методы

Одним из основных трендов электронной коммерции (e-commerce) – это его бурное развитие в том числе в нестандартных для него сегментах (металлургия, household, пищевые ингредиенты и десятки других) и у оффлайн-ритейлеров, которые не спешили до пандемии с развитием e-commerce, имея высокую маржинальность в своем основном сегменте и не придавая должного значения конкуренции от он-лайн ритейлеров [1]. Так, например, X5 Group только в апреле 2020 г. поставил цель по оперативному выходу в e-commerce в новом формате, открыв в том числе Перекресток.Впрок, и несколько месяцев не справлялся с исполнением заказов в формате день в день или несколько часов, увеличивая очереди ожидающих заказов до нескольких дней. Полноценный запуск он-лайн формата с расширенной логистической инфраструктурой состоялся только в ноябре 2020 г. В этот же период (с апреля 2020 г.) менеджер УтконосОнлайн получив кратное увеличение нагрузки по заказам на своей основной РЦ на севере Московской области принял решение о создании дарксторов в Москве, первый из которых был запущен спустя два месяца после принятия решения – в июне 2020 г., что позволило компании не потерять объем заказов из-за несоответствия обещаний клиентам и фактического исполнения.

Цель по охвату конечных покупателей, используя каналы e-commerce, вошла в стратегию многих компаний, в том числе металлургических гигантов (Северсталь, НЛМК и др.), для которых ранее конечный клиент с его сверхмалыми объемами был не интересен [2]. Однако идеология роботизации B2B коммерческих процессов, позволяющая сократить с одной стороны трудозатраты самой компании-производителя на взаимодействие менеджеров по продажам с клиентами, а с другой создать для клиентов удобный сервис для покупки в один-два клика без звонков, мэйлов, ожиданий и пр., нарастив при этом объемы продаж, отбирая его у дис-

трибьюторов [3]. Вместе с тем многие компании, открывшие «интернет-магазин», не получили прироста продаж в первую очередь, потому что не изменили форматы логистического обслуживания: если для их традиционного клиента ожидание поставки в неделю и две было приемлемым, то у конечного покупателя требование по исполнению заказов соответствует дням, иногда часам, а для этого нужна другая логистическая сеть и реинжиниринг процессов.

Состоявшийся и планируемый рост e-commerce вызвал дефицит персонала, технологий для логистики, складских площадей и пр [4]. Данная ситуация стала мощным драйвером для изменений на рынке поставщиков и ритейлеров. Так каждые 9 из 10 директоров по логистике компаний производителей и офф-лайн ритейл отметили, что столкнулись с небывалым оттоком операционного и управленческого персонала в основном в e-com «большой тройки». Вместе с тем уровень в конкуренции за персонал и уровень заработной платы повышается и приближается для складских сотрудников к 320 – 350 руб. за час (52 000 – 55 000 руб./мес.) в то время как на складах и дарксторах «большой тройки» этот порог давно пройден и составляет 80 000 – 100 000 руб./мес.

Аналогичная ситуация со складскими технологиями: количество и масштаб реализуемых проектов крупнейшими он-лайн ритейлерами вызвал перезаполнение производственных мощностей производителей и поставщиков складского оборудования [5]. И если еще осенью 2020 г. сервисные компании, узнав о намечающемся проекте по оснащению склада, вставляли в очередь и готовы были демпинговать в тендерах, то теперь в очередь встают заказчики со сроком ожидания производства, например, складского мезонина в 5 – 6 месяцев [6].

Таким образом конкуренция за ресурсы будет нарастать. Задача каждой компании, которая планирует развитие на e-commerce рынке, найти решения как выполнить клиентские обещания при дефиците и росте стоимости ресурсов.

Дефицит и борьба за ресурсы будет увеличивать операционные затраты в e-commerce, которые и так традиционно выше, чем OPEX в оффлайн каналах продаж и основной бизнес должен быть готов к спонсированию развития e-com за счет маржинальности ради цели захвата доли рынка, либо ее удержания, не допустив перехода к более решительным конкурентам. Таким образом главным приоритетом в e-commerce становится выполнение клиентских обещаний по времени исполнения заказов, доступности товара на e-полке, достаточной глубины запаса для недопущения вычерков. Вот как об этом говорят лидеры omni channel компаний.

Таким образом основными конкурентными преимуществами в e-commerce становятся:

- 1) широта ассортимента – больше, чем в оффлайне.
- 2) доступность и прозрачность (по количеству и локации) запасов.
- 3) скорость исполнения заказов: 0,5, 1, 2 часа и др.
- 4) полнота исполнения заказов без вычерков и доставок «по частям».

Теория / Расчет

Сравнение типов складов для обрабатывать e-com заказы: распределительные центры и дарксторы

Существуют два полярных формата складских объектов цепи исполнения e-commerce заказов, в диапазоне между которыми можно подобрать наиболее соответствующую задачам бизнеса (табл. 1).

Таблица 1 - Модели исполнения e-com заказов

Микро дарксор	Хаб
–Выход с DS в каждом районе	–Максимальный ассортимент – более 50 000 SKU, больше чем на РЦ
–Только ассортимент группы «А»: 1000 SKU	–Скорость исполнения заказов час и на следующий день
–Скорость исполнения заказов до часа	–Площадь DS > 10 000 кв.м
–Площадь DS 300-500 кв.м	

Первая модель микро даркстора - это формат небольших дарксторов (DS), площадью до 300 – 500 кв. м., но находящихся в каждом районе обслуживания, что позволяет «дотянуться» до каждого клиента. Ограничение по площади вытекает из цели бизнеса – обрабо-

тать как можно больший объем товаров через e-commerce и при этом не увеличивая затраты. Для этого компании концентрируются на SKU группы «А», концентрируя на дарксторах до 1000 наименований [7]. Для организации работы DS такого формата автоматические и роботизированные технологии как правило не используются, т.к. буквально 2 – 4 сборщика справляются со всем дневным объемом.

Противоположным форматом объекта является полноценный РЦ, либо Хаб (по аналогии с «УтконосОнлайн» около 12 000 – 15 000 кв.м.), в которых наоборот сконцентрирован ассортимент больший, чем в оффлайн магазине. При этом, если такой хаб размещен в черте города и является не единственным, то с него также обеспечивается скоростная доставка [8].

Промежуточными вариантами являются дарксторы, которые используют компании ВкусВилл или СТД «Петрович», которые представляют собой средних размеров объекты, распределенные по разным районам, и в скоростном режиме обрабатывающие весь ассортимент SKU.

Таким образом выбор формата объектов для e-commerce зависит в первую очередь от цели компании и формулируемых конкурентных преимуществ: если вы хотите закрыть весь клиентский спрос по расширенной номенклатуре («найдется все»), то вам потребуется организовать объект большой площади, а значит за пределами центра города и основных районов обслуживания, увеличивая транспортные затраты [9]. Если задача снизить дефицит запаса на полке по наиболее популярным позициям и дотянутся до клиента с помощью e-commerce – вам подойдет первый вариант [10].

Критерии оценки необходимости перехода на роботизированные технологии грузообработки

Для принятия решения о необходимости перехода на роботизированные технологии грузообработки [11] стоит провести оценку развития бизнеса по следующим критериям:

1) доля клиентских заказов с требуемой скоростью исполнения 1 – 8 часов превышает 10 % либо будет значительно расти в ближайшие годы.

Комплектация заказов с высокой скоростью и рост их доли часто приводят либо к невозможности исполнить обещания клиентам на «ручной» технологии (например, сборка заказа за 15 мин.), либо к увеличенным затратам на складской персонал;

2) площадь склада, на котором осуществляется комплектация заказов больше 2000 кв.м.

При площади склада существенно больше 2000 кв. пробеги комплектовщиков при индивидуальной сборке заказов существенно увеличиваются, а вместе с ними увеличивается время исполнения заказа;

3) средний уровень заработной платы складского персонала превышает 300 руб./час или 50 000 руб./мес.

При таком уровне заработной платы срок окупаемости роботизированных решений становится наиболее привлекательным (от 1,5 лет напольные роботы, 2 – 2,5 года конвейерные технологии и сортеры, 2,5 – 3 года краны-штабелеры);

4) регулярно появляются ситуации, связанные с дефицитом складского операционного персонала, в том числе:

- незаполненностью штата квалифицированными сотрудниками;
- переход Вашего персонала в более оплачиваемые сегменты (крупным он-лайн ритейлерам и пр.);
- тренд роста заработной платы линейного персонала;

5) срок обучения линейного складского персонала для полностью самостоятельной работы занимает более одного дня.

В ходе выполнения работы сотрудник должен сам принимать решения (например, комплектация заказов со знанием правил товарного соседства, размещение по «историческим» местам и пр.), а не четко следовать только заданиям, выдаваемым WMS;

6) невыход на работу части складского персонала (например, 15 % и более) критичен для склада и влечет штрафы от клиентов, иные значимые потери. Данные ситуации возникают регулярно.

Причины невыхода: уровень персонала, болезни, карантины и пр.;

7) внутригодовые или сезонные колебания товаропотоков в компании превышают 15 %.

В такой ситуации можно обслужить сезонные пики аутсорсинговым персоналом, но по сложившейся практике аутсорсинговый партнер обычно не могут предложить увеличение количества персонала более чем на 10-12 % от постоянно задействованного либо держать в течение года персонал под пиковые значения, что приводит к его простоям в период спада и значительным потерям [12]. Роботизация и автоматизация позволяет проходить пиковые значения за счет изначально высокой производительности оборудования или привлечения роботов по «подписке» (на 1 - 2 мес.)

При условии, что большинство критериев подходят бизнесу, то складу предприятия необходимо выделить роботизацию как приоритетное и безальтернативное направление развития [13].

Системы критериев технологий с сопоставлением параметров товарных потоков

На сегодняшний день существуют более 40 технологий хранения и грузообработки [14]. Одних только разновидностей технологий напольной роботизации [15] сегодня больше 10. Выбрать наилучшую технологию или технологии поможет использование системы критериев технологий с сопоставлением параметров товарных потоков [16] (рис. 1), которая позволяет исключить не подходящие технологии по параметрам:

- Q – вместимость;
- V – скорость выполнения операций;
- C – стоимость технологии, владения, OPEX;
- R – риски выхода из строя;
- P – производительность;
- F/L – обеспечение FIFO или LIFO

и сгенерировать из соответствующих всем параметрам технологий несколько комплексных вариантов.

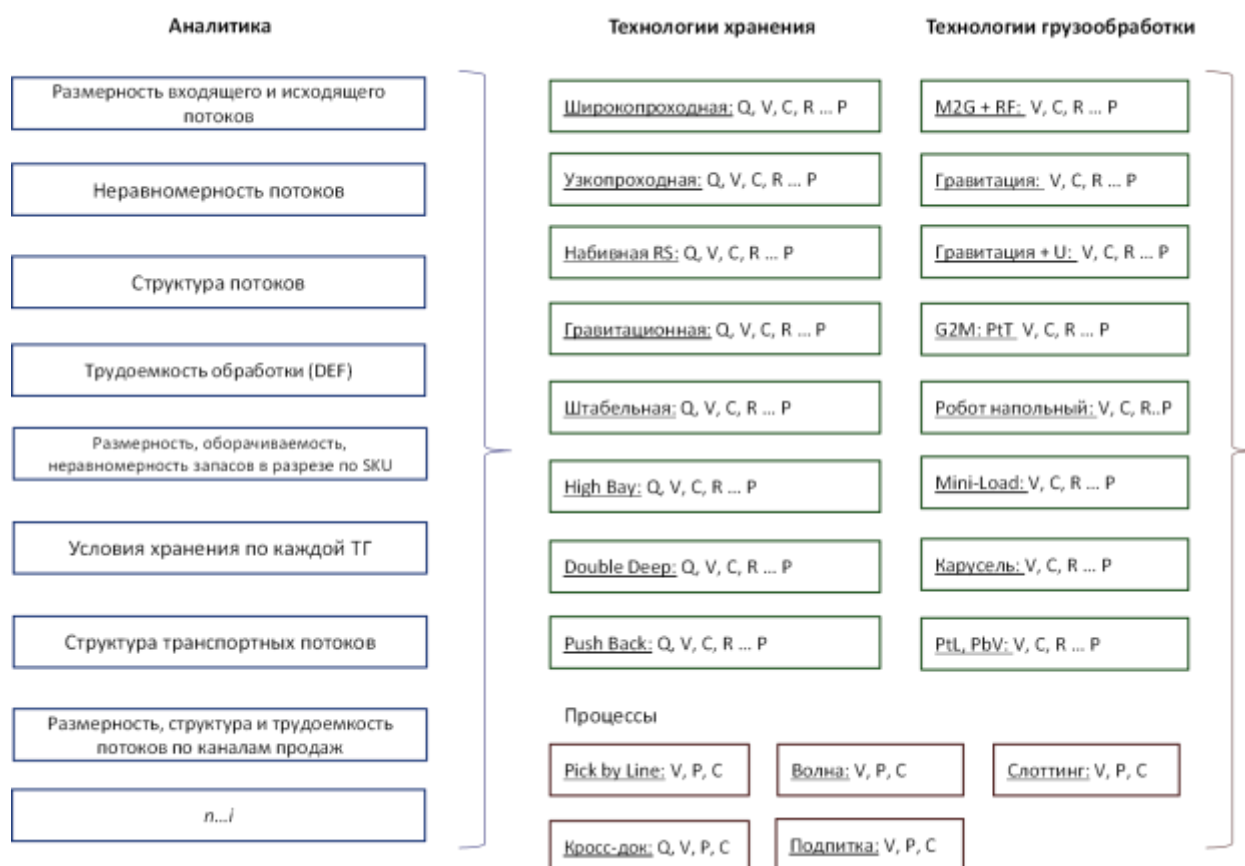


Рисунок 1 - Системы критериев технологий с сопоставлением параметров товарных потоков

Результатом анализа по данным критериям является разработка трех концептов технологий логистического центра и объемно-планировочных решений [17]: с обеспечением требуемой вместимости и пропускной способности при минимальном CAPEX; с обеспечением требуемой вместимости и пропускной способности при минимальном OPEX и применении AS/RS; комбинации предыдущих вариантов.

Выводы

Электронная коммерция бурно развивается и требует быстрых и оперативных решений [18]. Так, среди основных трендов в e-commerce выделяют: быстрое развитие сегмента, дефицит всех видов ресурсов и как следствие конкуренция за них, выполнение клиентских обещаний. Ввиду тенденций представленных в статье следует обратить внимание на обработку e-commerce заказов, которые осуществляются по средствам дарксторов и распределительных центров. Выбор одного из типов складов будет зависеть от целей бизнеса.

Помимо выбора соответствующего типа склада при организации логистического обеспечения стоит отметить и выбор соответствующей технологии грузообработки: «ручная», роботизированная. Для определения необходимой технологии стоит провести оценку логистического объекта по критериям, а далее при применении системы критериев технологий грузообработки с сопоставлением параметров товарных потоков определить концепцию склада для электронной коммерции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ташбаев Ы., Демин В. Оптимизация цепей поставок и внутренних логистических процессов федеральных и региональных ритейлеров в соответствии с лучшими практиками и стратегиями развития бизнеса // *Логистика*. – 2018. – №11(144). – С. 10-11.
2. Манишин Д.С., Масленников П.П., Власов К.Ю., Мартянов А.В. Логистика сегодня: условия выживания // *Логистика сегодня*. – 2022. – №2. – С. 98-104. – DOI 10.36627/2500-1302-2022-2-2-98-104.
3. «Магнит» открыл еще два даркстора в Москве // *Логистика*. – 2021. – №6(175). – С. 4.
4. Шакола А.В складах хранить дорого, а в торговых центрах - неудобно. Болевые точки логистики // *Логистика*. – 2022. – №3(184). – С. 10-11.
5. Назарова С.А. Тенденции развития рынка розничной Интернет-торговли / Под общей редакцией Э.В. Соболева, А.Ю. Артюшковой // *Экономика, финансы, проектное управление и социальная система России: подходы перспективы в условиях устойчивого цифрового развития: Материалы региональной научно-практической конференции студентов и молодых учёных*. – Краснодар: ФГБУ «Российское энергетическое агентство» Минэнерго России Краснодарский ЦНТИ - филиал ФГБУ «РЭА» Минэнерго России. - 2022. – С. 249-260.
6. Мальков А.С. Современные тенденции в логистике на примере e-commerce // *Образование. Наука. Производство: Сборник докладов XIV Международного молодежного форума*. - Том 17. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. - 2022. – С. 422-425.
7. Чернухина Г.Н., Ермоловская О.Ю. Развитие дарксторов как конкурентоспособной формы доставки товаров // *Современная конкуренция*. – 2021. – Т. 15. - №4(84). – С. 50-59. – DOI 10.37791/2687-0657-2021-15-4-50-59.
8. Курилов М.М. Прорывные бизнес-модели в ритейле // 2023. – №3. – С. 38-40.
9. Есина К.М. Тенденции развития нового формата складского помещения даркстор как элемента электронной коммерции // *Инновации. Наука. Образование*. – 2020. – №23. – С. 1987-1996.
10. Толмачев К., Волочков А. Особенности организации и проектирования складов формата Dark store // *Логистика*. – 2020. – №12(169). – С. 12-16.
11. Реброва И.А., Бугаенко Е.В. Автоматизация и роботизация систем складирования // *Образование. Транспорт. Инновации. Строительство: Сборник материалов IV Национальной научно-практической конференции*. – Омск: Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ). - 2021. – С. 139-144.
12. Завалишин И.В., Соколов И.В., Шаховской А.В., Кушнир К.П. Исследование возможности и целесообразности роботизации складских процессов в современных условиях // *Современные информационные технологии и процессы: коллективная монография*. - Выпуск 3. – Москва: ООО «Издательство «Экон-Информ». - 2022. – С. 86-96.
13. Демин В.А. Концепция аналитической модели управления в транспортно-логистической системе как подсистеме интеллектуальной транспортной системы // *Вестник гражданских инженеров*. – 2019. – №1(72). – С. 146-151. – DOI 10.23968/1999-5571-2019-16-1-146-151.
14. Демин В., Карелина М., Терентьев А. Методика достижения динамического баланса между величинами пропускных способностей транспортно-складских комплексов и грузопотоков в логистических системах // *Логистика*. – 2018. – №2(135). – С. 32-36.

15. Олейникова И.А., Соколов В.Н. Анализ и оценка технологий обработки грузов // Техническое регулирование в транспортном строительстве. – 2020. – №3(42). – С. 228-231.
16. Насонов С.В. Анализ проблем складской логистики и пути их решения // 2022. – №2(39). – С. 18-22.
17. Башмакова К.В., Хабиров Д.А., Цимбалист-Колесникова И.А. Инновационные системы в складской логистике // Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке: IX Международная научно-техническая конференция. – Том 2. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики. – 2019. – С. 342-346.
18. Илюхина С.С., Ефименко Д.Б. Инфраструктурное обеспечение транспортно-логистической системы // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Экономика и право. – 2020. – №4. – С. 52-55. – DOI 10.37882/2223-2974.2020.04.18.

Дмитрий Борисович Ефименко

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

Россия, 125319, Россия, Москва, Ленинградский пр., 64

Д.т.н., профессор, заведующий кафедрой правовое и таможенное регулирование на транспорте

E-mail: ed2002@mail.ru

Василий Александрович Демин

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

Россия, 125319, Россия, Москва, Ленинградский пр., 64

Д.т.н., доцент, заведующий кафедрой логистики

E-mail: logist3@yandex.ru

Дарья Андреевна Комкова

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

Россия, 125319, Россия, Москва, Ленинградский пр., 64

Старший преподаватель кафедры логистики

E-mail: komkova_da@maadi.ru

Виктория Дарабовна Герами

Международный Институт Экономики и Финансов НИУ ВШЭ

Россия, 119049, Россия, Москва, ул. Шаболовка, д. 26, стр. 3

Д.т.н., профессор

E-mail: v_gerami@mail.ru

D.B. EFIMENKO, V.A. DEMIN, D.A. KOMKOVA, V.D. GERAMI

METHODOLOGY FOR SELECTING CARGO HANDLING TECHNOLOGY FOR E-COMMERCE WAREHOUSES

Abstract. This article discusses trends in e-commerce (e-com) from the point of view of logistics. The authors consider the conditions for choosing one of the types of warehouses: darkstar or distribution center; depending on the company's goals and business requirements. In addition to choosing the type of warehouses, the authors present a developed methodology for determining the need to switch from a «manual» cargo handling technology to a robotic one.

Within the framework of this article, the authors propose a system of criteria that allow you to choose the optimal cargo handling technology depending on the parameters that are important for the company.

Keywords: e-commerce, cargo handling technologies, robotic technologies, darkstar, distribution center

BIBLIOGRAPHY

1. Tashbaev Y., Demin V. Optimizatsiya tsepey postavok i vnutrennikh logisticheskikh protsessov federal'nykh i regional'nykh riteylerov v sootvetstvii s luchshimi praktikami i strategiyami razvitiya biznesa // Logistika. - 2018. - №11(144). - S. 10-11.
2. Manishin D.S., Maslennikov P.P., Vlasov K.Yu., Mart'yanov A.V. Logistika segodnya: usloviya vyzhivaniya // Logistika segodnya. - 2022. - №2. - S. 98-104. - DOI 10.36627/2500-1302-2022-2-2-98-104.
3. "Magnit" otkryl eshche dva darkstora v Moskve // Logistika. - 2021. - №6(175). - S. 4.
4. Shakola A.V skladakh khranit dorogo, a v trgovykh tsentrakh - neudobno. Bolevye tochki logistiki // Logistika. - 2022. - №3(184). - S. 10-11.
5. Nazarova S.A. Tendentsii razvitiya rynka roznichnoy Internet-torgovli / Pod obshchey redaktsiei E.V. Soboleva, A.Yu. Artyushkovoy // Ekonomika, finansy, proektnoe upravlenie i sotsial'naya sistema Rossii: podkhody

perspektivy v usloviyakh ustoychivogo tsifrovogo razvitiya: Materialy regional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov i molodykh uchionykh. - Krasnodar: FGBU «Rossiyskoe energeticheskoe agentstvo» Minenergo Rossii Krasnodarskiy TSNTI - filial FGBU «REA» Minenergo Rossii. - 2022. - S. 249-260.

6. Mal'kov A.S. Sovremennye tendentsii v logistike na primere ecommerce // Obrazovanie. Nauka. Proizvodstvo: Sbornik dokladov XIV Mezhdunarodnogo molodezhnogo foruma. - Tom 17. - Belgorod: Belgorodskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskii universitet im. V.G. Shukhova. - 2022. - S. 422-425.

7. Chernukhina G.N., Ermolovskaya O.Yu. Razvitie darkstorov kak konkurentosposobnoy formy dostavki tovarov // Sovremennaya konkurentsia. - 2021. - T. 15. - №4(84). - S. 50-59. - DOI 10.37791/2687-0657-2021-15-4-50-59.

8. Kurilov M.M. Proryvnye biznes-modeli v riteyle // 2023. - №3. - S. 38-40.

9. Esina K.M. Tendentsii razvitiya novogo formata skladskogo pomeshcheniya darkstor kak elementa elektronnoy kommersii // Innovatsii. Nauka. Obrazovanie. - 2020. - №23. - S. 1987-1996.

10. Tolmachev K., Volochkov A. Osobennosti organizatsii i proektirovaniya skladov formata Dark store // Logistika. - 2020. - №12(169). - S. 12-16.

11. Rebrova I.A., Bugaenko E.V. Avtomatizatsiya i robotizatsiya sistem skladirovaniya // Obrazovanie. Transport. Innovatsii. Stroitel'stvo: Sbornik materialov IV Natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Omsk: Sibirskiy gosudarstvennyy avtomobil'no-dorozhnyy universitet (SibADI). - 2021. - S. 139-144.

12. Zavalishin I.V., Sokolov I.V., Shakhovskoy A.V., Kushnir K.P. Issledovanie vozmozhnosti i tselesoobraznosti robotizatsii skladskikh protsessov v sovremennykh usloviyakh // Sovremennye informatsionnye tekhnologii i protsessy: kollektivnaya monografiya. - Vypusk 3. - Moskva: OOO «Izdatel'stvo «Ekon-Inform». - 2022. - S. 86-96.

13. Demin V.A. Kontseptsiya analiticheskoy modeli upravleniya v transportno-logisticheskoy sisteme kak podsisteme intellektual'noy transportnoy sistemy // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. - 2019. - №1(72). - S. 146-151. - DOI 10.23968/1999-5571-2019-16-1-146-151.

14. Demin V., Karelina M., Terent'ev A. Metodika dostizheniya dinamicheskogo balansa mezhdu velichiyami propusknykh sposobnostey transportno-skladskikh kompleksov i gruzopotokov v logisticheskikh sistemakh // Logistika. - 2018. - №2(135). - S. 32-36.

15. Oleynikova I.A., Sokolov V.N. Analiz i otsenka tekhnologiy obrabotki gruzov // Tekhnicheskoe regulirovanie v transportnom stroitel'stve. - 2020. - №3(42). - S. 228-231.

16. Nasonov S.V. Analiz problem skladskoy logistiki i puti ikh resheniya // 2022. - №2(39). - S. 18-22.

17. Bashmakova K.V., Habirov D.A., Tsimbalist-Kolesnikova I.A. Innovatsionnye sistemy v skladskoy logistike // Nizkotemperaturnye i pishchevye tekhnologii v XXI veke: IX Mezhdunarodnaya nauchno-tehnicheskaya konferentsiya. - Tom 2. - Sankt-Peterburg: Sankt-Peterburgskiy natsional'nyy issledovatel'skiy universitet informatsionnykh tekhnologiy, mekhaniki i optiki. - 2019. - S. 342-346.

18. Ilyukhina S.S., Efimenko D.B. Infrastrukturnoe obespechenie transportno-logisticheskoy sistemy // Sovremennaya nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki. Seriya: Ekonomika i pravo. - 2020. - №4. - S. 52-55. - DOI 10.37882/2223-2974.2020.04.18.

Efimenko Dmitry Borisovich

Moscow Automobile and Road Construction State Technical University

Adress: 125319, Russia, Moscow, Leningradsky ave., 64

Doctor of technical sciences

E-mail:ed2002@mail.ru

Demin Vasily Alexandrovich

Moscow Automobile and Road Construction State Technical University

Adress: 125319, Russia, Moscow, Leningradsky ave., 64

Doctor of technical sciences

E-mail:logist3@yandex.ru

Komkova Daria Andreevna

Moscow Automobile and Road Construction State Technical University

Adress: 125319, Russia, Moscow, Leningradsky ave., 64

Senior Lecturer

E-mail:komkova_da@madi.ru

Gerami Victoria Darabovna

HSE University

Adress: Russia, 119049, Moscow, Shabolovka str., 26/3

Doctor of technical sciences

E-mail: v_gerami@mail.ru

Научная статья

УДК 656.13

doi:10.33979/2073-7432-2023-2(81)-126-138

А.С. ТЕРЕНТЬЕВ, С.А. ГУСЕВ, И.А. ГУСЕВА

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЦЕССЕ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТИРОВКОЙ ПРОДУКЦИИ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ

Аннотация. В статье рассмотрены методические подходы организации процессов управления транспортировкой нефтепродуктов с использованием существующих технологий логистики в оптимизации функционирующих потоков. Выявлены особенности работы транспорта в исследуемых системах при транспортировке опасных грузов. Исследуются вопросы применения специализированных информационных систем в управлении работой транспорта предприятий нефтеперерабатывающей отрасли. Предложены механизмы реализации информационного взаимодействия в процессе управления транспортировкой продукции нефтепереработки на основе ER-диаграмм для разработки проекта автоматизации материально-технического учета цепи поставок для нефтеперерабатывающего предприятия.

Ключевые слова: нефть, нефтеперерабатывающая промышленность, информационные технологии, управление, оптимизация, логистика

Введение

В настоящее время в мире каждый день циркулируют различные потоки – финансовые, материальные, информационные. С учетом того, что нефтеперерабатывающая промышленность уже давно получила статус одной из самых прибыльных и важных, необходимо отметить, что потребность в оптимизации логистического комплекса в данном случае трудно переоценить [18]. Важно вовремя транспортировать нефтяную продукцию, ведь даже при малейшем простое потери будут значительными, что наверняка обернется внушительными потерями прибыли, причем не одного предприятия нефтеперерабатывающей промышленности, а всех участников процесса транспортировки продукции нефтепереработки [17].

Ввиду того, что в глобальном информационном пространстве сейчас наблюдается крайне активное развитие информационных технологий, охватывающих практически все направления деятельности, актуальным представляется использование подобных технологий и в процессе транспортировки продукции нефтепереработки предприятиями нефтеперерабатывающей промышленности [9].

На данный момент конкуренция в нефтеперерабатывающей отрасли настолько внушительна, что перед предприятиями стоят задачи реорганизации принципов и методов управления собственным функционированием [20]. Нефтеперерабатывающим предприятиям сейчас уже нецелесообразно работать и развиваться без учета существующей рыночной инфраструктуры, влияющей на них с позиции как внешних, так и внутренних факторов [9].

С учетом всего сказанного необходимо отметить, что все больше нефтеперерабатывающих предприятий для оценки эффективности своей деятельности используют систему инновационных показателей (качество продукции, скорость доставки, гибкость производства, экологические показатели и пр.). Еще одной проблемой представляется определенная степень инертности логистической системы в контексте работы транспортировки продукции нефтепереработки, оцениваемая временем, требующимся для соответствующего изменения ее конфигурации [16]. Наличие подобной проблемы заставляет искать эффективный инструментарий для точного прогнозирования будущей ситуации в разных аспектах работы нефтеперерабатывающего предприятия.

Ввиду указанных причин формирование эффективной стратегии управления транспортировкой продукции нефтепереработки нефтеперерабатывающих предприятий становится жизненно необходимым бизнес-процессом. Нефтеперерабатывающее предприятие нужно рассматривать как комплекс составляющих, взаимодействующих на постоянной основе с

внешней средой [1]. Таким образом, в случае принятия стратегических решений по поводу оптимизации управления транспортировкой продукции нефтепереработки целесообразно учитывать степень взаимодействия нефтеперерабатывающего предприятия с потребителями и поставщиками.

Задача исследования: разработать предложения по оптимизации функционирования системы управления транспортировкой продукции нефтепереработки предприятий нефтеперерабатывающей промышленности на основе использования современных информационных технологий.

Использование информационных технологий в процессе транспортировки нефтепродуктов

Основные направления использования нефтеперерабатывающих продуктов представлены на рисунке 1. В данном случае целесообразно заключить, что нефтеперерабатывающие продукты используются в разнообразных областях – в смазочных маслах, спиртах, парфюмерии и пр. [3, с.56].

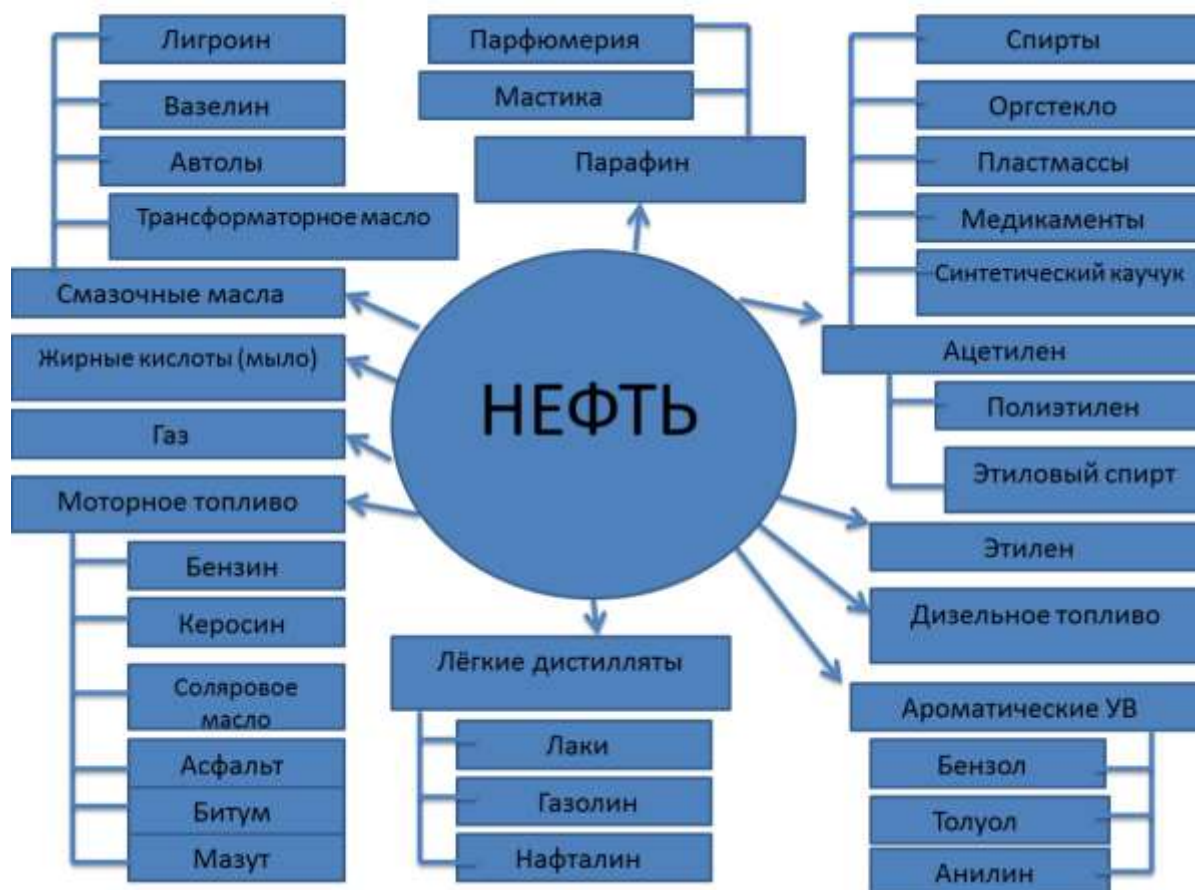


Рисунок 1 – Использование продуктов нефтепереработки

Процесс эксплуатации углеводородного сырья влияет на сокращение степени загрязнения окружающей среды соответствующими отходами [5].

Необходимо отметить, что далеко не последнее значение в данном случае имеет обеспечение устойчивого по времени и качественным характеристикам нефтехимического производства ввиду постоянно меняющейся конъюнктуры сырьевых рынков глобального и локального масштаба [7]. Реализация подобного обеспечения позволяет успешно конкурировать на рынке нефтепродуктов [14].

Система управления транспортировкой продукции нефтепереработки должна строиться на работе исключительно современных и развитых программных приложений. В совокупности это дает возможность нефтеперерабатывающим предприятиям увеличить степень точности прогнозирования, оптимизировать процесс управления производственными графиками, достигнуть запланированного объема оборачиваемости запасов [6]. Современные тех-

нологии могут преобразовать нефтеперерабатывающие ресурсы в то, что требуется конечному потребителю, минуя посреднические звенья [22].

Материал и методы

Для более точного понимания процесса необходимо выделить основополагающие цели управления транспортировкой продукции нефтепереработки, используемых на нефтеперерабатывающих предприятиях:

- обеспечение необходимого качества готового продукта, а также его оптимальной ресурсо-, энерго- и водоемкости;
- минимизация отходов нефтеперерабатывающего предприятия;
- соответствие установленных требованиям по охране и защите окружающей среды, здоровья и безопасности жизнедеятельности персонала нефтеперерабатывающего предприятия;
- наиболее эффективный выбор нефтеперерабатывающих продуктов, то есть реализации их предметной области, а также выбор поставщиков соответствующей продукции;
- выгодное корпоративное сотрудничество нефтеперерабатывающих предприятий как между собой, так и с потребителями продукции [8].

Представляется, что эффективным вариантом оптимизации управления транспортировкой продукции нефтепереработки в нефтеперерабатывающем комплексе будет внедрение системы автоматизации материально-технического учета на предприятии [12].

Требуемая техническая архитектура нефтеперерабатывающего предприятия представлена на рисунке 2 [15].

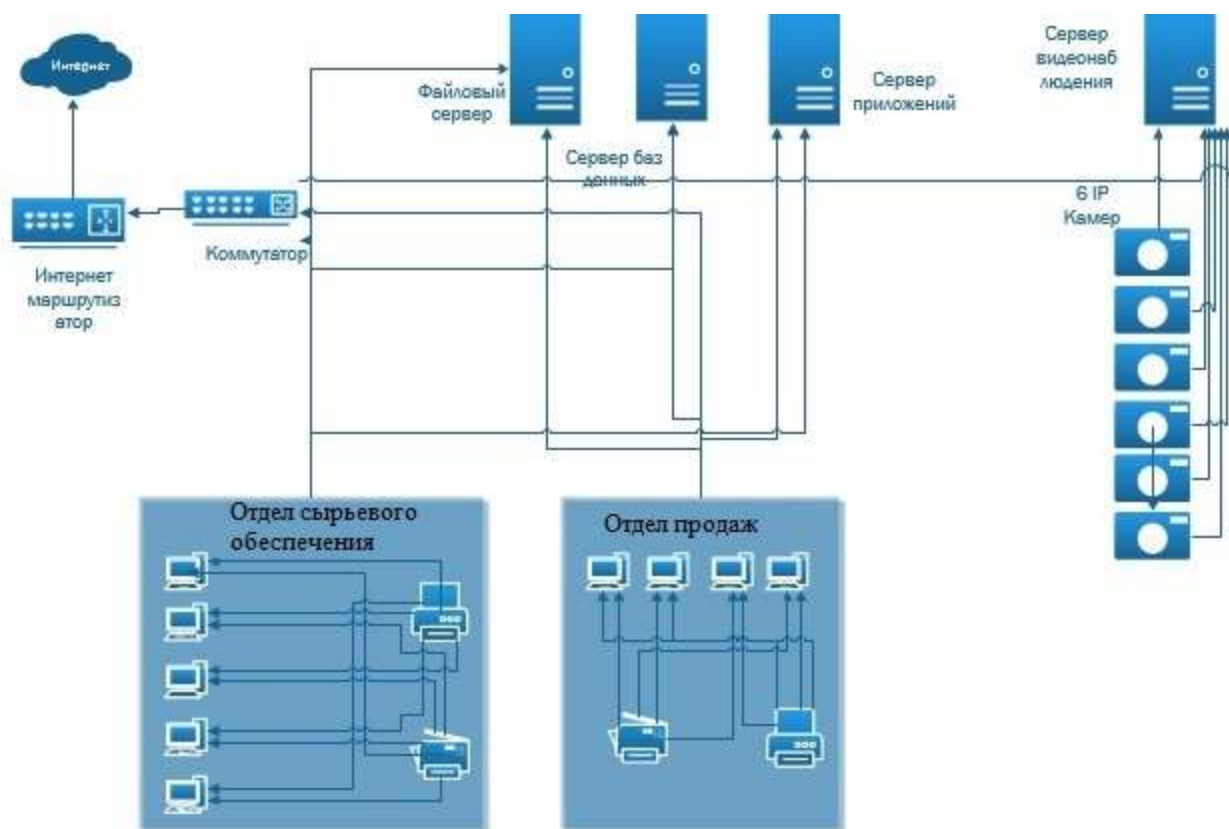


Рисунок 2 – Планируемая техническая архитектура нефтеперерабатывающего предприятия

Далее представлены подходы к применению информационных технологий в процессе управления транспортировкой продукции нефтепереработки на нефтеперерабатывающих предприятиях:

1) кусочная автоматизация представляет собой оптимальный подход инвестирования финансовых средств для совершенствования функционирования любого предприятия. Одна-

ко, в данном случае интеграция информационных технологий носит локальный характер, не затрагивая стратегическую направленность компании;

2) автоматизация по участкам предполагает автоматизацию определенных производственных участков фирмы, функционально схожих между собой;

3) автоматизация по направлениям отличается от автоматизации по участкам тем, что здесь в процессе интеграции информационных технологий в компанию принимают участие все ее подразделения [21];

4) полная автоматизация является комплексной системой, включающей множество составляющих, находящихся на разных уровнях организационной структуры компании. Сюда целесообразно отнести различные модули, задачи и пр. [4].

Расчет

Современная практика модернизации существующих информационных систем на действующих предприятиях направлена на доработку используемых программных продуктов и их базовых вариантов, а также применяемых подходов по реорганизации автоматизированных систем в управлении ключевыми бизнес-процессами и применением адаптированных версий более простых информационных структур.

Стратегические решения в разработке автоматизированных систем управления производственными процессами предприятия, в том числе, процессами транспортного обслуживания, учета в системе материально-технического снабжения необходимо реализовывать поэтапно, формируя единую информационную систему.

В качестве операционной среды для разработки проекта автоматизации управления транспортировкой продукции нефтепереработки для нефтеперерабатывающего предприятия была выбрана ОС Windows 10. Windows 10 является одной из самых распространенных ОС. ОС Windows 10 реализует стабильность работы, позволяя пользователям сосредоточиться на выполняемой работе [10].

В настоящем исследовании выбор был сделан в пользу СУБД My SQL 8.0.22. Средство программирования – C++, активным образом применяющийся для разработки ПО, представляя собой одно из наиболее востребованных средств программирования [2].

Для внедрения проекта в действующую среду выбирается стратегия «Пилотного проекта». Это продиктовано тем, что разрабатывается полностью автоматизированная система, охватывающая лишь небольшую часть работ нефтеперерабатывающего предприятия. Результатом решения задачи по материально-техническому учету являются ведомости приема или выбытия материалов в процессе их движения. В таблице 1 отражена характеристика результатной информации.

Таблица 1 – Характеристика результатной информации

Наименование информации	Потребитель информации	Периодичность передачи информации	Способ передачи
Ведомость приема или выбытия материалов	Логистический отдел	Один раз в месяц	Канал связи

В таблице 2 представлен документ «Ведомость приема или выбытия материалов при перемещении в процессе транспортировки».

Таблица 2 – Документ «Ведомость приема или выбытия материалов при перемещении в процессе транспортировки»

Наименование реквизита	Идентификатор	Разрядность
1	2	3
Название филиала	ФИЛ	A(13)
Код филиала	КОД	A(6)
ФИО сотрудников	ФИО	A(15)
Наименование материала	МАТ	99999
Величина расхода материала, кг	РАС	9999999

1	2	3
Дата приема	ДПР	99999999
Дата выбытия	ДВЫБ	99999999
Порядковый номер филиала	i	A(1)
Порядковый номер сотрудника	j	A(1)
Количество сотрудников	N	9
Количество филиалов	M	9

На рисунке 3 приведен сценарий диалога работы программы.

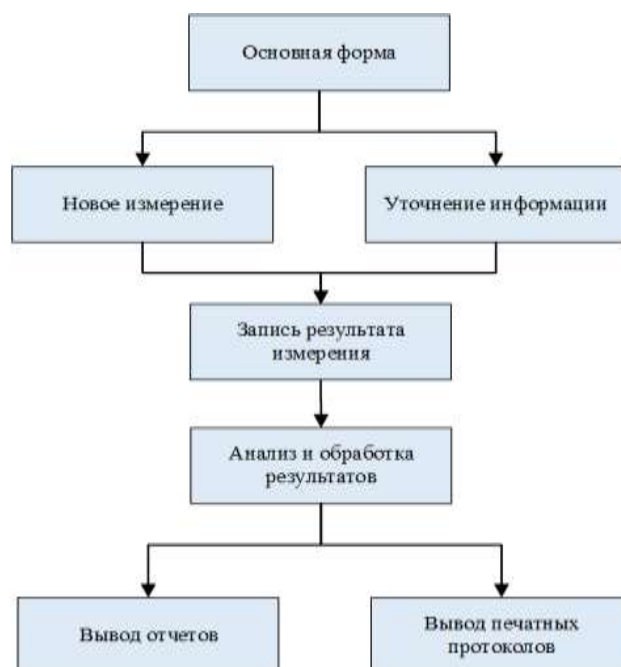


Рисунок 3 – Сценарий диалога работы программы

Каждую функцию программы можно разделить на основную и служебную, с помощью основных достигается главная задача программы. Служебная функция применяется для настройки, изменения и уточнения [19] (рис. 4).

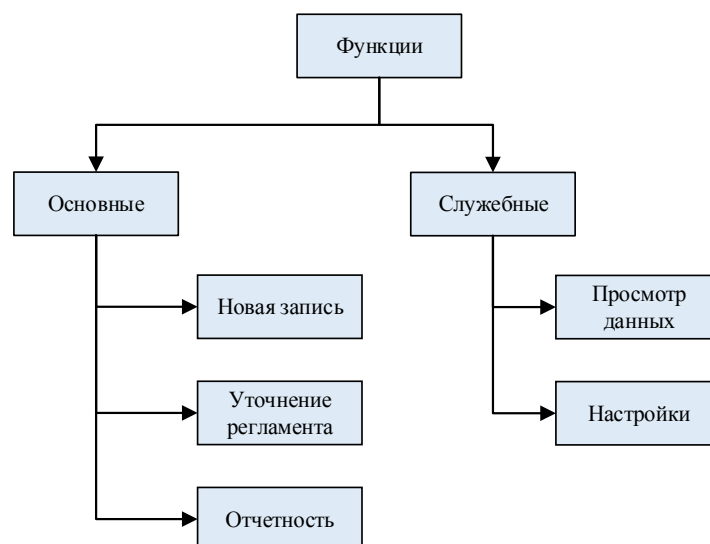


Рисунок 4 – Сценарий диалога работы программы

Одной из самых часто используемых семантических моделей данных является модель «сущность-связь» (ER-модель) [11]. Сущность – это объект, информация о котором должна отражаться в модели, а связь – соединение как минимум между двумя сущностями (рис. 5).

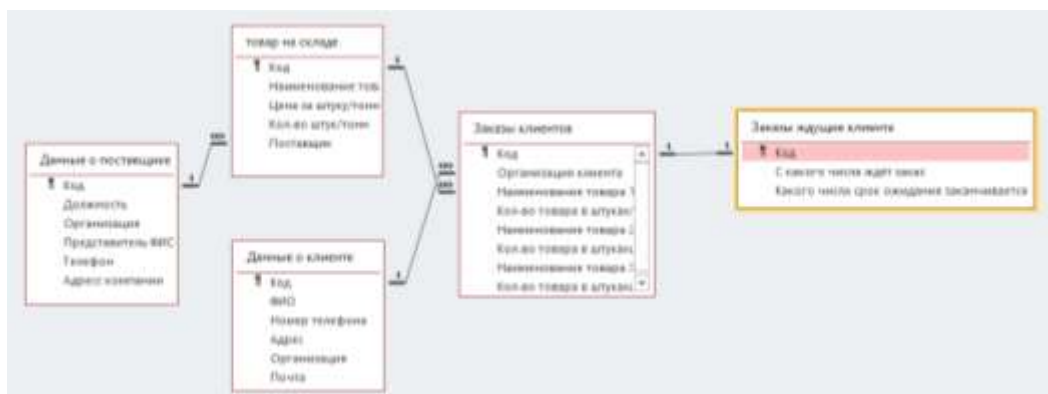


Рисунок 5 – ER-диаграмма

На рисунке 6 изображен пример создания склада для учета материально-технических объектов в процессе управления транспортировкой продукции нефтепереработки.

← →

Склад (создание)

×

Основное

Подключаемое оборудование

Счета учета номенклатуры

Записать и закрыть

Записать

Еще ▾

?

Группа:

⌵

⌵

Наименование:

Склад №1

Тип склада:

Оптовый склад

▾

Тип цен:

▾

⌵

Ответственное лицо:

▾

⌵

Комментарий:

История изменений

Рисунок 6 – Создание склада для учета материально-технических объектов

Таким образом, автоматизированная система позволяет создать любое количество складов, показывающих хранение того или иного вида продукции нефтеперерабатывающего предприятия. Одним из преимуществ системы является то, что можно быстро скомплектовать заказ поставщика и погрузить его для транспортировки. Это экономит и временные, и материальные, и трудовые ресурсы предприятия.

Преимуществом системы является добавление неограниченного количества заказчиков (рис. 7). Ведение подобной базы данных со всеми контактными данными клиентов позволяет экономить временные издержки на поиск требуемой информации по ним.

Валентина	Моржова	Анатольевна	ул. Щелковское шоссе, д. 74, кв. 5.	+7 (977) 777-77-77
-----------	---------	-------------	-------------------------------------	--------------------

Рисунок 7 – Добавление нового клиента

Например, из рисунка 8 видно, что, вводя значение параметра, можно посмотреть его состояние – т.е. в каком статусе находится конкретный продукт нефтепредприятия – на складе ли, в пути или уже отгружен заказчику.

Рисунок 8 – Ввод значения параметра

В любом случае процесс применения информационных технологий при управлении транспортировкой продукции нефтепереработки должен быть рентабельным с экономической точки зрения. Нет никакого смысла внедрять инновации или использовать информационные технологии для оптимизации каких-либо процессов, если это не будет экономически выгодно. Ввиду этого в контексте настоящего исследования был проведен специальный эксперимент, целью которого было выявление неэффективных видов работ персонала, а также затрат рабочего времени на исправление различных возникающих ошибок и поиск требуемой документации. Например, можно отметить, что в среднем сотрудник ищет конкретный документ или же заполняет его в контексте актуализации материально-технического учета около 30 минут. Зачастую случается, что одним поиском дело не ограничивается, поэтому еще около 20 минут занимает операция по внесению соответствующих исправлений или дополнений в карточке компонента. Суммарно получается 50 минут. В таблице 3 сопоставлены виды работ, осуществляемые персоналом, а также доля рабочего времени, которого тратит персонал на реализацию подобных работ.

Таблица 3 – Виды работ персонала до внедрения автоматизации

Работа	Временные затраты, %
Эффективная работа, предполагающая учет, выдачу документов, формирование различной необходимой отчетности	60
Неэффективная работа:	40
Корректировка ошибок, которые были сделаны в ходе выполнения основной работы	10
Поиск документов и соответствующих сведений	30

Соответственно, издержки на зарплату сотрудника в случае корректировок ошибок, а также поиска документов равны: $1380000 \text{ рублей} \cdot 40 \% = 552000 \text{ рублей}$ в год.

Для более наглядного вида, демонстрирующего эффективность внедрения автоматизированной системы, целесообразно обновленные данные свести в таблицу 4.

Таким образом, на основании данных таблицы 4 можно заключить, что издержки предприятия при транспортировке продукции нефтепереработки составят $1380000 \text{ рублей} \cdot 20 \% = 276000 \text{ рублей}$ в год.

Таблица 4 – Виды работ персонала после внедрения автоматизации

Работа	Временные затраты, %
Эффективная работа, предполагающая учет, выдачу документов, формирование различной необходимой отчетности	80
Неэффективная работа:	20
Корректировка ошибок, которые были сделаны в ходе выполнения основной работы	5
Поиск документов и соответствующих сведений	5
Действия по формированию отчетности (теперь она формируется путем нажатия одной кнопки)	10

Следовательно, экономия от внедрения автоматизации равна: 552000 рублей – 276000 рублей = 276000 рублей в год.

Кроме всего прочего, необходимо также понять, уменьшаются ли непосредственно трудовые затраты персонала при внедрении системы автоматизации. Для этого целесообразно вычислить трудовые затраты по двум вариантам – базовому и проектному.

Базовый вариант предполагает реализацию материально-технического учета смешанным способом – частично каноническим (ручным), частично автоматизированным.

Объем работы сотрудника целесообразно измерять актуальным количеством документов, которые надо ему обработать в существующей системе. В данном случае допустим, что в год сотрудник должен обработать около 10 тысяч документов, затрагивающих процесс транспортировки продукции нефтепереработки. Для того, чтобы обработать такой объем документов, необходимы 5 сотрудников. Следовательно, годовой фонд рабочего времени ($F_{\text{год}}$) составит $F_{\text{год}} = 1960$ часов. Каждый сотрудник выполняет примерно 2 тысячи операций с документацией. Соответственно, норма выработки сотрудника за час будет равна примерно к отношению 2 тысяч операций к годовому фонду рабочего времени, т.е. около полутора операций.

Трудоёмкость (T_0) определяется делением объёма работы на норму выработки:

$$T_0 = 2000 : 1,5 = 1333.$$

Проектный вариант (контроль с помощью программы).

Норма выработки здесь показывает, сколько специалист за 1 час делает операций с использованием автоматизированной системы.

Норма выработки в час составляет 4 операции:

1) трудоёмкость (T_1):

$$T_1 = 1333 : 4 = 444;$$

2) абсолютное снижение трудовых затрат (ΔT):

$$\Delta T = 1333 - 444 = 889;$$

3) коэффициент относительного снижения трудовых затрат (K_T):

$$\Delta K_T = 889 : 1333 \cdot 100 \% = 67;$$

4) повышение производительности труда (Y_T):

$$Y_T = 1333 : 444 = 3.$$

Расчет стоимостных показателей:

Базовый вариант (комбинированный способ)

Затраты на ручную обработку информации:

1) материальные затраты:

Сюда включаются затраты на расходные материалы (ежемесячно 300 рублей). Соответственно на год потребуются:

$$300 \cdot 12 = 3600 \text{ руб.}$$

2) трудовые затраты:

Количество работников – 5 человек. ФОТ (Фонд оплаты труда) каждого работника – 23000 рублей средняя зарплата в месяц.

ФОТ за год:

$$23000 \cdot 12 \cdot 5 = 1380000 \text{ руб.}$$

Отчисления по ЕСН – 26,5 % от ФОТ:

$$1380000 \cdot 0,265 = 365700 \text{ руб.}$$

Накладные расходы (состоят из суммы стоимости потреблённой электроэнергии, отопления, водоснабжения, канализации, амортизации здания, затраты на зарплату и др.) составляют 70 % от ФОТ:

$$1380000 \cdot 0,70 = 966000 \text{ руб.}$$

Всего:

$$C_0 = 3600 + 1380000 + 365700 + 966000 = 2715300 \text{ руб.}$$

Проектный вариант (контроль с помощью программы).

Затраты на автоматизированную обработку информации:

1) материальные затраты:

Сюда включаются материалы:

картриджи – 4 шт. · 3500 руб. = 14000 руб.

бумага – 20 шт. · 120 руб. = 2400 руб.

Итого = 16400 руб.

2) трудовые затраты:

Количество работников – 4 человека. ФОТ каждого работника – 23000 рублей средняя зарплата в месяц.

ФОТ за год:

$$23000 \cdot 12 \cdot 4 = 1104000 \text{ руб.}$$

Отчисления по ЕСН – 26,5 % от ФОТ:

$$1104000 \cdot 0,265 = 292560 \text{ руб.}$$

Накладные расходы (состоят из суммы стоимости потреблённой электроэнергии, отопления, водоснабжения, канализации, амортизации здания, затраты на заработную плату и др.) составляют 70 % от ФОТ:

$$1104000 \cdot 0,70 = 772800 \text{ руб.}$$

Срок действия проекта – 5 лет, тогда амортизационные отчисления составят 20 % (100 % / 5) от капитальных вложений

$$280000 \cdot 0,2 = 56000 \text{ руб.}$$

Всего затраты на автоматизированную обработку информации по транспортировке продукции нефтепереработки:

$$C_1 = 16400 + 1104000 + 292560 + 772800 + 56000 = 2241760 \text{ руб.}$$

Автоматизированная информационная система включает затраты:

1) материальные затраты.

Таблица 5 – Затраты на расходные материалы и инструменты

№ п/п	Наименование	Расход (шт.)	Стоимость (руб./шт.)	Сумма (руб.)
1.	Ручки, карандаши, ластик, линейка, штрих, маркер		300	300
2.	Канцтовары - пачка листов формата А4	8	120	960
3.	Картридж	4	3500	14000
Итого:				15260

2) трудовые затраты.

Проект выполнялся усилиями 2 специалистами

ФОТ в месяц:

Руководитель проекта – 45000 руб.

Помощник программиста – 30000 руб.

Процесс создания автоматизированной информационной системы занял около 4 месяцев.

$$\text{Всего ФОТ} = (45000 + 30000) \cdot 4 = 300000 \text{ руб. в год.}$$

Отчисления на социальное обеспечение составляют 26,5 % от ФОТ:

$$300000 \cdot 0,265 = 79500 \text{ руб.}$$

Накладные расходы составляют 100 % от ФОТ:

$$300000 \cdot 1 = 300000 \text{ руб.}$$

В таблице 6 представлена калькуляция проекта информационного обеспечения.

Таблица 6 – Калькуляция проекта информационного обеспечения

№ п/п	Статьи расходов	Затраты (руб.)
1.	Расходные материалы и инструменты	15260
2.	ФОТ участников проекта	300000
3.	Отчисления на социальное обеспечение	79500
4.	Накладные расходы	300000
Итого:		694760

Приобретение компьютеров не требуется. Имеющиеся в наличии компьютеры вполне удовлетворяют требованиям спроектированной автоматизированной системы.

Таким образом, затраты на создание информационного обеспечения: $K = 694760$.

1) абсолютное снижение стоимостных затрат (ΔC):

$$\Delta C = 2715300 - 2241760 = 473540 \text{ руб.}$$

2) коэффициент относительного снижения стоимостных затрат (K_c):

$$K_c = 473540 : 2715300 \cdot 100 = 17.$$

3) индекс снижения стоимостных затрат (U_c):

$$U_c = 2715300 : 2241760 = 1,2.$$

Экономическая эффективность (E):

$$E = 473540 : 694760 = 0,68.$$

На 1 рубль вложенных на проект затрат приходится 48 копеек прибыли.

Срок окупаемости:

$$T = 1 : 0,68 = 1,5 \text{ года.}$$

Таблица 7 – Показатели экономической эффективности

Наименование показателей эффективности	Ед. измерения	Результат
Необходимые инвестиции на создание конфигурации программы	руб.	241760
Годовые затраты на ведение документации в комбинированном режиме.	руб.	2715300
Годовые затраты на 100 % автоматизированное ведение управления транспортировкой продукции нефтепереработки	руб.	2241760
Годовой экономический эффект	руб.	119840
Экономическая эффективность проекта		0,68
Срок окупаемости проекта	лет	1,5

Оценка эффективной деятельности персонала предприятия направлена на поиск потенциальных резервов и возможностей в модернизации информационных систем управления на предприятии. В качестве примера мы анализируем работу в системе поиска объектов материально-технического обеспечения по поиску заданной позиции в номенклатуре хранения. Детализация такой деятельности встречается в литературе при использовании ABC и XYZ анализа и расчете оптимальной величины размера заказа. В данном случае в качестве составляющей в общих затратах выделяют трудовую функцию менеджера в процессе поиска необходимых товарно-материальных ценностей. Оценка затрат производится исходя из затраченного времени работы, квалификации и затрат на оплату трафика интернет в процессе информационно-коммуникационного обмена или отчислений при использовании внутренней системы документооборота.

Современный контекст управления цепями поставок связан с проблематикой вопросов управления перевозочным процессом и формирования эффективных схем организации-товародвижения в цепях поставок. Применение разработанных моделей и методов в теории управления цепями поставок основано на расчете показателей систем управления запасами, применение которых возможно только при включении терминалов в технологический процесс товародвижения. Выполняя ключевую функцию, терминал изменяет величину и направление грузопотока, при этом сохраняется задача по оптимизации величины логистических затрат, что обосновывает необходимость разработки методических положений по совершенствованию работы информационных систем, включая интегрированные подходы во включении терминалов и других элементов в системы, обеспечивающие материально-техническое снабжение нефтеперерабатывающих предприятий. Рациональное планирование работы, размещение терминальных комплексов, а также использование информационных технологий представляет собой основу эффективного управления товародвижением для нефтеперерабатывающих предприятий.

Проведенный анализ методических положений по размещению терминалов на транспортной сети включает в себя ряд известных моделей в том числе, метод расчета центра тяже-

сти грузопотоков, метод расчета центра тяжести грузопотоков с учетом корректировки по тарифам на перевозку, расчета «Манхэттенского расстояния», методы Вебера, Гувера, Вон Ту-нана. Проведенный анализ показывает, что расчеты по каждому из указанных методов в отдельности дают разные результаты для определения координат размещения терминалов в распределительных системах, что подтверждает тезис о необходимости проведения дальнейших исследований по разработке комплексных решений в технологии выбора мест размещения терминалов. Дальнейшие разработки ученых были направлены на исследование вопросов включения терминалов в цепи поставок с точки зрения решения задач по использованию гравитационных моделей и определения функции полезности для розничного торгового предприятия, выбирающего логистический терминал. Известные подходы решают задачу по оптимизации товародвижения импорта и экспорта, региональных распределительных систем, и терминалов в условиях работы в городах. По результатам работы предложен комплексный подход по определению мест размещения терминалов, учитывающий возможность совместного обслуживания грузопотоков импортного направления и региональной системы товародвижения, с учетом использования информационного центра по управлению процессом доставки партий грузов, оптимизации маршрутов движения подвижного состава для повышения эксплуатационной эффективности их использования при обслуживании цепей поставок.

Результаты

Эффективность проектного варианта решения задачи по сравнению с известными подходами связана с использованием информационного взаимодействия между участниками данной цепочки и обоснована снижением трудоемкости выполняемых работ. Снижение нагрузки на персонал и увеличение производительности труда повышает эффективность работы исследуемой системы, и является приоритетным направлением в деятельности предприятий нефтеперерабатывающей промышленности.

Обсуждение

Применение информационных технологий при организации грузоперевозок продуктов нефтепереработки позволяет решать сложные логистические задачи с разработкой альтернативных схем и вариантов функционирования грузопотоков. Предлагаемый проектный вариант решения задачи позволил снизить затраты на организацию работ и с расчетным сроком окупаемости 1,5 года. Такой вариант решения данной задачи позволит усовершенствовать структуру и технологию управления транспортом нефтеперерабатывающего предприятия.

Выводы

Практический результат разработки заключается в том, что была спроектирована автоматизированная система материально-технического учета в процессе управления транспортом продукции нефтепереработки предприятий нефтеперерабатывающей промышленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров О.А. Логистика: Учебное пособие. – Москва: ИНФРА-М, 2020. – 217 с.
2. Васильев С.Н. От классических задач регулирования к интеллектуальному управлению // Изв. РАН. ТиСУ. – 2019. – №2. – С. 5–21.
3. Григорьев М.Н., Ткач В.В., Уваров С.А. Коммерческая логистика: теория и практика: Учебник для вузов. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва: Юрайт, 2022. – 507 с.
4. Джексон П. Введение в экспертные системы. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2018. – 250 с.
5. Елохин А.Н. Анализ управления рисками. – М.: ООО «Полимедиа», 2020. – 340 с.
6. Канке А.А., Кошечкина И.П. Логистика: Учебное пособие. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2022. – 384 с.
7. Левкин Г.Г., Куршакова Н.Б. Контроллинг логистических систем: учебное пособие для вузов. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Юрайт, 2022. – 167 с.
8. Логистика: учебник / под ред. Б.А. Аникина. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2019. – 320 с.
9. Лукин В.С., Лукин В.В., Плетнева Н.Г. Логистика и управление цепями поставок. – М.: Юрайт, 2020. – 360 с.
10. Маклаков А.Г. Моделирование бизнес-процессов. – М.: Диалог-МИФИ, 2018. – 240 с.

11. Мартишин С.А., Симонов В.Л., Храпченко М.В. Проектирование и реализация баз данных в СУБД MySQL с использованием MySQL Workbench: Методы и средства проектирования информационных систем и техноло. - М.: Форум, 2018. - 61 с.
12. Неймарк Ю.И., Коган Н.Я., Савельев В.П. Динамические модели теории управления. - М., 2017. - 808 с.
13. Перлова О.Н. Проектирование и разработка информационных систем: Учебник. - М.: Академия, 2018. - 272 с.
14. Репин В.В. Бизнес-процессы. Моделирование, внедрение, управление. - М.: Манн, Иванов и Фербер, 2020. - 512 с.
15. Ротер М. Учитесь видеть бизнес-процессы: Построение карт потоков создания ценности. - М.: Альпина Паблишер, 2019. - 136 с.
16. Рудакова О.С. Реинжиниринг бизнес-процессов: Учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальностям экономики и управления. - М.: Юнити-Дана, 2018. - 343 с.
17. Современные методы и средства борьбы с разливами нефти / А.И. Вылкован и др. – СПб.: Центр – Техинформ, 2020. –208 с.
18. Гусев С.А., Терентьев А.С. Оптимизация существующей технологии перевозок грузов с нефтеперерабатывающих предприятий и структуры взаимодействия участников логистической системы // Мир транспорта и технологических машин. - 2022. - №3-5(78). - С. 88-97.
19. Теличенко В.И. Информационное моделирование технологий и бизнес-процессов. - М.: АСВ, 2018. - 144 с.
20. Гусев С.А., Терентьев А.С. Оптимизация уровня экологической безопасности при грузоперевозке и переработке нефти // Мир транспорта и технологических машин. - 2022. - №4-1(79). - С. 102-110.
21. Тельнов Ю.Ф., Фёдоров И.Г. Инжиниринг предприятия и управление бизнес-процессами. Методология и технология: Учебное пособие. - М.: Юнити, 2019. - 176 с.
22. Трахтенгерц Э.А. Возможности и реализация компьютерных систем поддержки принятия решений // Известия РАН. Теория и способы управления. - 2018. - №3. - С. 86-113.

Терентьев Антон Сергеевич

Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина

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

Аспирант кафедры организации перевозок, безопасность движения и сервис автомобилей

E-mail: anforcey@yandex.ru

Гусев Сергей Александрович

Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина

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

Д.э.н., зав. кафедрой организации перевозок, безопасность движения и сервис автомобилей

E-mail: o051nm@yandex.ru

Гусева Инна Андреевна

Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина

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

Аспирант кафедры организации перевозок, безопасность движения и сервис автомобилей

E-mail: guseva11.ia@yandex.ru

A.S. TERYTYEV, S.A. GUSEV, I.A. GUSEVA

APPLICATION OF INFORMATION TECHNOLOGIES IN THE PROCESS OF TRANSPORTATION MANAGEMENT OF OIL REFINING PRODUCTS

Abstract. *The article discusses methodological approaches to the organization of processes for managing the transportation of petroleum products using existing logistics technologies in optimizing functioning flows. The peculiarities of transport operation in the studied systems during the transportation of dangerous goods are revealed. The issues of the application of specialized information systems in the management of the transport of enterprises of the oil refining industry are investigated. The mechanisms for implementing information interaction in the process of managing the transportation of refined products based on ER-diagrams are proposed for the development of a project for automating the logistics accounting of the supply chain for an oil refinery.*

Keywords: *oil, oil refining industry, information technology, management, optimization, logistics*

BIBLIOGRAPHY

1. Aleksandrov O.A. Logistika: Uchebnoe posobie. - Moskva: INFRA-M, 2020. - 217 s.

2. Vasil'ev S.N. Ot klassicheskikh zadach regulirovaniya k intellektual'nomu upravleniyu // Izv. RAN. TiSU. - 2019. - №2. - S. 5-21.
3. Grigor'ev M.N., Tkach V.V., Uvarov S.A. Kommercheskaya logistika: teoriya i praktika: Uchebnik dlya vuzov. - 3-e izd., ispr. i dop. - Moskva: Yurayt, 2022. - 507 s.
4. Dzhekson P. Vvedenie v ekspertnye sistemy. - M.: Izd. dom «Vil'yams», 2018. - 250 s.
5. Elokhin A.N. Analiz upravleniya riskami. - M.: ООО "Polimedia", 2020. - 340 s.
6. Kanke A.A., Koshevaya I.P. Logistika: Uchebnoe posobie. - 2-e izd., ispr. i dop. - Moskva: FORUM: INFRA-M, 2022. - 384 s.
7. Levkin G.G., Kurshakova N.B. Kontrolling logisticheskikh sistem: uchebnoe posobie dlya vuzov. - 2-e izd., ispr. i dop. - Moskva: Yurayt, 2022. - 167 s.
8. Logistika: uchebnik / pod red. B.A. Anikina. - 4-e izd., pererab. i dop. - M.: INFRA-M, 2019. - 320 s.
9. Lukinskiy V.S., Lukinskiy V.V., Pletneva N.G. Logistika i upravlenie tsepyami postavok. - M.: Yurayt, 2020. - 360 c.
10. Maklakov A.G. Modelirovanie biznes-protssesov. - M.: Dialog-MIFI, 2018. - 240 c.
11. Martishin S.A., Simonov V.L., Hrapchenko M.V. Proektirovanie i realizatsiya baz dannykh v SUBD MySQL s ispol'zovaniem MySQL Workbench: Metody i sredstva proektirovaniya informatsionnykh sistem i tekhnolo. - M.: Forum, 2018. - 61 c.
12. Neymark Yu.I., Kogan N.Ya., Savel'ev V.P. Dinamicheskie modeli teorii upravleniya. - M., 2017. - 808 c.
13. Perlova O.N. Proektirovanie i razrabotka informatsionnykh sistem: Uchebnik. - M.: Akademiya, 2018. - 272 c.
14. Repin V.V. Biznes-protsessy. Modelirovanie, vnedrenie, upravlenie. - M.: Mann, Ivanov i Ferber, 2020. - 512 c.
15. Roter M. Uchites' videt' biznes-protsessy: Postroenie kart potokov sozdaniya tsennosti. - M.: Al'pina Publisher, 2019. - 136 c.
16. Rudakova O.S. Reinzhiniring biznes-protssesov: Uchebnoe posobie dlya studentov vuzov, obuchayushchikhsya po spetsial'nostyam ekonomiki i upravleniya. - M.: Yuniti-Dana, 2018. - 343 c.
17. Sovremennyye metody i sredstva bor'by s razlivami nefti / A.I. Vylkovan i dr. - SPb.: Tsentr - Tekhinform, 2020. - 208 s.
18. Gusev S.A., Terent'ev A.S. Optimizatsiya sushchestvuyushchey tekhnologii perevozok грузов s neftepere-rabatyvayushchikh predpriyatiy i struktury vzaimodeystviya uchastnikov logisticheskoy sistemy // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2022. - №3-5(78). - S. 88-97.
19. Telichenko V.I. Informatsionnoe modelirovanie tekhnologiy i biznes-protssesov. - M.: ASV, 2018. - 144 c.
20. Gusev S.A., Terent'ev A.S. Optimizatsiya urovnya ekologicheskoy bezopasnosti pri Грузоперевозке i pere-rabotke nefti // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. - 2022. - №4-1(79). - S. 102-110.
21. Tel'nov Yu.F., Fiodorov I.G. Inzhiniring predpriyatiya i upravlenie biznes-protsessami. Metodologiya i tekhnologiya: Uchebnoe posobie. - M.: Yuniti, 2019. - 176 c.
22. Trakhtengerts E.A. Vozmozhnosti i realizatsiya komp'yuternykh sistem podderzhki prinyatiya resheniy // Izvestiya RAN. Teoriya i sposoby upravleniya. - 2018. - №3. - S. 86-113.

Terentyev Anton Sergeevich

Saratov State Technical University
Address: 410054, Russia, Saratov, Polytechnic str., 77
Graduate student
E-mail: anforcey@yandex.ru

Gusev Sergey Alexandrovich

Saratov State Technical University
Address: 410054, Russia, Saratov, Polytechnic str., 77
Doctor of economics sciences
Email: o051nm@yandex.ru

Guseva Inna Andreevna

Saratov State Technical University
Address: 410054, Russia, Saratov, Polytechnic str., 77
Graduate student
E-mail: guseva11.ia@yandex.ru

Уважаемые авторы!
Просим Вас ознакомиться с требованиями
к оформлению научных статей.

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

- Представляемый материал должен быть оригинальным (оригинальность не менее 70%), не опубликованным ранее в других печатных изданиях.
- объем материала, предлагаемого к публикации, измеряется страницами текста на листах формата А4 и содержит от 4 до 9 страниц; все страницы рукописи должны иметь сплошную нумерацию;
- статья предоставляется в электронном виде (по электронной почте или на любом электронном носителе);
- в одном номере может быть опубликована только одна статья одного автора, включая соавторство;
- если статья возвращается автору на доработку, исправленный вариант следует прислать в редакцию повторно, приложив письмо с ответами на замечания. Доработанный вариант статьи рецензируется и рассматривается редакционной коллегией вновь. Датой представления материала считается дата поступления в редакцию окончательного варианта исправленной статьи;
- аннотации всех публикуемых материалов, ключевые слова, информация об авторах, списки литературы будут находиться в свободном доступе на сайте соответствующего журнала и на сайте Российской научной электронной библиотеки - РУНЭБ (Российский индекс научного цитирования).

ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

Научная статья, предоставляемая в журнал, должна иметь следующие **обязательные элементы**:

Введение

Укажите цели работы и предоставьте достаточный накопленный опыт, избегая подробного обзора литературы или обобщенных результатов.

Материал и методы

Предоставьте достаточно подробных сведений, чтобы можно было воспроизвести работу независимым исследователем. Методы, которые уже опубликованы, должны быть обобщены и указаны ссылкой. Если вы цитируете непосредственно из ранее опубликованного метода, используйте кавычки и также ссылаетесь на источник. Любые изменения существующих методов также должны быть описаны.

Теория / расчет

Раздел «Теория» должен продлить, а не повторять предысторию статьи, уже рассмотренную во введении, и заложить основу для дальнейшей работы. Напротив, раздел «Расчет» представляет собой практическое развитие с теоретической основы.

Результаты

Результаты должны быть четкими и краткими.

Обсуждение

Здесь необходимо рассмотреть значимость результатов работы, а не повторять их. Часто целесообразен комбинированный раздел «Результаты и обсуждение». Избегайте подробных цитат и обсуждений опубликованной литературы.

Выводы

Основные выводы исследования могут быть представлены в кратком разделе «Выводы», который может стоять отдельно или составлять подраздел раздела «Обсуждение» или «Результаты и обсуждение».

В тексте статьи **не рекомендуется**:

- применять обороты разговорной речи, техницизмы, профессионализмы;
 - применять для одного и того же понятия различные научно-технические термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке;
 - применять произвольные словообразования;
 - применять сокращения слов, кроме установленных правилами русской орфографии, соответствующими стандартами;
- Сокращения и аббревиатуры должны расшифровываться по месту первого упоминания (вхождения) в тексте статьи.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

Статья должна быть набрана шрифтом Times New Roman, размер 12 pt с одинарным интервалом, текст выравнивается по ширине; абзацный отступ - 1,25 см, правое поле - 2 см, левое поле - 2 см, поля внизу и сверху - 2 см.

Обязательные элементы:

- **заглавие** (на русском и английском языке) публикуемого материала - должно быть точным и ёмким; слова, входящие в заглавие, должны быть ясными сами по себе, а не только в контексте; следует избегать сложных синтаксических конструкций, новых словообразований и терминов, а также слов узкопрофессионального и местного значения;

- **аннотация** (на русском и английском языке) - описывает цели и задачи проведенного исследования, а также возможности его практического применения, указывает, что нового несет в себе материал; рекомендуемый средний объем - 500 печатных знаков;

- **ключевые слова** (на русском и английском языке) - это текстовые метки, по которым можно найти статью при поиске и определить предметную область текста; обычно их выбирают из текста публикуемого материала, достаточно 5-10 ключевых слов;

- **список литературы** должен содержать не менее 20-ти источников. В списке литературы количество источников, принадлежащих любому автору не должно превышать 30% от общего количества.

ПОСТРОЕНИЕ СТАТЬИ

- Индекс универсальной десятичной классификации (УДК) - сверху слева с абзацным отступом.
- С пропуском одной строки - выровненные по центру страницы, без абзацного отступа и набранные прописными буквами светлым шрифтом 12 pt инициалы и фамилии авторов (И.И. ИВАНОВ).

- С пропуском одной строки - название статьи, набранное без абзацного отступа прописными буквами полужирным шрифтом 14 pt и расположенное по центру страницы.
- С пропуском одной строки - краткая (не более 10 строк) аннотация, набранная с абзацного отступа курсивным шрифтом 10 pt на русском языке. С абзацного отступа - ключевые слова на русском языке.
- Текст статьи, набранный обычным шрифтом прямого начертания 12 pt, с абзацной строки, расположенный по ширине страницы.
- Список литературы, набранный обычным шрифтом прямого начертания 10 pt, помещается в конце статьи. Заголовок «**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**» набирается полужирным шрифтом 12 pt прописными буквами с выравниванием по центру.
- После списка литературы, с абзацного отступа, приводятся набранные обычным шрифтом 10 pt сведения об авторах (на русском языке) в такой последовательности:
Фамилия, имя, отчество (полужирный шрифт)
Учреждение или организация
Адрес
Ученая степень, ученое звание, должность
Электронная почта (обычный шрифт), не может повторяться у двух и более авторов
- С пропуском одной строки - выровненные по центру страницы, без абзацного отступа и набранные прописными буквами светлым шрифтом 12 pt инициалы и фамилии авторов (на английском языке).
- С пропуском одной строки - название статьи, набранное без абзацного отступа прописными буквами полужирным шрифтом 14 pt и расположенное по центру страницы (на английском языке).
- Краткая (не более 10 строк) аннотация, набранная с абзацного отступа курсивным шрифтом 10 pt, с абзацного отступа - ключевые слова (на английском языке).
- С абзацного отступа, приводятся набранные обычным шрифтом 10 pt сведения об авторах (на английском языке).

ТАБЛИЦЫ, РИСУНКИ, ФОРМУЛЫ

Все таблицы, рисунки и основные формулы, приведенные в тексте статьи, должны быть пронумерованы.

Формулы следует набирать в редакторе формул Microsoft Equation 3.0 с размерами: обычный шрифт - 12 pt, крупный индекс - 10 pt, мелкий индекс - 8 pt.

Формулы, внедренные как изображение, не допускаются!

Русские и греческие буквы, а также обозначения тригонометрических функций, набираются прямым шрифтом, латинские буквы - курсивом.

Формулы располагают по центру страницы и нумеруют (только те, на которые приводят ссылки); порядковый номер формулы обозначается арабскими цифрами в круглых скобках около правого поля страницы.

В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими стандартами. Описание начинается со слова «где» без двоеточия, без абзацного отступа; пояснение каждого символа дается с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Единицы измерения даются в соответствии с Международной системой единиц СИ.

Переносить формулы на следующую строку допускается только на знаках выполняемых операций, причем знак в начале следующей строки повторяют.

Пример оформления формулы в тексте

$$q_1 = (\alpha - 1)^2 (1 + \frac{1}{2\alpha}) / d, \quad (1)$$

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: srmostu@mail.ru

Материалы статей печатаются в авторской редакции

Право использования произведений предоставлено авторами на основании
п. 2 ст. 1286 Четвертой части Гражданского Кодекса Российской Федерации

Технический редактор, корректор,
компьютерная верстка И.В. Акимочкина

Подписано в печать 09.06.2023 г.
Дата выхода в свет 30.06.2023 г.
Формат 70x108/16. Усл. печ. л. 8,8
Цена свободная. Тираж 500 экз.
Заказ № 167

Отпечатано с готового оригинал-макета
на полиграфической базе ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»
302026, г. Орёл, ул. Комсомольская, 95