МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Г.Ф. МОРОЗОВА»

СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ НА ТРАНСПОРТЕ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Материалы Международной научно-практической конференции,
посвященной 95-летию ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова

Воронеж, 24 – 25 апреля 2025 г.

Воронеж 2025

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION
OF THE RUSSIAN FEDERATION
FEDERAL STATE BUDGET EDUCATIONAL INSTITUTION
OF HIGHER EDUCATION
«VORONEZH STATE UNIVERSITY OF FORESTRY AND TECHNOLOGIES
NAMED AFTER G.F. MOROZOV»

MODERN SYSTEMS AND TECHNOLOGIES IN TRANSPORT: PROBLEMS AND PROSPECTS

Materials of the International Scientific and Practical Conference,
dedicated to the 95th anniversary of the VGLTU named after G.F. Morozov

Voronezh, April 24-25, 2025

Voronezh 2025

УДК 629.331+001.895
С56

С56 Современные системы и технологии на транспорте: проблемы и перспективы : материалы Международной молодежной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова, Воронеж, 24 – 25 апреля 2025 года / отв. ред. Д. А. Жайворонок ; М-во науки и высшего образования РФ, ФГБОУ ВО «ВГЛТУ». – Воронеж, 2025. – 296 с. – URL: https://vgltu.ru/nauka/konferencii/2025/mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferenciya-sovremennye-sistemy-i-tehnologii-na-transporte-problemy-i-perspektivy/. – Текст : электронный.

ISBN 978-5-7994-1172-5

В сборнике представлены материалы Международной научно-практической конференции «Современные системы и технологии на транспорте: проблемы и перспективы», посвященной 95-летию ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова, прошедшей в г. Воронеже 24 – 25 апреля 2025 года.

Материалы сборника предназначены для специалистов автомобильной отрасли, информационных технологий и широкого круга читателей.

УДК 629.331+001.895

ISBN 978-5-7994-1172-5
© ФГБОУ ВО «ВГЛТУ», 2025

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1 Цифровые и информационные технологии управления транспортными системами, транспортная телематика

А.В. Ахромешин, В.А. Пышный. К вопросу определения фрактальной размерности городских транспортных потоков 7

И.В. Гилев. Вопросы электромагнитной совместимости средств радиосвязи и специальных световых (звуковых) приборов патрульных автомобилей Госавтоинспекции 13

Е.В. Дуганова, М.А. Гусев, Е.Г Ротштейн. Техническое сопровождение сопровождение БАС для транспортной инфраструктуры 17

С.В. Канавин. Информационная безопасность патрульных автомобилей госавтоинспекции 21

А.А. Конев, П.К. Постников. Беспилотные транспортные системы и искусственный интеллект в логистике будущего 25

Д.С. Корчагин, С.С. Евтюков. Проблемы внедрения и использования информационных технологий анализа процесса перевозок пассажиров городским общественным транспортом на основе систем подсчёта пассажиропотока 29

А.М. Снимщиков, А.В. Лавров. Автоматическая система контроля давления воздуха в шинах транспортно-технологических средств 35

А.А. Терентьев. Исследование многокритериального конфликта в организационно-технических системах 39

А.А. Штепа. Алгоритм ранжирования переменных на основе коэффициента парной корреляции для оптимизации целевых функций в информационных системах управления городским пассажирским автотранспортом 43

Секция 2 Интеллектуальные транспортные системы, искусственный интеллект на транспорте

И.Д. Бешенцев, А.В. Игнатов. Исследование методики построения подвозящих автобусных маршрутов Московского района Санкт-Петербурга 48

О.Ю. Булатова. Концептуальная архитектура интеллектуальной транспортной системы для обслуживания массовых мероприятий 56

М.Д. Бурцев. Обзор и сравнительный анализ современных методов оценки эффективности функционирования городского пассажирского транспорта 62

Ван Юйяо, Ли Вэнцзюнь, О.Ю. Булатова. Cyber-physical-social system in Jinan traffic system: exploring new possibilities for traffic 66

А.С. Гришин, В.И. Сарбаев. Создание имитационных моделей производственных процессов автосервиса 72

А.В. Салтанова. Инновационные решения охлаждения наддувочного воздуха двигателей 76

О.В. Сторожева, С.В. Дорохин, А.А. Чепрасова. Интеллектуальная логистика: новые горизонты с искусственным интеллектом 80

Секция 3 Безопасность дорожного движения

А.Н. Глушанков, С.В. Дорохин, Д.Г. Тертерашвили, Р.А. Котов. Перспективы развития «умного» транспорта на территории России 84

А.Д. Ефимов, А.О. Алибагандов, Ю.И. Савченко, У.А. Нехаева. Оптимизация светофорных циклов на регулируемых пересечениях с широкой разделительной полосой 88

Г.Н. Климова, В.А. Зеликов, Г.А. Денисов, Ю.В. Струков, М.Н. Казачек. Совершенствование системы подготовки кандидатов в водители..... 93

И.А. Кондратенко, А.В. Шурупова, Э.Н. Бусарин, С. Э. Бусарина, Н.В. Зеликова. Типы перекрестков и их влияние на пропускную способность автомобилей..... 99

А.О. Кондратьева, В.И. Васильев, И.П. Попова. К вопросу повышения безопасности дорожного движения на примере регулирования режимов работы светофорных объектов по параметрам пешеходов с ограниченными возможностями движения 102

К.А. Кошкин, И.А. Новиков. Создание доступной среды как средство повышения безопасности дорожного движения 105

Е.А. Николаева, А.Н. Лукьянова. Особенности и выбор мобильных систем фиксации установленных на треноге 113

И.А. Новиков, Д.А. Лазарев, А.В. Васильченко. Инновационные решения для сбора первичной информации при расследовании дорожно-транспортных происшествий..... 118

Н.Н. Паринов, Д.В. Лихачев, А.Ю. Артемов, Е.В. Чирков, Н.В Зеликова. Интеллектуальный «LIDAR» в системе повышения безопасности дорожного движения..... 126

К.О. Румянцева, А.С. Семыкина. Автоматическое регулирование светофоров: современное состояние, проблемы и перспективы развития..... 130

П.В. Тихомиров, К.С. Кухарев. Способы повышения эффективности и безопасности систем управления улично-дорожной сетью 135

Е.Д. Утенкова, А.С. Лукьянов. Предложения по применению навигационной аппаратуры потребителей в интересах ведомственных подразделений..... 141

А.А. Штепа, Р.А. Кораблев, М.С. Соломатин. Современные тенденции развития дорожной инфраструктуры и автомобильного транспорта в Российской Федерации 145

А.В. Шурупова, И.А. Кондратенко, С.В. Дорохин, Р.Р. Жидков. Мероприятия по снижению детского травматизма от ДТП с СИМ..... 149

А.В. Шурупова, И.А. Кондратенко, Н.И. Злобина, В.А. Зеликов, Д.А. Жайворонок. Статистика и анализ ДТП с участием женщин-водителей.....152

А.В. Юннинен, С.С. Евтюков. Повышение безопасности дорожного движения в местах производства краткосрочных работ 156

Секция 4 Инновационные технологии в транспортном комплексе

Э.Н. Бусарин, Р.А. Кораблев, Е.В. Сибиряткин, М.С. Хрипченко, А.М. Бурмистров. Современные инновационные системы оплаты проезда на маршрутном пассажирском транспорте 160

Э.Ю. Давыдова, А.Е. Пушкарев. Обоснование параметров модернизации машин для струйной цементации грунтов 166

Д.В. Капский, Н.А. Филиппова, О. Н. Ларин, А.А. Кустенко. Методика расчета задержек транспортного потока перед остановочным пунктом трамвая с посадкой с проезжей части 171

А.Ю. Савенкова, Н.О. Гондусов, И.В. Смоленский, Л.Е. Кущенко. Реверсивное движение как способ повышения пропускной способности дороги 185

Е.Р. Сулименова, А.А. Куликов, А.В. Куликов. Обеспечение логистического взаимодействия привлекаемой транспортной компании для перемещения бойцов студенческих отрядов ВОЛГГТУ 190

Р.Ф. Шаихов. Анализ научных исследований в области эксплуатации транспорта аграрно-промышленного комплекса 198

А.Г. Шевцова, А.Г. Локтионова, С.С. Жантоан. Автономный логистический ХАБ 204

Секция 5 Энергоэффективные технические решения для автомобильного транспорта

А.А. Лакомкин. Стенд для гидроструйной очистки поверхносте» 209

Д.В. Максимов, В.А. Иванников, А.П. Новиков, С.Н. Крухмалев, Е.Р. Вернигора. Моделирование транспортировки лесоматериалов по сетевым маршрутам с промежуточными пунктами 213

Е.А. Мешкова, Т.А. Левина. Замена силового агрегата в транспортном средстве: правовые аспекты и требования к безопасности 218

С.Л. Панченко, С.А. Толстов, А.С. Толстова. Интенсификация процесса охлаждения в радиаторе двигателя внутреннего сгорания 224

Е.В. Снятков, С.В. Дорохин, В.Р. Хлистун, И.А. Кириченко. Компоновочные схемы зон для зарядки электромобилей 229

Секция 6 Альтернативные источники энергии на транспорте

Р.А. Кораблев, В.П. Белокуров, Э.Н. Бусарин, С.Э. Бусарина, Ф.А. Шакина. Применение водородно-кислородного газа (ННО) для снижения выбросов ДВС 234

А.Е. Пушкарев, Д.С. Колесниченко. Проблемы обоснования наиболее значимых для модернизации параметров электрогрузовиков 239

С.П. Шец, Е.В. Справцева. Анализ перспективных направлений развития общественного транспорта города Брянска 245

Секция 7 Перспективные технологии изготовления и упрочнения деталей автомобилей

В.А. Иванников, В.Н. Бухтояров, А.Д. Голев, Е.А. Астахова, А.И. Третьяков. Особенности пластического деформирования плазменных покрытий..... 250

А.Н. Швырев, Э.А. Черников, С.А. Швырев, Б.Н. Чумаков, А.В. Латынин. К проблеме оптимизации энергетических затрат станций технического обслуживания автомобилей 254

Секция 8 Современные неразрушающие методы диагностики агрегатов и систем автомобилей

Д.Г. Тертерашвили, С.В. Дорохин, А.Р. Глушенков, Р.В. Мороз. Способ оценки системы охлаждения двигателя и возможность прогнозирования неисправности ее механизмов 260

Д.О. Ухватов. Методика тарировки системы измерения силовых параметров мультифункционального полноопорного стенда ИРНИТУ 266

О.С. Яньков, Л.А. Ященко, А.Ч. Раднаева, Д.О. Ухватов. Результаты динамических испытаний шин в режиме торможения на шинном тестере ИРНИТУ 271

Секция 9 Управление техническим состоянием транспортных средств в течение их жизненного цикла

Ю.Д. Ишкин. Обеспечение предприятий автомобильными запасными частями в условиях сурового климата 277

Н.В. Подопригора, Д.Ю. Зингер, А.В. Терентьев. Математическая модель жизненного цикла высокоавтоматизированных транспортных средств для пассажирских перевозок 283

А.А. Сидоров, М.А. Гаврилин, Д.Г. Чурилов. Применение автотракторного бокса в сельскохозяйственной отрасли 288

А.А. Сидоров, М.А. Гаврилин, Д.Г. Чурилов. Хранение сельскохозяйственной техники под навесом 292

DOI: 10.58168/MSTT2025_7-12
УДК 519.6: 656.13

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФРАКТАЛЬНОЙ РАЗМЕРНОСТИ ГОРОДСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

А.В. Ахромешин[1], В.А. Пышный[2]
[1, 2] Тульский государственный университет, г. Тула, Россия,
[1] aakhromeshin@yandex.ru
[2] vladislav.pyshnyi@mail.ru

Аннотация. В рамках исследования определена возможность применения фрактального анализа для изучения транспортных потоков в городе, в том числе для разработки алгоритмов прогнозирования и оптимизации транспортного потока, принятия решений в реальном времени по управлению светофорами, маршрутами общественного транспорта и т.д. Рассчитана фрактальная размерность улично-дорожной сети г. Тула на конкретном участке.

Ключевые слова: улично-дорожная сеть; фрактал, фрактальная размерность, трафик, сложная система, транспортный поток.

ON THE ISSUE OF DETERMINING THE FRACTAL DIMENSION OF URBAN TRAFFIC FLOWS

A.V. Akhromeshin[1], V.A. Pyshny[2]
[1, 2] Tula State University, Tula, Russia,
[1] aakhromeshin@yandex.ru
[2] vladislav.pyshnyi@mail.ru

Abstract. The study identified the possibility of using fractal analysis to study traffic flows in the city, including for developing algorithms for predicting and optimizing traffic flow, making real-time decisions on traffic lights, public transport routes, etc. The fractal dimension of the Tula Street and road network in a specific area was calculated.

Keywords: road network; fractal, fractal dimension, traffic, complex system, traffic flow.

Для активного развития транспортного комплекса России требуются современные решения в области строительства новых дорог, дорожных развязок, сложных транспортных узлов. Помимо самих дорог и дорожной инфраструктуры, в современном городе также существуют объекты, которые предназначены для управления дорожным движением, потоками различных видов транспорта, информирование участников дорожного движения о дорожных ситуациях, заторов, путей объезда. Таким образом, делаем вывод, что современные дороги – это сложные объекты, требующие мониторинга и управления.

© Ахромешин А. В., Пышный В. А., 2025

Заметим, что для управления дорожным движением сейчас широко применяются интеллектуальные транспортные системы (ИТС). ИТС – это комплекс аппаратных и программных средств, который помогает более эффективно эксплуатировать транспортную сеть города и городских агломераций. Задачи ИТС сводятся к следующим основным блокам [1]: - сбор информации; - анализ трафика; - моделирование трафика; - обмен данными; - управление движением (потоками транспорта). Внедрение ИТС позволяет сократить количество пробок, повысить безопасность и комфорт водителей и пассажиров, оптимизировать использование дорожной сети.

По сути, управление дорожным движением – это обработка и анализ больших объемов данных, разработка алгоритмов прогнозирования и оптимизации транспортного потока, принятие решений в реальном времени, в том числе управление светофорами, маршрутами общественного транспорта, оперативное реагирование на аварийные ситуации.

Задача авторов – рассмотреть один из возможных методов обработки информации – фрактальный анализ, выяснить возможность применения данного метода для изучения транспортных потоков в городе, использования принципов фрактальной геометрии на улично-дорожной сети (УДС).

В работах [2, 3] описаны основополагающие принципы теории фракталов и фрактальной геометрии. Отмечено, что многие сложные системы имеют свойство самоподобия, они могут быть разбиты на более мелкие части, которые имеют те же самые свойства, что и более крупные части. Фрактальный анализ позволяет изучать сложные системы и находить закономерности в данных, которые могут быть использованы для принятия решений и прогнозирования будущих событий.

В зарубежной литературе [4-7] есть достаточное количество публикаций по вопросам применения фрактальной геометрии к изучению потоков транспорта на улично-дорожной сети города. Так, в работе [4] фрактальная геометрия используется для анализа общей транспортной нагрузки и оптимального распределения трафика с учетом различных факторов. Метод анализирует пропускную способность сети, нагрузку на сеть и соответствующий коэффициент преобразования на всех уровнях магистрали. На основе метода многокомпонентной линейной регрессии в данной статье оценивается пропускная способность городской дорожной сети и строится модель планирования пропускной способности городской дорожной сети в соответствии с ограничениями по объему трафика и времени в пути.

В работе [5] использование фрактальных и метаболических концепций позволяет по-новому взглянуть на поведение и эффективность сложных городских транспортных систем для понимания динамики перегруженных транспортных потоков в Сеуле, где наблюдаются хронические пробки и потенциал для улучшения сложившейся ситуации.

Авторами публикации [6] верно отмечено, что существует значимая положительная взаимосвязь между значением фрактальной размерности и уровнем сложности города с точки зрения роста населения и расширения территории, что повышает важность теории фракталов при изучении сложных систем.

Для изучения процессов, происходящих на УДС города, в работе [7] определяется фрактальная размерность сети, проводится исследование дорожной сети как снежинки Коха, определяется размерность решётки Серпинского, предлагаются потенциальные применения фрактальных измерений в умных городах.

Для того чтобы исследовать городское пространство и улично-дорожную сеть с различных позиций (плотность застройки, плотность трафика, интенсивность изменения городской среды в долгосрочной перспективе и т.д.), может быть эффективно применена фрактальная геометрия. Как отмечено в публикации [8]: «сравнивая значения фрактальной размерности городов в течение нескольких лет, возможно выявить географическую пространственно-временную информацию об эволюции городов, динамику фрактальной размерности, городскую эволюцию». Этот вопрос актуален для изучения как для специалистов по транспорту, так и в области градостроительства (плотность сети по отношению к территории, плотность по отношению к населению, коэффициент Энгеля [9]).

Для перехода к практическому применению фрактального анализа воспользуемся расчетом показателя (индекса) Хёрста (*H*), который позволяет выявлять наличие/отсутствие тренда в наблюдаемом стохастическом процессе, которые целесообразно использовать при регулировании и управлении движением транспорта с целью снижения заторов, дорожно-транспортных происшествий [10, 11].

Далее рассмотрим расчет индекса Хёрста для дорожной сети города Тула. Исходными данными послужат интенсивности транспортных потоков в сечении автомобильной дороги Тула-Белев (выезд из Тулы в сторону Мясново) в направлении въезда в город и выезда из него. Исследовался период февраль, апрель, июль и октябрь 2020 года. Данные распределены по дням (вторники, четверги и воскресенья) и часам суток. Информация получена с комплекса фото- видеофиксации транспортных потоков (см. рис. 1).

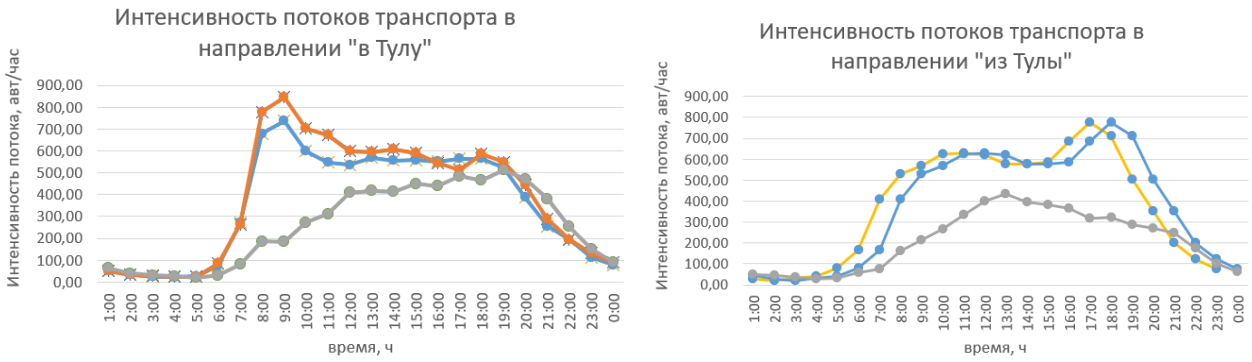


Рисунок 1 – Интенсивности движения автомобилей в направлениях «в центр» и «из центра» за полные сутки по дням недели (вторник, четверг, воскресенье)

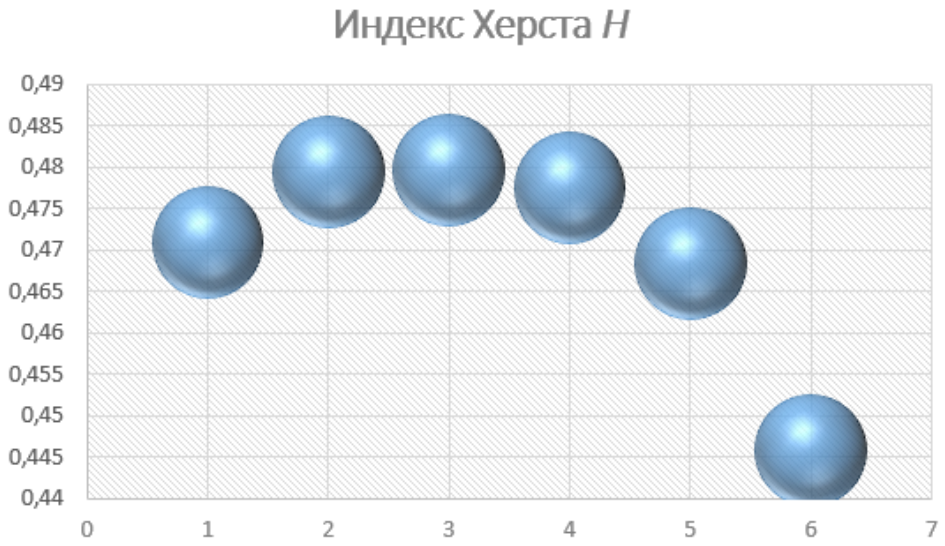


Рисунок 2 – И ндекс Херста для в направлениях «в центр» и «из центра» по дням недели (вторник, четверг, воскресенье)

Как видно из рисунка 2, индекс Хёрста для различных дней недели и в различных направлениях движения транспорта колеблется в пределах от 0,44 до 0,49. Показатель *H* может принимать значения в диапазоне от 0 до 1. В нашем случае (0 до 0,5) наблюдаются антиперсистентные процессы, для которых характерна тенденция к неустойчивости значений рассматриваемого временного ряда [10].

Фрактальный анализ применим к изучению транспортных потоков по следующим причинам:

- это современный метод обработки информации (данных), в том числе, больших их массивов;
- для эффективного управления транспортными потоками;
- для анализа дорожной ситуации;
- для уменьшения количества заторов на дорогах;
- для мониторинга (анализа эффективности функционирования) систем мониторинга и центров управления дорожным движением. Ситуационных центров;
- для анализа больших объемов данных за продолжительный период, то есть для анализа изменений наблюдаемых явлений на УДС;
- для анализа времени образование основных инцидентов на дрогах, в том числе заторов, ДТП, других событий.

Выводы:

1. Установлена возможность применения фрактального анализа для изучения транспортных потоков в городе, использования принципов фрактальной геометрии на улично-дорожной сети

2. Для исследования городского пространства и улично-дорожной сети с различных позиций (плотность застройки, плотность трафика, интенсивность изменения городской среды в долгосрочной перспективе и т.д.), может быть применена фрактальная геометрия

3. Расчет показателя Хёрста применим для анализа интенсивности транспортных потоков.

4. Данный подход может быть использован при анализе и принятии решений по управлению сетью автомобильных дорог в городах и пригородах.

5. Для проведенных расчетов индекс Хёрста составил интервал от 0,44 до 0,49, что говорит тенденции к неустойчивости значений рассматриваемого временного ряда.

Список литературы

1. П. Иевлев Интеллектуальные транспортные системы Дороги будущего уже сегодня URL: https://digitalocean.ru/n/intellektualnye-transportnye-sistemy. Дата публикации: 22 февраля 2022.

2. Мандельброт Б. Б., Хадсон Р. Л. (Не) послушные рынки: фрактальная революция в финансах. – Издательский дом Вильямс, 2006.

3. Костюк В. Н., Уренцов О. В. Управление риском и теория фракталов //Проблемы управления рисками и безопасностью. Труды института системного анализа РАН. – 2007. – Т. 31. – С. 64-76.

4. Wen W., Deng H. Comprehensive evaluation of urban road network capacity using fractal theory in the context of the internet of things //Journal of Testing and Evaluation. – 2024. – Т. 52. – №. 3. – С. 1474-1486.

5. Kim S. et al. Fractal dimensional analysis to reveal traffic flow dynamics as organic metabolism //Transportmetrica A: Transport Science. – 2024. – С. 2390009.

6. Abid R. Fractal analysis of urban growth in complex systems //Edelweiss Applied Science and Technology. – 2024. – Т. 8. – №. 6. – С. 2133-2140.

7. Mageed I. A., Bhat A. H. Fractal Dimension of (q, β) Generalized Rényian Entropy, Rq with Potential Fractal Dimension Applications to Smart Cities //J Sen Net Data Comm. – 2024. – Т. 4. – №. 2. – С. 01-11.

8. Лебедева О. А., Зайцева Н. В. Логистические модели роста размеров городской среды в условиях пространственно-временной динамики //Современные технологии и научно-технический прогресс. – 2020. – Т. 1. – №. 7. – С. 167-168.

9. Никольский И. В. Избранные труды. – Смоленск : Ойкумена, 2009. – 332 с.

10. Бояршинов М. Г., Вавилин А. С., Васькина Е. В. Применение показателя Хёрста для исследования интенсивности транспортного потока //Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2022. – №. 2. – С. 68-81.

11. Бояршинов М. Г., Вавилин А. С. Характеристики транспортного затора на основе данных системы фото- и видеофиксации // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2023. №3.

References

1. P. Ievlev Intelligent transport systems Roads of the future already today URL: https://digitalocean.ru/n/intellektualnye-transportnye-sistemy . Publication date: February 22, 2022.

2. Mandelbrot B. B., Hudson R. L. (Not) compliant markets: a fractal revolution in finance. – Williams Publishing House, 2006.

3. Kostyuk V. N., Urentsov O. V. Risk management and fractal theory //Risk and security management issues. Proceedings of the Institute of System Analysis of the Russian Academy of Sciences, 2007, vol. 31, pp. 64-76.

4. Wen W., Deng H. Comprehensive evaluation of urban road network capacity using fractal theory in the context of the internet of things //Journal of Testing and Evaluation. – 2024. – Vol. 52. – No. 3. – pp. 1474-1486.

5. Kim S. et al. Fractal dimensional analysis to reveal traffic flow dynamics as organic metabolism //Transportmetrica A: Transport Science. – 2024. – p. 2390009.

6. Abid R. Fractal analysis of urban growth in complex systems //Edelweiss Applied Science and Technology. – 2024. – Vol. 8. – No. 6. – pp. 2133-2140.

7. Mageed I. A., Bhat A. H. Fractal Dimension of (q, β) Generalized Romanian Entropy, Rq with Potential Fractal Dimension Applications to Smart Cities //J Sen Net Data Comm. – 2024. – Vol. 4. – No. 2. – pp. 01-11.

8. Lebedeva O. A., Zaitseva N. V. Logistic models of urban environment size growth in terms of spatial and temporal dynamics //Modern technologies and scientific and technological progress. 2020. – Vol. 1. – No. 7. – pp. 167-168.

9. Nikolsky I. V. Selected works. Smolensk : Oikumena Publ., 2009. 332 p.

10. Boyarshinov M. G., Vavilin A. S., Vaskina E. V. Application of the Hearst indicator to study the intensity of traffic flow //Intelligence. Innovation. Investment. – 2022. No. 2. pp. 68-81.

11. Boyarshinov M. G., Vavilin A. S. Characteristics of traffic congestion based on data from the photo and video recording system // Intelligence. Innovation. Investment. 2023. №3.

DOI: 10.58168/MSTT2025_13-16
УДК 654

ВОПРОСЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ СРЕДСТВ РАДИОСВЯЗИ И СПЕЦИАЛЬНЫХ СВЕТОВЫХ (ЗВУКОВЫХ) ПРИБОРОВ ПАТРУЛЬНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ГОСАВТОИНСПЕКЦИИ

И.В. Гилев[1]
[1]Воронежский институт МВД России г. Воронеж, Россия, gileviv@bk.ru

Аннотация. Статья посвящена рассмотрению вопросов электромагнитной совместимости систем связи и специальных световых и звуковых приборов патрульных автомобилей Госавтоинспекции. Изложены возникающие в процессе эксплуатации проблемы, предложены пути их возможного решения.

Ключевые слова: системы радиосвязи, Госавтоинспекция, электромагнитная совместимость.

ISSUES OF ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY OF RADIO COMMUNICATION SYSTEMS AND SPECIAL LIGHT (SOUND) DEVICES OF STATE TRAFFIC INSPECTORATE PATROL CARS

I.V. Gilev[1]
[1]Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia
Voronezh, Russia, gileviv@bk.ru

Abstract. The article is devoted to consideration of issues of electromagnetic compatibility of communication systems and special light and sound devices of State Traffic Inspectorate patrol cars. The problems arising during operation are described, ways of their possible solution are proposed.

Keywords. Radio communication systems, State Traffic Inspectorate, electromagnetic compatibility.

Современные патрульные автомобили Госавтоинспекции (ГИБДД) оснащены комплексом электронного оборудования, включающего средства радиосвязи, спецсигналы (проблесковые маяки, сирены) и другие системы. Однако совместная работа этих устройств может вызывать проблемы электромагнитной совместимости (ЭМС), приводящие к помехам в радиоканалах, сбоям в работе оборудования и даже снижению эффективности действий сотрудников [1, 2]. Так, например, в ходе испытаний патрульных автомобилей одной из региональных ГИБДД было зафиксировано, что при включении проблесковых маяков нового поколения на основе мощных LED-элементов уровень помех в УКВ-диапазоне возрастал на 15-20 дБ, что приводило к ухудшению качества голосовой связи на расстоянии свыше 5 км от базовой станции.

© Гилев И. В., 2025

Актуальность данной темы обусловлена необходимостью обеспечения бесперебойной работы всех систем патрульного автомобиля, особенно в критических ситуациях. В статье рассматриваются основные проблемы ЭМС, их возможные последствия и способы минимизации негативного воздействия [3-4].

1. Источники электромагнитных помех в патрульных автомобилях

Основными источниками электромагнитных помех в автомобилях ГИБДД являются:

- **Радиостанции и системы связи** (ОВЧ/УВЧ-диапазоны, цифровые системы типа APCO-25, DMR).
- **Специальные световые приборы** (проблесковые маяки на основе LED или ксеноновых ламп).
- **Звуковые сигналы** (электронные сирены, громкоговорители).
- **Бортовая электроника автомобиля** (генератор, система зажигания, CAN-шина).

При одновременной работе этих устройств возникают взаимные наводки, которые могут:

- ухудшать качество радиосвязи;
- вызывать ложные срабатывания оборудования;
- снижать надежность работы электронных систем.

Так, например, при эксплуатации автомобилей Ford Focus с цифровыми радиостанциями было выявлено, что при одновременной работе сирены и проблесковых маяков возникали сбои в передаче данных через модем ГЛОНАСС, что приводило к задержкам в обновлении координат в системе мониторинга.

2. Проблемы электромагнитной совместимости

Наиболее распространенные проблемы ЭМС в патрульных автомобилях включают:

- **Помехи в радиоканалах** из-за импульсных помех от световых и звуковых приборов (например, при работе светодиодных маяков "Спектр-УФ" на частоте 10 Гц возникали гармоники в диапазоне 150-170 МГц, перекрывавшие рабочие частоты мобильных радиостанций).
- **Влияние на прием GPS/ГЛОНАСС** при работе мощных передатчиков (в патрульных автомобилях УАЗ "Патриот" с установленными мощными УКВ-радиостанциями наблюдались ошибки позиционирования до 50 метров при включенной передаче.
- **Наводки на бортовую сеть**, приводящие к сбоям в работе диагностических систем (было зафиксировано несколько случаев, когда при включении спецсигналов на автомобилях Skoda Octavia происходило самопроизвольное отключение штатных систем безопасности (ESC и ABS) из-за электромагнитных наводок на CAN-шин).
- **Взаимное влияние антенн** при их близком расположении.

3. Методы обеспечения электромагнитной совместимости

Для минимизации негативных эффектов применяются следующие меры:

- **Экранирование и фильтрация** цепей питания и сигнальных линий (применение ферритовых фильтров на кабелях питания маяков "Фараон-М" снизило уровень помех в УКВ-диапазоне на 8 дБ).

- **Оптимальное размещение антенн** по частотам и расстоянию (в новых комплектациях Lada Vesta антенну ГЛОНАСС перенесли из зоны установки маяков на крышу, что уменьшило ошибки позиционирования с 30 м до 3 м).
- **Использование помехозащищенного кодирования систем радиосвязи** (скорейший переход с аналоговых средств радиосвязи на цифровые).
- **Применение качественных компонентов** с сертификацией по стандартам ЭМС в соответствии с ГОСТ Р 50571, ГОСТ Р 51318 (установка стабилизаторов напряжения "Барьер-12" в цепи питания сирен исключила скачки напряжения в бортовой сети).
- **Регулярное тестирование оборудования** на совместимость при модернизации автопарка.

Обеспечение электромагнитной совместимости оборудования патрульных автомобилей ГИБДД – важная задача, от которой зависит надежность связи, безопасность сотрудников и эффективность их работы. Современные технические решения, включая экранирование, цифровую обработку сигналов и грамотное проектирование электронных систем, позволяют минимизировать помехи и повысить отказоустойчивость техники.

Перспективным направлением является внедрение:

– Интеллектуальных систем управления спецсигналами (например, автоматическое снижение мощности маяков при передаче радиостанции).

– Широкополосных антенных систем с адаптивными фильтрами.

– Стандартизированных решений для монтажа оборудования (как в новых ГОСТ Р 58766-2023).

Дальнейшее развитие технологий, включая внедрение новых стандартов связи и улучшенных материалов для экранирования, будет способствовать повышению ЭМС в спецтранспорте. Важно также учитывать опыт эксплуатации и проводить регулярный мониторинг работоспособности систем для своевременного устранения возникающих проблем.

Список литературы

1. Электромагнитная совместимость автомобильной электроники. – URL: https://docs.yandex.ru/docs/view?tm= 1746515636 &tld=ru&lang=ru&name= т03070.pdf&text=электромагнитная%20совместимость% 20ГИБДД&url=https%3A%2F% 2Femc-e.ru%2Fwp-content%2Fuploads% 2F03070.pdf (дата обращения: 04.03.2025)

2. Свитавская, А. А. Международный опыт подготовки водителей транспортных средств, оборудованных устройствами для подачи специальных световых и звуковых сигналов / А. А. Свитавская, Е. А. Ильиных // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. – 2018. – № 1(15). – С. 7.

3. Любимов, Л. В. К вопросу о правовом, организационном и техническом обеспечении деятельности подразделений ГИБДД МВД России в условиях эксплуатации высоко- и полностью автоматизированных транспортных средств / Л. В. Любимов // Вестник Воронежского института МВД России. – 2020. – № 1. – С. 239-247.

4. Специальная техника в деятельности Государственной инспекции безопасности дорожного движения МВД России : учебно-методическое пособие / В. Э. Баумтрог, Д. Ю. Каширский, Н. В. Рычкова [и др.]. – Барнаул : Барнаульский юридический институт, 2019. – 36 с.

References

1. Electromagnetic compatibility of automotive electronics. – URL: https://docs.yandex.ru/docs/view?tm= 1746515636 &tld=ru&lang=ru&name= T03070.pdf&text= electromagnetic%20compatibility%20GYBDD&url=https%3A%2F%2Femc-e.ru%2Fwp-content%2Fuploads%2F03070.pdf (accessed: 03/04/2025)

2. Svitavskaya, A. A. International experience in training drivers of vehicles equipped with devices for delivering special light and sound signals / A. A. Svitavskaya, E. A. Ilinykh // Automobile. Road. Infrastructure. – 2018. – № 1(15). – P. 7.

3. Lyubimov, L. V. On the issue of legal, organizational and technical support for the activities of the traffic police units of the Ministry of Internal Affairs of Russia in the operation of highly and fully automated vehicles / L. V. Lyubimov // Bulletin of the Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia. 2020. No. 1. pp. 239-247.

4. Special equipment in the activities of the State Road Safety Inspectorate of the Ministry of Internal Affairs of Russia : an educational and methodical manual / V. E. Baumtrog, D. Y. Kashirsky, N. V. Rychkova [et al.]. Barnaul : Barnaul Law Institute, 2019. 36 p.

DOI: 10.58168/MSTT2025_17-20
УДК 656.9

ТЕХНИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ БАС ДЛЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Е.В. Дуганова[1], М.А. Гусев[2], Е.Г. Ротштейн[3]
[1, 2, 3] Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова,
[1] crumb1202@mail.ru
[2] gusev111130@mail.ru
[3] crumb1202@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрено вопросы технического сопровождения БАС, используемые в транспортной инфраструктуре. Особое внимание уделено безопасности, надежности и эффективности при мониторинге и обслуживании объектов транспортной сети.

Ключевые слова: беспилотные авиационные системы, возможности, транспорт.

TECHNICAL SUPPORT OF BAS FOR TRANSPORT INFRASTRUCTURE

E.V. Duganova [1], M.A. Gusev [2], C.G. Rothstein [3]
[1, 2, 3] Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov,
[1] crumb1202@mail.ru
[2] gusev111130@mail.ru
[3] crumb1202@mail.ru

Abstract. The article examines the issues of technical support of UAS used in transport infrastructure. Particular attention is paid to safety, reliability and efficiency in monitoring and servicing transport network facilities.

Keywords: unmanned aircraft systems, capabilities, transport.

Транспортная инфраструктура – это жизненно важная система современного общества. Рост численности населения, повышение доступности транспорта и увеличение мобильности людей – ключевые факторы, стимулирующие развитие инфраструктуры. В ответ на эти вызовы операторы активно наращивают инвестиции в отрасль, стремясь обеспечить устойчивое функционирование транспортных сетей.

Современные транспортные магистрали – ключевой элемент жизнеобеспечения общества. В условиях беспрецедентной урбанизации миллионы граждан ежедневно сталкиваются с необходимостью преодолевать значительные расстояния, теряя в пробках и очередях драгоценные часы своей жизни.

Городские транспортные системы, равно как и межрегиональные коммуникации, испытывают колоссальные перегрузки, интенсивность которых возрастает в геометрической прогрессии. Особую остроту приобретает вопрос макси-

© Дуганова Е. В., Гусев М. А., Ротштейн Е. Г., 2025

мально эффективного использования существующей инфраструктуры – её пропускной способности, безопасности и адаптивности к постоянно растущим нагрузкам. [1]

Сегодня беспилотные летательные аппараты активно внедряются для диагностики критически важных объектов инфраструктуры: опор ЛЭП, ветрогенераторов, телекоммуникационных вышек и мостов. Эти конструкции требуют регулярного и точного контроля для поддержания их работоспособности и безопасности.

Современные БПЛА, оснащенные высокоточными камерами и специализированными датчиками, предлагают революционную альтернативу традиционным методам осмотра. Благодаря передовым технологиям обработки изображений они способны выявлять дефекты, невидимые невооруженным глазом. Это особенно ценно при обследовании труднодоступных или потенциально опасных для человека объектов.

Ключевое преимущество беспилотных систем - возможность проведения безопасных и экономически эффективных проверок. Например, БПЛА с тепловизорами могут точно определять участки перегрева на линиях электропередач, вызванные коррозией, неисправными соединениями или перепадами напряжения, исключая при этом риск для персонала и существенно снижая затраты на диагностику. [2]

Дополнительным преимуществом является наглядность получаемых данных: тепловые карты позволяют быстро анализировать состояние объектов и оптимально планировать ремонтные мероприятия. Современные БПЛА могут оснащаться различными типами датчиков, предоставляя операторам автодорожных и железнодорожных сетей ценную диагностическую информацию. Такие данные либо крайне дорогостоящи при традиционных методах обследования, либо вовсе недоступны другими способами. (Рис.1)

Рис. 1 – Мониторинг работ по модернизации и техническому обслуживанию железнодорожной инфраструктуры с использованием приложения PwC Geospatial.App

В сфере эксплуатации транспортной инфраструктуры регулярный мониторинг играет ключевую роль. Внедрение беспилотных технологий открывает новые возможности для повышения эффективности этого процесса. Применение БПЛА для систематических обследований позволяет получать детализированные данные о любых видах дефектов и повреждений с беспрецедентной точностью.

Ключевое достоинство технологии заключается в возможности накопления и сравнительного анализа данных за различные периоды. Такой подход не только точно оценивает текущую степень износа объектов, но и позволяет моделировать их будущее состояние. Бурное развитие автоматизации дает основания прогнозировать, что в ближайшие годы эти процессы будут полностью роботизированы. Перспективным направлением представляется использование автономных БПЛА самолетного типа, способных в автоматическом режиме обследовать протяженные участки транспортных магистралей (до сотен километров), обеспечивая при этом высочайшую точность данных при минимальных операционных затратах.

Внедрение беспилотных технологий стало переломным этапом в мониторинге объектов инфраструктуры, предлагая сразу несколько ключевых преимуществ. Важнейшее из них - существенная экономия средств по сравнению с традиционными методами. Кроме того, БПЛА обеспечивают получение детализированных данных с возможностью их временного сравнения, что критически важно для эффективного планирования технического обслуживания объектов [3].

Отечественная компания «Русдронопорт» разработала дронопорт для автомобиля. Он включает в себя посадочный стол для БПЛА, крышу и мачты с антеннами связи. Автомобильный дронопорт «Эри Авто» способен работать в широком диапазоне температур от -20 до +55 градусов. Устройство может комплектоваться БПЛА Geoscan 801 или Geoscan Gemini. Управлять им из автомобиля нельзя. Создание и старт миссии осуществляет оператор. После этого станция автономно подготавливает БПЛА к вылету. Наблюдать и управлять им можно дистанционно через специальный софт.

Российские разработчики из «Русдронопорта» создают в стране автономную инфраструктуру для беспилотных летательных аппаратов. В арсенале их разработан не только решения для автомобиля, но и мини-станции для зарядки БПЛА, почтомат для автономной разгрузки и загрузки посылок, ориентированный на использование БПЛА, и автоматизированные станции для замены аккумуляторных батарей БПЛА [4].

Ключевые проблемы БАС (Беспилотных авиационных систем): Авиационные риски – Государственным регуляторам авиационной отрасли совместно с частным сектором требуется создать для БПЛА интегрированную систему управления воздушным движением, способную предотвращать столкновения с другими воздушными судами. Разрабатываемые решения должны обеспечивать БПЛА возможность обнаруживать воздушные суда и препятствия, оперативно избегая опасных ситуаций, а также поддерживать устойчивую связь с диспетчерскими службами. Кроме того, эти системы необходимо гармонизировать с международными системами управления воздушным движением пилотируемой

авиации для обеспечения бесперебойного и оперативного информационного взаимодействия.

Защита данных – вопрос конфиденциальности информации остается наиболее острым при эксплуатации БПЛА.

БПЛА, осуществляя полеты над различными территориями, фиксируют значительные объемы данных, включая информацию о частной собственности и личной жизни граждан. [5]

В настоящее время отсутствует четкая нормативная база, регламентирующая порядок хранения данных, перечень запрещенных к сбору сведений, а также механизмы защиты приватности для физических и юридических лиц. Правовая неопределенность в вопросах использования информации, полученной с помощью БПЛА, может сдерживать внедрение беспилотных технологий в коммерческом секторе. Разработка нормативно-технической базы и внедрение цифровых решений для мониторинга состояния БАС в режиме реального времени значительно повышают эффективность технического сопровождения.

Таким образом, совершенствование технического сопровождения БАС должно стать приоритетом при интеграции беспилотных технологий в транспортную инфраструктуру.

Список литературы

1. Попов С.В., Иванов А.Н. Техническое сопровождение беспилотных авиационных систем в условиях транспортной инфраструктуры // Вестник транспортной науки. – 2020. – № 3(45). – С. 56–62.

2. Сидоров И.К. Современные подходы к эксплуатации БАС в транспортной отрасли: Монография. – М.: Научный мир, 2021. – 198 с.

3. Минаев П.В. Правовые аспекты эксплуатации беспилотных летательных аппаратов в России // Журнал права и технологий. – 2023. – № 1(17). – С. 22–29

4. Григорьев Л.Н., Чернов А.В. Особенности применения БПЛА в транспортной логистике // Транспорт и логистика. – 2022. – Т. 9, № 2. – С. 34–41.

5. Федеральный закон от 3 июля 2016 г. № 291-ФЗ «О внесении изменений в Воздушный кодекс Российской Федерации» // Собрание законодательства РФ. – 2016. – № 27. – Ст. 4163

References

1. Popov S.V., Ivanov A.N. Technical support of unmanned aircraft systems in conditions of transport infrastructure // Bulletin of Transport Science. – 2020. – № 3(45). – Pp. 56-62.

2. Sidorov I.K. Modern approaches to UAS operation in the transport industry: A monograph. – M.: Scientific World, 2021. – 198 p.

3. Minaev P.V. Legal aspects of the operation of unmanned aerial vehicles in Russia // Journal of Law and Technology. – 2023. – № 1(17). – Pp. 22-29.

4. Grigoriev L.N., Chernov A.V. Features of the use of UAVs in transport logistics // Transport and logistics. – 2022. – Vol. 9, No. 2. – pp. 34-41

5. Federal Law No. 291-FZ of July 3, 2016 "On Amendments to the Air Code of the Russian Federation" // Collection of Legislation of the Russian Federation. – 2016. – No. 27. – Art. 4163.

DOI: 10.58168/MSTT2025_21-24
УДК 62.788

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПАТРУЛЬНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ГОСАВТОИНСПЕКЦИИ

С.В. Канавин[1]
[1] Воронежский институт МВД России, г. Воронеж, Россия,
sergejj-kanavin@rambler.ru

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы проблематики обеспечения информационной безопасности в области эксплуатации современных легковых патрульных автомобилей Госавтоинспекции. На основе проведенного анализа предложены возможные пути решения проблемы в данной предметной области.

Ключевые слова: информационная безопасность, патрульный автомобиль, полиция, критические системы легкового автомобиля, системы безопасности.

INFORMATION SECURITY OF STATE TRAFFIC INSPECTORATE PATROL CARS

S.V. Kanavin[1]
[1] Voronezh Institute of the Ministry of the Interior of Russia, Voronezh, Russia,
sergejj-kanavin@rambler.ru

Abstract. The article examines the issues of information security in the field of operation of modern light patrol cars of the State Traffic Safety Inspectorate. Based on the analysis conducted, possible solutions to the problem in this subject area are proposed.

Keywords: Information security, patrol car, police, critical systems of a passenger car, security systems.

Современные патрульные автомобили Госавтоинспекции МВД России (ГИБДД) оснащены сложными электронными системами, включая средства радиосвязи, видео-регистрации, навигации, устройствами для передачи данных по мобильным каналам связи 3G/4G, средствами удаленной оплаты штрафов и т.д. В настоящее время базовые комплектации современных легковых автомобилей включают такие мультимедийные и информационные системы как: большой экран - тачскрин, датчики слепых зон, электронный помощник при парковке задом, контроль выхода из полосы, автопилот. Этот функционал становится критически важным для автотранспорта и требует разработки дополнительных средств защиты от постороннего вмешательства нарушителя в работу подобных систем [1]. Эти технологии повышают эффективность работы сотрудников полиции, но одновременно создают новые угрозы информационной безопасности. Утечка или несанкционированный доступ к данным этих систем может привести

© Канавин С. В., 2025

к серьезным последствиям, включая потерю управления, компрометацию оперативной информации и нарушение конфиденциальности персональных данных граждан. В статье рассмотрены основные риски информационной безопасности и меры защиты информационных систем в том числе патрульных автомобилей ГИБДД.

Патрульные автомобили ГИБДД обрабатывают конфиденциальные данные, такие как персональные данные водителей, номера автотранспортных средств, видеозаписи с камер контроля дорожного движения и переговоры по защищенным каналам радиосвязи. Основные угрозы включают: перехват информации передаваемой по проводным и беспроводным каналам связи; перехват данных навигационных систем ГЛОНАСС/GPS; кибератаки на бортовые компьютеры; внедрение вредоносного программного обеспечения (ПО) для доступа к базам данных; физический доступ к оборудованию; кража или подключение к системам автомобиля злоумышленниками; утечки через сторонние сервисы; уязвимости в облачных хранилищах или мобильных приложениях, используемых сотрудниками органов внутренних дел [2]. Системы легкового автомобиля, через которые может быть реализовано деструктивное воздействие (Рисунок 1).

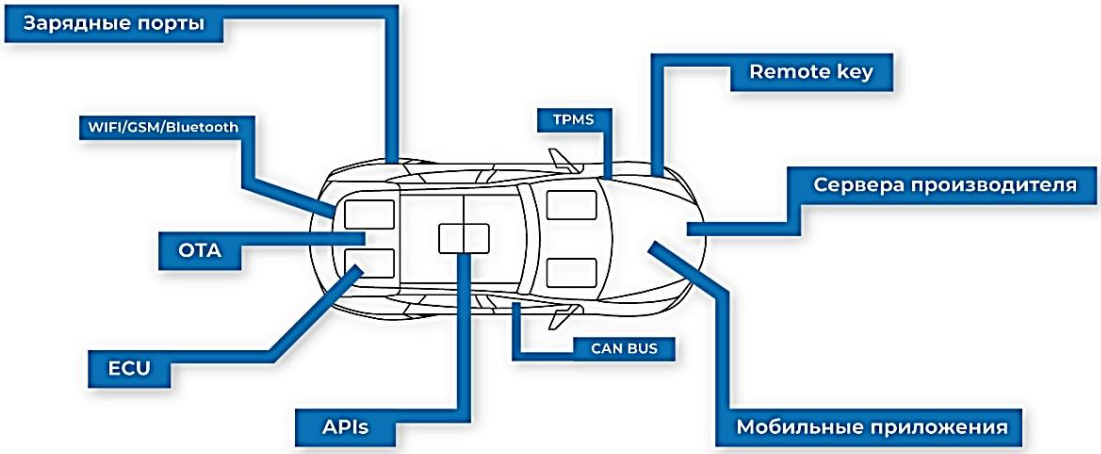


Рисунок 1 – Системы легкового автомобиля, через которые может быть реализовано деструктивное воздействие

Необходимо учитывать, что в современном автомобиле есть хотя бы один модем беспроводной связи (Wi-Fi, Bluetooth, NFC), который может использоваться для работы дополнительных функций. Например для диагностики сбоев и т.д. Такие беспроводные каналы могут быть использованы злоумышленником для реализации деструктивных воздействий [3]. В настоящее время распространены следующие их типы: деструктивные воздействия на приложения и платформы; деструктивные воздействия с непосредственным физическим доступом; деструктивные воздействия через телематику. Например если злоумышленник имеет доступ к CAN шине (Controller Area Network) и, если система слабо защищена, есть вероятность перепрограммирования электронного блока управления (ЭБУ), для разблокировки и угона служебного автотранспорта. Исследователи

называют подобную атаку «CAN Injection». Наиболее подвержены риску легковые автомобили оборудованные системами бесключевого доступа.

Для минимизации рисков информационной безопасности применяются следующие технологические решения и методы защиты: шифрование данных; защита радиопереговоров и передаваемых файлов с помощью криптографических алгоритмов; регулярное обновление ПО; выявление и устранение уязвимостей в бортовых системах и сервисах; многофакторная (биометрическая) аутентификация; ограничение доступа к базам данных и служебным приложениям; физическая защита оборудования; использование защищенных модулей хранения информации и блокировка портов для предотвращения несанкционированного подключения; мониторинг и аудит; анализ логов доступа и выявление подозрительной активности. Системы, на которые может быть оказано деструктивное воздействие нарушителем приведены на рисунке 2.

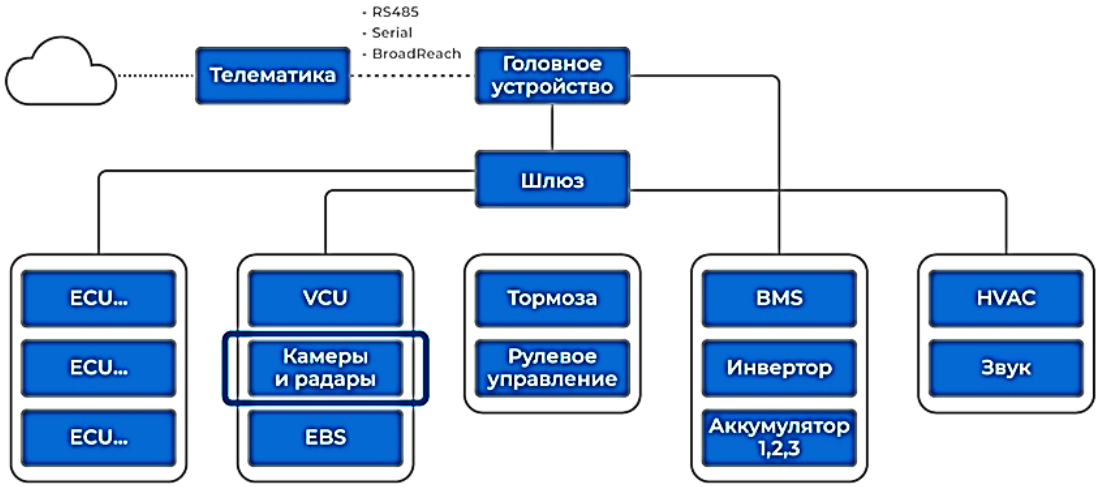


Рисунок 2 – Системы на которые может быть оказано деструктивное воздействие нарушителем

Правовое регулирование в области информационной безопасности патрульных автомобилей Госавтоинспекции. Деятельность ГИБДД в сфере информационной безопасности регламентируется: Федеральным законом № 152-ФЗ «О персональных данных»; руководящими документами регуляторов в области информационной безопасности (ФСТЭК России и ФСБ России), приказами МВД России, устанавливающими требования к защите информации; международными стандартами (ISO/IEC 27001), применяемыми к системам управления безопасностью данных.

Информационная безопасность патрульных автомобилей ГИБДД – критически важный аспект их эксплуатации. Современные технологии помогают предотвращать утечки данных, но требуют постоянного обновления и контроля. Внедрение надежных систем шифрования, строгих правил доступа и регулярный аудит позволяют минимизировать риски ИБ и обеспечить защиту как служебной информации, так и персональных данных граждан. Дальнейшее развитие техно-

логий сегментации и изоляции коммуникационных сетей, применение аппаратных модулей безопасности, регулярные обновления системы безопасности, ограничение сбора и обезличивание персональных данных и ужесточение нормативных требований будут способствовать повышению уровня безопасности в этой сфере. ПО в сфере информационной безопасности внутри автомобиля требует реализации нескольких функций безопасности, таких как защищенные протоколы, управление идентификацией и доступом, обнаружение вторжений и уровни абстракции для криптографических функций. Эти функциональные возможности затем используются функциональными ЭБУ для защиты коммуникаций и предотвращения создания «черных ходов». Поэтому ожидается, что сегмент ПО будет занимать наибольшую долю на рынке автомобильной информационной безопасности в том числе и автотранспорта органов внутренних дел.

Список литературы

1. Характеристика зон уязвимости и источников угроз информационной безопасности эксплуатации беспилотных автомобилей в интеллектуальной транспортной системе // Писарева О.М., Алексеев В.А., Медников Д.Н., Стариковский А.В. / Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2021. Т. 14. № 4. С. 20-36.

2. Автомобильная электроника и угроза ее информационной безопасности // Клиновенко В.В., Колистратов М.В. / E-Scio. 2021. № 9 (60). С. 202-210.

3. Проблемы обеспечения информационной безопасности высокоавтоматизированных транспортных средств // Правиков Д.И., Пономарева Е.А., Куприяновский В.П. / International Journal of Open Information Technologies. 2020. Т. 8. № 6. С. 98-103.

References

1. Pisareva, O.M. Characteristics of vulnerability zones and sources of threats to information security of unmanned vehicles in an intelligent transport system / O.M. Pisareva, V.A. Alekseev, D.N. Mednikov, A.V. Starikovsky // Scientific and technical statements of the St. Petersburg State Polytechnical University. Economic sciences. – 2021. – Vol. 14. – № 4. – Pp. 20-36.

2. Klinovenko, V.V. Automotive electronics and the threat to its information security // V.V. Klinovenko, M.V. Kolistratov / E-Scio. – 2021. – № 9 (60). – Pp. 202-210.

3. Pravikov, D.I. Problems of ensuring information security of highly automated vehicles / D.I. Pravikov, E.A. Ponomareva, V.P. Kupriyanovsky // International Journal of Open Information Technologies. – 2020. – T. 8. – № 6. – P. 98-103.

DOI: 10.58168/MSTT2025_25-28
УДК 656.025.4

БЕСПИЛОТНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ЛОГИСТИКЕ БУДУЩЕГО

А.А. Конев [1], П.К. Постников [2]
[1, 2] Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,
[1] konev_alexcei@mail.ru
[2] pashka9558@gmail.com

Аннотация. Статья посвящена исследованию роли беспилотных транспортных систем и искусственного интеллекта в логистике будущего. Рассмотрены ключевые проблемы традиционных транспортных систем, выделены основные направления автоматизации логистических процессов. Изучен опыт отечественных и иностранных компаний по внедрению беспилотных технологий и искусственного интеллекта.

Ключевые слова: Беспилотные транспортные системы, искусственный интеллект, логистика, автоматизация, оптимизация перевозок.

UNMANNED TRANSPORT SYSTEMS AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN LOGISTICS OF THE FUTURE

Konev A.A.[1], Postnikov P.K.[2]
[1, 2] Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov,
[1] konev_alexcei@mail.ru
[2] pashka9558@gmail.com

Abstract. The article is devoted to the study of the role of unmanned transport systems and artificial intelligence in the logistics of the future. The key problems of traditional transport systems were considered, the main directions of automation of logistics processes were highlighted. The experience of domestic and foreign companies on the introduction of unmanned technologies and artificial intelligence has been studied.

Keywords: Unmanned transport systems, artificial intelligence, logistics, automation, transportation optimization.

Среди основных проблем традиционных транспортных систем можно выделить: загруженность дорог, высокую аварийность и неэффективность перевозок. Следствием этого является увеличение себестоимости перевозок, снижение конкуретоспособности, особенно малых перевозчиков, а также рост транзакционной нагрузки, связанной с оформлением бумажных документов и посредническими процедурами [1]. В связи с этим ключевыми трендами последних лет в логистической отрасли являются сокращение издержек и адаптация к растущим требованиям рынка. Для этого передовые транспортные компании внедряют автоматизацию и роботизацию основных процессов [2]. Так основными направлениями автоматизации являются: складские процессы, транспортировка грузов и

© Конев А. А., Постников П. К., 2025

цифровизация управления. Оценка реализации эффективности подобных решений показала, что автоматизация позволяет [3]:

- уменьшить трудозатраты до 30% и снизить ошибки при сборке заказов на 40%;
- повысить скорость выполнения заказов и снизить зависимость от человеческого фактора;
- оптимизировать маршруты доставки и снизить эксплуатационные расходы.

Однако, требуется более глубокое изучение степени влияния беспилотных технологий и искусственного интеллекта (ИИ) на логистику.

Таким образом, задачами исследования являются:

- изучение ключевых технологий беспилотного транспорта;
- оценка роли ИИ в оптимизации логистических процессов;
- определение преимуществ и барьеров внедрения технологий.

Методологической базой исследования являются анализ научных публикаций и отраслевых отчетов и сравнительный анализ опыта внедрения ИИ в логистические процессы ведущих мировых компаний.

Технологии беспилотного транспорта активно развиваются, а их направленность охватывает как складскую логистику, так доставку и грузоперевозки. При этом в основе данных технологий лежат сенсорные системы, роботизированные платформы и нейросетевые алгоритмы.

В РФ в рамках проекта «Беспилотные логистические коридоры» по федеральной трассе М-11 «Нева» проходит апробацию доставка грузов беспилотными тягачами на базе КАМАЗ-54901 (рисунок 1). Для возможности движения автоматизированных транспортных средств по данной трассе был запущен экспериментальный правовой режим. Опыт реализации процесса беспилотных коммерческих перевозок позволит масштабировать проект на другие трассы [4].

Рисунок 1 – Беспилотный тягач КАМАЗ [4]

Использование беспилотных транспортных средств позволит достичь как экономического эффекта, так и экологического. Движение автомобилей в опти-

мальном скоростном режиме позволит снизить расход топлива и уменьшить выбросы CO_2, а возможность осуществления перевозок практически в круглосуточном режиме без необходимости соблюдения режима труда и отдыха водителя, снизит затраты на зарплату водителей и повысит рентабельность перевозок. Использование грузовых беспилотных транспортных средств должно положительно сказаться на показателях аварийности с участием грузовых автомобилей. Анализ статистики ДТП последних трех лет в РФ показывает, что доля ДТП с участием грузовых автомобилей в общем числе незначительно снизилась и составляет 13,5%, однако доля погибших в ДТП такой категории составляет порядка 30% от общего числа [5]. Зачастую причиной ДТП с участием грузовых ТС является человеческий фактор, а именно усталость водителя. В случае эксплуатации беспилотных автомобилей количество таких ДТП должно снизиться.

Большие ожидания возлагаются на применение ИИ в логистике [6]. Уже сейчас многие компании используют данные технологии для оптимизации маршрутов движения, прогнозирования спроса, а также управления автопарком.

Так, например, компания DHL широко применяет ИИ с целью оптимизации логистических операций. ИИ проводит анализ дорожной ситуации, учитывает погодные условия и на основании этих данных составляет оптимальные маршруты доставки грузов. Благодаря этому произошло сокращение времени доставки на 15%, а снижение эксплуатационных расходов на 10% [7].

В качестве успешного опыта применения ИИ для прогнозирования спроса и управления запасами можно привести деятельность компании Walmart. Внедрение технологий позволило сократить количество излишних запасов на 25% [7], а, следовательно, привело к существенной экономии средств.

Внедрению беспилотных технологий в логистические процессы в определенной степени препятствуют юридические барьеры, так как до конца не решены границы ответственности участников. Также остро стоит вопрос кибербезопасности и исключения несанкционированных воздействий со стороны третьих лиц. Однако, стоит предполагать, что данные проблемы будут решены в тесной работе государственных и коммерческих структур. Нормативная база приводится в соответствие современному уровню развития технологий, а защита данных является приоритетной задачей для всех заинтересованных сторон.

Беспилотные транспортные системы и ИИ уже используются в логистике, и степень их интеграции в существующие процессы будет увеличиваться, что будет иметь долгосрочный положительный социально-экономический эффект.

Список литературы

1. Организация перевозок грузов автомобильным транспортом / С. Н. Глаголев, А. Н. Новиков, И. А. Новиков [и др.]. – Белгород-Орел : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2023. – 184 с.

2. Тренды развития складской логистики: автоматизация процессов / Т. Е. Лебедева, М. П. Прохорова, Т. Н. Цапина, А. С. Челноков // Экономика и предпринимательство. – 2020. – № 5(118). – С. 964-968.

3. Цифровая трансформация: ключевые тренды в транспортной логистике в 2025 году // CAMPUS URL: https://campus.stt.ru/articles/klyuchevye-trendy-v-transportnoy-logistike-v-2025-

godu (дата обращения: 08.04.2025).

4. Дан старт движению беспилотных грузовиков по трассе М-11 «Нева» // Официальный Интернет-ресурс Министерства транспорта Российской Федерации URL: https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10741 (дата обращения: 09.04.2025).

5. Официальный сайт Министерства внутренних дел Российской Федерации URL: http://stat.gibdd.ru/ (дата обращения: 09.04.2025).

6. Гнесь, А. В. Искусственный интеллект в системе оптимизации логистических затрат / А. В. Гнесь // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Экономика и право. – 2024. – № 2. – С. 22-26.

7. Применение искусственного интеллекта в логистике // Retail.ru URL: https://www.retail.ru/ (дата обращения: 07.04.2025).

References

1. Organization of cargo transportation by road/S. N. Glagolev, A. N. Novikov, I. A. Novikov [and others]. - Belgorod-Orel: Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, 2023. - 184 s.

2. Trends in the development of warehouse logistics: automation of processes/T. E. Lebedeva, M. P. Prokhorova, T. N. Tsapina, A. S. Chelnokov//Economics and Entrepreneurship. – 2020. – № 5(118). - S. 964-968.

3. Digital transformation: key trends in transport logistics in 2025//CAMPUS URL: https://campus.stt.ru/articles/klyuchevye-trendy-v-transportnoy-logistike-v-2025-godu (accessed: 08.04.2025).

4. The movement of unmanned trucks along the Neva M-11 highway was launched//Official Internet resource of the Ministry of Transport of the Russian Federation URL: https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10741 (date of reference: 09.04.2025).

5. Official website of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation URL: http://stat.gibdd.ru/ (date of reference: 09.04.2025).

6. Gnez, A.V. Artificial intelligence in the logistics cost optimization system/A.V. Gnez//Modern science: current problems of theory and practice. Series: Economics and Law. – 2024. – № 2. - S. 22-26.

7. Application of artificial intelligence in logistics// Retail.ru URL: https://www.retail.ru/ (contact date: 07.04.2025).

DOI: 10.58168/MSTT2025_29-34
УДК 656.02

ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ АНАЛИЗА ПРОЦЕССА ПЕРЕВОЗОК ПАССАЖИРОВ ГОРОДСКИМ ОБЩЕСТВЕННЫМ ТРАНСПОРТОМ НА ОСНОВЕ СИСТЕМ ПОДСЧЁТА ПАССАЖИРОПОТОКА

Д.С. Корчагин[1], С.С. Евтюков[2]
[1] Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, sevtyukov@lan.spbgasu.ru
[2] ООО «Современные технологии», г. Санкт-Петербург, Россия, dsk@transportsoft.ru

Аннотация. Качественное улучшение транспортных услуг невозможно без внедрения современных систем учета пассажиропотоков. Отсутствие точных данных о движении пассажиров усложняет разработку новых маршрутов, корректировку расписаний и планирование закупок подвижного состава. Комплексный подход к разработке и внедрению систем сбора, учёта и анализа данных о пассажиропотоке способен повысить эффективность транспортного процесса.

Ключевые слова: пассажиропоток, автоматический подсчет, общественный транспорт, транспортная аналитика, управление транспортом.

PROBLEMS OF IMPLEMENTATION AND EXPLOITATION OF INFORMATION TECHNOLOGIES FOR ANALYSIS OF THE PROCESS OF PASSENGER TRANSPORTATION BY URBAN PUBLIC TRANSPORT BASED ON PASSENGER FLOW COUNTING SYSTEMS

D.S. Korchagin[1], S.S. Evtiukov[2]
[1] Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, sevtyukov@lan.spbgasu.ru
[2] Modern Technologies Ltd., Saint Petersburg, Russia, dsk@transportsoft.ru

Abstract. A qualitative improvement of transport services is impossible without the introduction of modern passenger flow accounting systems. The lack of accurate data on passenger movement complicates the development of new routes, adjustment of schedules and planning of purchases of rolling stock. An integrated approach to the development and implementation of systems for collecting, recording and analyzing passenger flow data can improve the efficiency of the transport process.

Keywords: passenger flow, automatic counting, public transport, transport analytics, transport management.

Внедрение и использование современных цифровых и информационных технологий в транспортном комплексе способно, в частности, вести к совершенствованию процесса перевозок пассажиров городским общественным транспор-

© Корчагин Д. С., Евтюков С. С., 2025

том и повышению уровня транспортного обслуживания населения [1]. Действительно, исследования показывают, что благодаря внедрению специализированных ИТ-решений можно ставить и решать с высокой степенью точности задачи планирования и управления транспортным процессом наземного общественного транспорта [2]. Однако, обеспечение информационной доступности процесса перевозок пассажиров с целью сбора и анализа данных для поддержки принятия решений требует реализации ряда отдельных самостоятельных шагов [3]. Первым и во многом ключевым шагом на пути развития инфраструктуры сбора и анализа данных о транспортном процессе является внедрение систем подсчёта пассажиропотоков [4]. В самом деле, точные данные о количестве пассажиров, а также местах их посадки и высадки являются основой для последующей работы по выявлению важных закономерностей и поиска чувствительных точек транспортного процесса, направление управленческих усилий на которые приведёт к наибольшему эффекту. На сегодняшний день существует широкий спектр технологий, облегчающих подсчет пассажиров, начиная от систем, основанных считывании данных об оплате проезда, и заканчивая сложными сенсорными системами и подходами на основе компьютерного зрения.

В настоящей работе мы в первую очередь хотим сконцентрироваться на проблемах внедрения и использования информационных технологий анализа процесса перевозок пассажиров городским общественным транспортом для целей совершенствования соответствующего транспортного процесса. Будут представлены ключевые компоненты разработки подобных информационных систем, на которые необходимо обращать внимания как при их проектировании, так и при оценке их пригодности к внедрению в производственный процесс организации перевозок пассажиров наземным общественным транспортом. Учёт приведённых компонент при разработке и внедрении систем сбора и анализа данных о транспортном процессе позволит решать, в том числе, следующие задачи: снижение неравномерной загрузки единиц подвижного состава (переполненность на одних участках маршрутов и недозагруженность на других), уменьшение эксплуатационных затрат, повышение удовлетворенности пассажиров, а также упрощение стратегического планирования транспортной инфраструктуры. При этом, стоит отметить, что представленный в настоящей работе перечень компонент показал своё удобство и прошёл апробацию в ряде городов России путём внедрения и использования специального программного обеспечения автоматизированной системы подсчёта пассажиропотока, предназначенной для сбора, учёта и анализа данных о количестве перевезённых пассажиров транспортным средством и за время работы на линии.

Картографический сервис

Компонент визуализации представляется ключевым компонентом системы, когда речь идёт о поддержки процессов принятия решений. На рис. 1 приведён пример подобного компонента, что в случае с анализом процесса перевозок пассажиров наземным общественным транспортном вполне естественно следует представлять в виде некоторого картографического сервиса. Компонент позволяет пользователю увидеть все транспортные средства, находящиеся на связи на текущий момент.

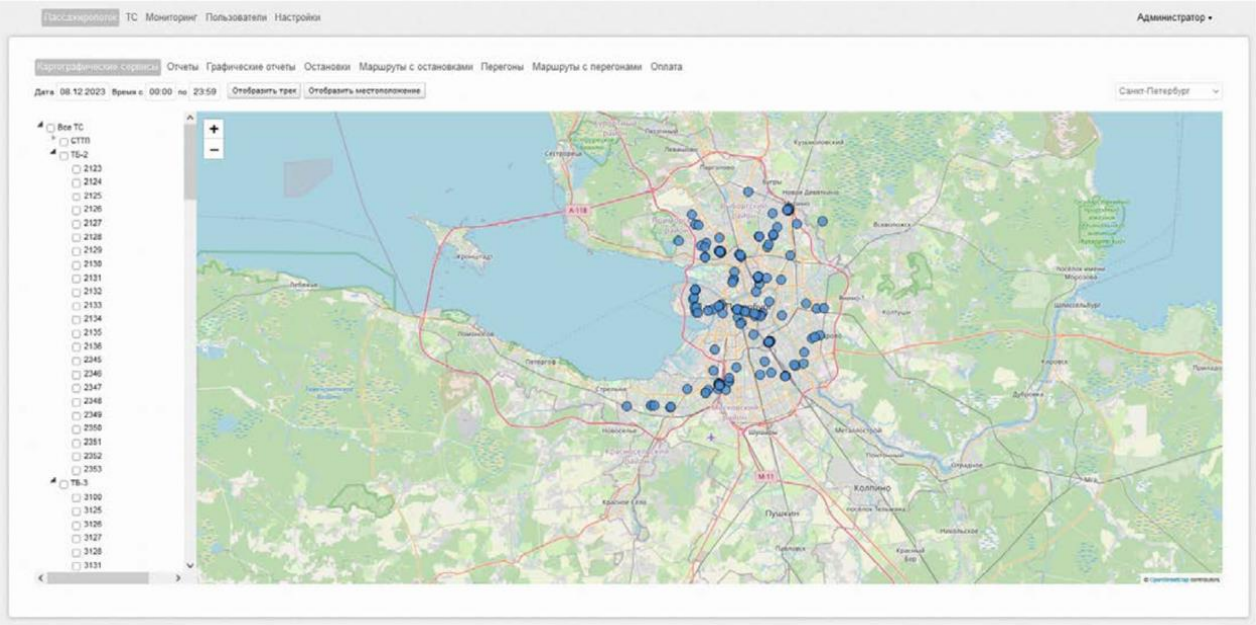


Рисунок 1 – Картографический сервис

Если навести курсор на любой из кружков, будет отображён номер транспортного средства и последние данные пассажиропотока. При необходимости построения трека, необходимо выбрать одно или несколько транспортных средств и нажать кнопку построения трека, после чего на карте будет отображён путь следования выбранных транспортных средств за заданный промежуток времени (дата и время выбираются над картой). Компонент должен позволять пользователю добавлять, редактировать и удалять остановки. Компонент также должен позволять пользователю добавлять, редактировать и удалять маршруты. После добавления и присваивания имени, необходимо иметь возможность привязать остановки маршруту. Удобство пользование может быть существенно повышено за счёт возможности отображать все действия, произведённые для прямого направления движения по маршруту, на его обратное направление. Аналогичные возможности должны быть предусмотрены для такой категории как «перегон» (добавлять, редактировать, удалять и связывать с маршрутом). Более того, следует предусмотреть возможность автоматического обновления информации об остановках и маршрутах с сервисов, предоставляющих актуальные данные о маршрутной сети городского общественного транспорта. Реализация автоматической процедуры фиксации всех изменений по окончанию транспортного периода крайне полезна с точки зрения минимизации негативных эффектов от человеческого фактора.

Табличные отчёты

Помимо картографического сервиса, безусловно, необходимо реализовать и другие средства визуализации информации о транспортном процессе. Наиболее удобным и распространенным является выгрузка отчётов за заданный промежуток времени в форме таблиц и текстовом формате по одному или несколь-

ким транспортным средствам, маршрутам и прочим категориям введённых сущностей (рис. 2). Выбор большого количества транспортных средств и длительного промежутка формирование отчёта, как правило, ведёт к значительному времени ожидания формирования отчёта. Отчёты должны формироваться за полный транспортный период и быть доступны за всю историю сбора данных.

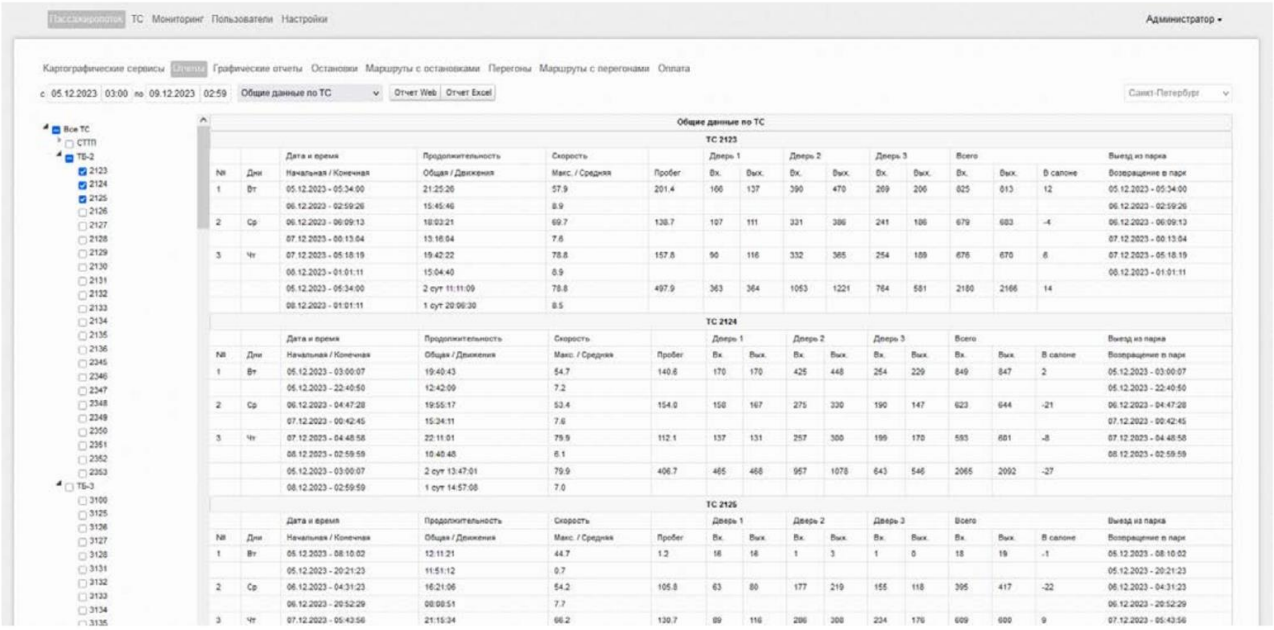


Рисунок 2 – Табличные отчёты

Удобство табличных отчётом состоит в том, что в такой форме можно комбинировать и формировать различную важную информацию в достаточно большом объёме. В частности, очень важной является информация о количестве оплат по транспортному средству, маршруту и остановке. При этом, по каждому транспортному средству можно выводить все необходимые данные, например:

- номер устройства (ID указанный в самом устройстве);
- номер, под которым данный прибор будет отображаться в списках транспортных средств;
- количество дверей, которым оборудовано транспортное средство;
- тип транспортного средства;
- модель транспортного средства;
- общая вместимость транспортного средства;
- тип БО ГИС СЭКОП;
- привязка к парку;
- VIN.

Система должна предоставлять возможность вывода диагностической информации о последней дате соединения прибора с сервером, последней переданной координате, непосредственно самой координате, последних данных пассажиропотока по указанному в карточке транспортного средства дверям, номер и тип транспортного средства, а также парке пребывания. В противном случае, лицо, принимающее решение, может начать опираться на устаревшую информацию.

Наконец, такая метаинформация о процессе перевозок как информация о платежах, хоть и несёт справочный характер и отображается в том виде, в котором её передаёт платёжная система, тем не менее, зачастую позволяет установить важные закономерности.

Графические отчёты и аналитика

Построение и анализ зависимостей удобнее всего проводить при помощи графического представления информации. Другими словами, система должна предусматривать возможность построение различных отчётов в виде графиков (рис. 3). Важно, при этом, иметь возможность сроить такие отчёты на данных, поступающих в реальном времени, а также изменять масштабирование отчёта по времени путём задания шага. В этой связи, должна быть доступна возможность работы с потоковыми данными, как только настроенный на данный сервер прибор начнёт передачу данных.

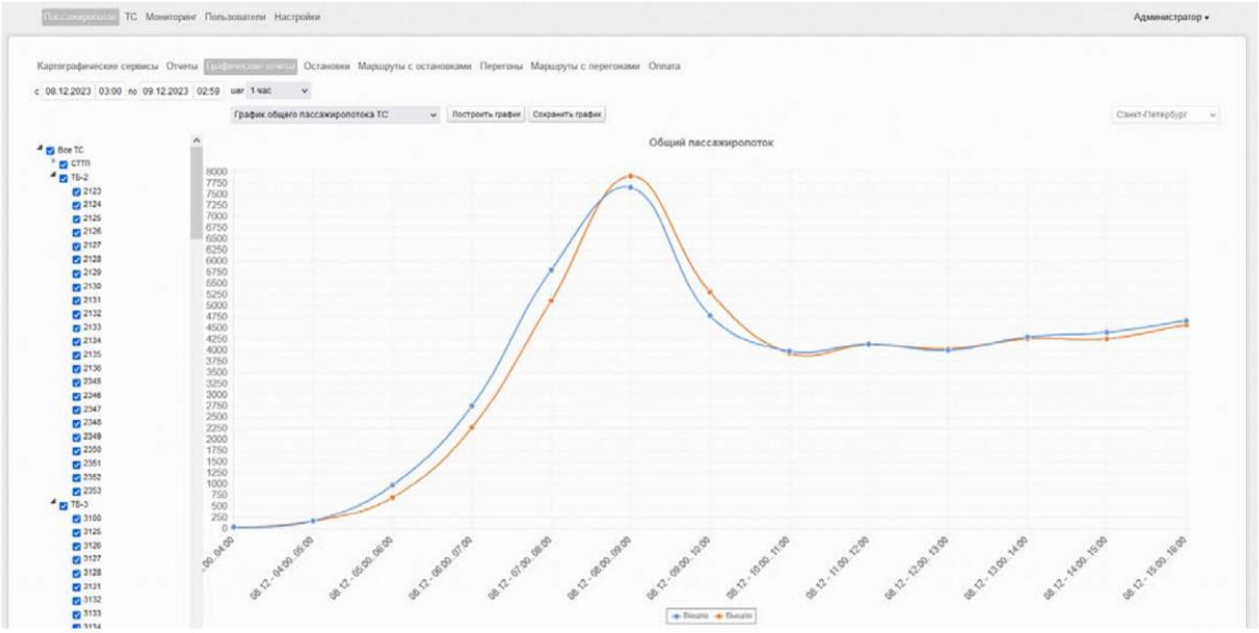


Рисунок 3 – Графических отчёты

Как показала практика, представленный набор компонент системы сбора и анализа данных о процессе перевозки пассажиров наземным общественным транспортом позволяет гарантировать высокий уровень обеспечения информацией лиц, принимающих решения в области планирования и организации транспортного процесса городских пассажироперевозок. В крупных мегаполисах, таких как Москва или Санкт-Петербург, переполненность автобусов в часы пик давно стала хронической проблемой, а недостаток точной информации о пассажиропотоках мешает эффективно распределять транспортные ресурсы. Другими словами, актуальность внедрения соответствующих информационных систем на сегодняшний день не вызывает никаких сомнений. Вопрос в том, каким образом подобные системы должны быть организованы. В настоящей работе нами был предложен состав необходимых компонент, которые способны повысить эффективность принимаемых решений.

Список литературы

1. Андреев К.П. Совершенствование транспортного обслуживания населения // Транспортное Дело России. 2017. №3. С. 7-9.

2. Ibarra-Rojas O.J., Delgado F., Giesen R., Muñoz J.C. Planning, operation, and control of bus transport systems: A literature review // Transportation Research Part B: Methodological. Vol. 77, 2015. – P. 38–75.

3. Schiewe P., Schöbel A. Integrated optimization of sequential processes: General analysis and application to public transport // EURO Journal on Transportation and Logistics. Vol. 11, 2022. – P. 100073.

4. Петрова Д.В. Современные подходы к организации мониторинга пассажиропотоков общественного транспорта городских агломераций // Int. J. Open Inf. Technol. Т. 8, №1, 2020. – С. 47–57.

References

1. Andreev K.P. Improving transport services for the population // Transport Business of Russia. 2017. No. 3. P. 7-9.

2. Ibarra-Rojas O.J., Delgado F., Giesen R., Muñoz J.C. Planning, operation, and control of bus transport systems: A literature review // Transportation Research Part B: Methodological. Vol. 77, 2015. – P. 38–75.

3. Schiewe P., Schöbel A. Integrated optimization of sequential processes: General analysis and application to public transport // EURO Journal on Transportation and Logistics. Vol. 11, 2022. – P. 100073.

4. Petrova D.V. Modern approaches to organizing monitoring of public transport passenger flows in urban agglomerations // Int. J. Open Inf. Technol. Vol. 8, No. 1, 2020. – P. 47–57.

DOI: 10.58168/MSTT2025_35-38
УДК 629.027

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ДАВЛЕНИЯ ВОЗДУХА В ШИНАХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

А.М. Снимщиков[1], А.В. Лавров[2]
[1] ООО «НПО Контроль», Воронеж, Россия, info@npokontrol.ru
[2] Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», Москва, Россия, vimlavrov@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены конструкции и функциональные возможности автоматических систем контроля давления воздуха в шинах транспортных средств. Представлено техническое решение, обеспечивающее постоянный мониторинг давления воздуха. Обоснована актуальность внедрения такой системы в эксплуатацию.

Ключевые слова: давление в шинах, мониторинг, транспортные средства, контроль, автоматизация, датчик давления, ресурс шин, производительность, экономия топлива.

AUTOMATIC TIRE PRESSURE MONITORING SYSTEM FOR TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL VEHICLES

A.M. Snimshchikov[1], A.V. Lavrov[2]
[1] LLC NPO KONTROL, Voronezh, Russian Federation, info@npokontrol.ru
[2] Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy», Moscow, Russian Federation, vimlavrov@mail.ru

Abstract. The article discusses the design and functionality of automatic tire pressure monitoring systems for vehicles. A technical solution is proposed to ensure continuous pressure monitoring. The relevance of implementing such systems is substantiated.

Keywords: tire pressure, monitoring, vehicles, control, automation, pressure sensor, tire life, performance, fuel economy.

Введение. Текущее значение давления воздуха в шинах является важным контролируемым параметром при эксплуатации транспортно-технологических средств. Давление воздуха в шинах существенно влияет на технико-эксплуатационные характеристики: экологическую и эксплуатационную безопасность, проходимость, износ шин и расход топлива [1–3].

На сегодняшний день в России наиболее популярны следующие модели систем контроля давления воздуха в шинах (СКДШ):

- EVA Pro (K.O.D.A), Россия, применяется для грузового транспорта и карьерной техники [4];
- Pressure Pro, США, имеет только внешние датчики, а ПО и сервер зарубежные [5].

© Снимщиков А. М., Лавров А. В., 2025

Технические характеристики данных систем представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики СКДШ

Торговое наименование	Диапазон измеряемого давления Бар	Измерение температуры внутри шины	Максимальное количество шин/1 ТС	Передача данных на сервер	Погрешность датчиков, бар	Возможность подключения доп. оборудовния
EVA Pro (K.O.D.A)	0,5 - 20,5	+	60	+	0,3	-
Pressure Pro	0,5 - 20,5	-	60	+	0,3	-

Данные СКДШ не позволяют работать с шинами низкого давления (менее 1 бар), а узконаправленный функционал, ограничивает возможности системы при появлении новых задач: сбора данных с CAN-шины, дополнительных датчиков (например, датчики уклона или пробуксовки).

Поэтому разработка компактной, автономной и универсальной системы является актуальной задачей.

Для контроля давления воздуха на различных типах транспортно-технологических средств специалистами фирмы ООО «НПО Контроль» (г. Воронеж) и сотрудником РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева (г. Москва), Лавровым А.В. разработано устройство (рис. 1, 2), включающее в себя:

- датчик контроля давления, установленный на диск колеса (рис. 1);
- блок управления и индикации, установленный на панели оператора (с функцией передачи данных по GSM, GPS, ГЛОНАСС, CAN и большим потенциалом расширения функций за счет использования самых современных блоков мониторинга) (рис. 2).

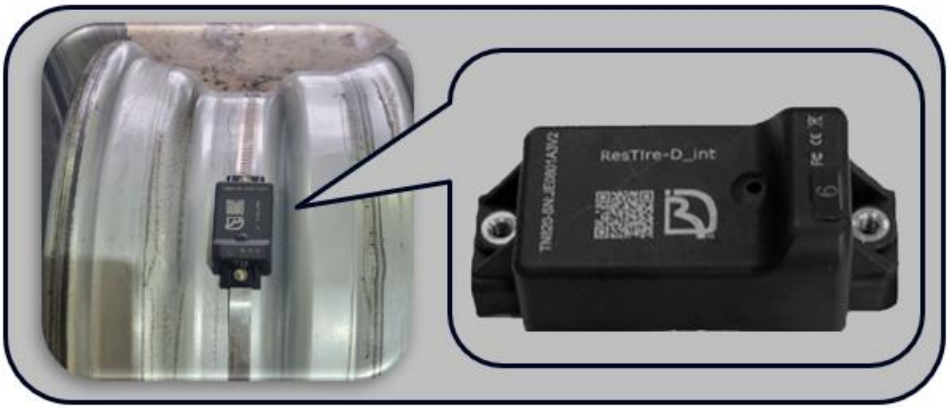


Рисунок 1 – Датчик контроля давления

Рисунок 2 – Блок управления

Технические характеристики разработанной системы:

- диапазон измеряемого давления, бар – 0,3–6 (режим «Agro»), 0,5–20 (режим «Track»);
- измерение температуры внутри шины – да;
- максимальное количество шин/1 ТС, шт. – 60;
- передача данных на сервер – да;
- погрешность датчиков, бар – 0,07 (режим «Agro»), 0,3 (режим «Track»);
- возможность подключения дополнительного оборудования – да.

Система функционирует следующим образом.

Блок управления (рис. 2) каждые 15 секунд собирает данные со всех внутренних и внешних датчиков, геопозиционировании (ГЛОНАСС, GPS) и передает их на сервер через GSM сети, в случае отсутствия сети данные записываются на внутреннюю память и отправляются в момент появления к сети.

При отсутствии движения датчики переходят в режим сохранения энергии отправляя данные 1 раз в сутки.

Есть возможность сбора дополнительной информации для детального анализа (CAN; ДУТ; I button; 1-Wire и др.).

Датчик давления (рис. 1) – фиксирует текущее значение давления воздуха и температуру внутри шины, передаёт его по радиоканалу на блок управления (рис. 2).

В случае отклонения от допустимых значений блок управления подаёт звуковой и визуальный сигнал и показывает в какой шине проблема.

Программное обеспечение имеет мобильную и десктопную версии с широким функционалом и логически понятной отчетностью, а также возможностью отправки уведомлений на мессенджеры для оперативного управления парком техники.

Будущее мониторинга шин наполнено потенциалом. Мы можем ожидать:

- интеграцию с автономной техникой: системы мониторинга будут играть решающую роль в управлении беспилотными машинами.

• расширенную аналитику: с применением ИИ и машинного обучения системы будут предоставлять более глубокий анализ и прогнозировать возможные неисправности.

• ориентацию на устойчивое развитие: новые разработки будут способствовать экологичности и снижению воздействия на окружающую среду.

Таким образом, предложенная система и подобные ей технологические решения обеспечивают повышение эффективности эксплуатации транспортно-технологических машин, снижают затраты и улучшают агротехнические параметры. Технология применима ко всем типам транспортно-технологических машин и может быть встроена в современные цифровые системы.

Список литературы

1. Попов С.Д., Комиссаров Д.С., Лавров А.В., Гуляев А.А. Сельскохозяйственное транспортно-технологическое шасси с агрофильными колесными движителями // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2020. – № 8. – С. 28-36. – DOI 10.33920/sel-10-2008-03. – EDN EGXUMF.

2. Lavrov A.V., Shevtsov V.G., Rusanov A.V., Kazakova V.A. Matching the Traction Qualities of Agricultural Mobile Power Vehicles with the Permissible Maximum Pressure on the Soil // Agricultural Machinery and Technologies. – 2020. – Vol. 14, No. 3. – P. 9-14. – DOI 10.22314/2073-7599-2020-14-3-9-14. – EDN ZLSNBK.

3. Гриценко Т. В. Увеличение ресурса шин, путем внедрения систем контроля давления воздуха // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова: Материалы конференции, Белгород, 30 апреля – 20 2021 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2021. – С. 1971-1974. – EDN WCEGBP.

References

1. Popov S.D., Komissarov D.S., Lavrov A.V., Gulyaev A.A. Agricultural transport and technological chassis with agrophilic wheeled propellers // Agricultural machinery: maintenance and repair. – 2020. – No. 8. – pp. 28-36. – DOI 10.33920/sel-10-2008-03 . – EDN EGXUMF.

2. Lavrov A.V., Shevtsov V.G., Rusanov A.V., Kazakova V.A. Matching the Traction Qualities of Agricultural Mobile Power Vehicles with the Permissible Maximum Pressure on the Soil // Agricultural Machinery and Technologies. – 2020. – Vol. 14, No. 3. – P. 9-14. – DOI 10.22314/2073-7599-2020-14-3-9-14. – EDN ZLSNBK.

3. Gritsenko T. V. Increasing tire life by introducing air pressure monitoring systems // International Scientific and Technical Conference of Young Scientists of BSTU named after V.G. Shukhov: Conference proceedings, Belgorod, April 30 – 20, 2021. Belgorod: Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, 2021. pp. 1971-1974. EDN WCEGBP.

DOI: 10.58168/MSTT2025_39-42
УДК 51-74

ИССЛЕДОВАНИЕ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО КОНФЛИКТА В ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

А.А. Терентьев[1]
[1]Воронежский институт МВД России г. Воронеж, Россия, Alextt02021993@yandex.ru

Аннотация. Рассматривается многокритериальный конфликт в организационно-технических системах. Опираясь на теории конфликтов, выделено понятие конфликта в ОТС. Рассмотрены возможные критерии, которые могут порождать конфликт внутри системы. В заключении приведены возможные пути решения при минимизации воздействия многокритериального конфликта на функционирование всей системы в целом.

Ключевые слова: теория конфликтов, многокритериальный конфликт, организационного-технические системы, теория принятий решения.

INVESTIGATION OF MULTICRITERIA CONFLICT IN ORGANIZATIONAL AND TECHNICAL SYSTEMS

A.A. Terentyev[1]
[1] Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia,
Voronezh, Russia, Alextt02021993@yandex.ru

Abstract. The multicriteria conflict in organizational and technical systems is considered. Based on the theory of conflicts, the concept of conflict in OTS is highlighted. Possible criteria that can generate conflict within the system are considered. In conclusion, possible solutions are presented while minimizing the impact of a multi-criteria conflict on the functioning of the entire system.

Keywords: theory of conflicts, multicriteria conflict, organizational and technical systems, theory of decision making.

Многокритериальные конфликты представляют собой ситуации, где различные критерии управления противоречат друг другу, вызванные наличием разнообразных задач и ограничений в организационно-технических системах. Это актуально, потому что успешное управление такими конфликтами способствует повышению эффективности и устойчивости систем.

Под **конфликтом** понимается процесс, при котором элемент A_1 при взаимодействии с элементом A_2 создает противоречивые отношения в смысле достижения цели B $(A_1 > I\ A_2)$, если

$$q(A_1) = q(A_1, A_2) < q(A_1, \overline{A}_2) = q(\mathrm{A}_2) \quad (1)$$

Это означает, что присутствие элемента A_2 в окружении системы A уменьшает общую полезность достижения цели W в смысле критерия q [1,2].

© Терентьев А. А., 2025

Наиболее распространенными факторами оказывающие влияние на функционирование и нормальную работу организационно-технических систем могут быть:

– Ограниченные ресурсы, такие как временные ресурсы и финансовая составляющая, которые создают необходимость выбора между противоречивыми задачами, что порождает конфликты в ОТС.

– Цели разных подразделений могут быть несовместимы, что создаёт напряженность и требования к согласованию решений внутри системы.

– Разные участники процесса могут иметь собственные интересы, что ведёт к конфликту при выборе приоритетов.

– Недостаток координации усилий между руководством и персоналом может привести к неизбежным конфликтам и снижению продуктивности.

Структура организационно-технических систем [3]**:**

– Основные элементы таких систем включают в себя организацию процессов, управление ресурсами и технические компоненты, которые должны работать слаженно для достижения общих целей

– Эффективное взаимодействие всех элементов системы критично важно для предотвращения конфликтов и повышения общей производительности и стабильности.

– Наличие четкой структуры и распределения ролей позволяет минимизировать потенциальные конфликты, возникающие из-за неясных ожиданий и ролей.

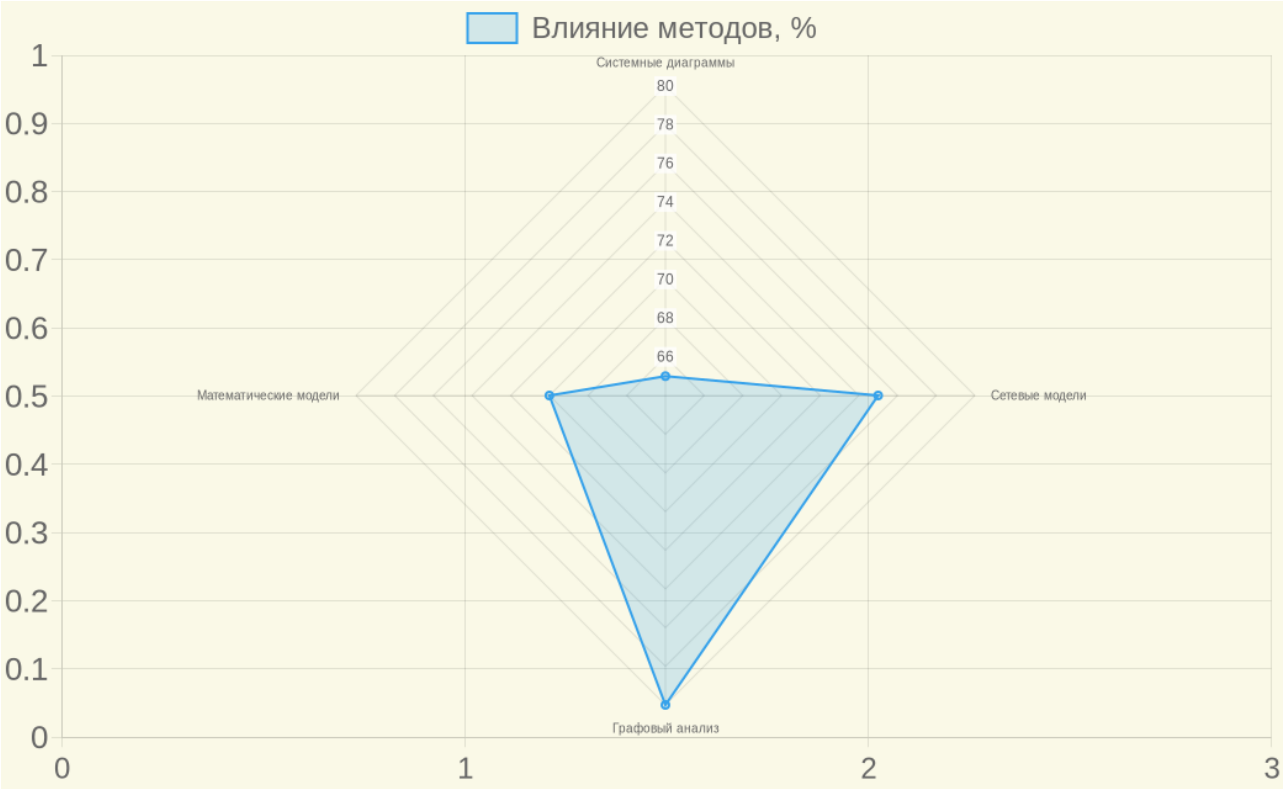


Рисунок 1 – Результаты применения имитационных моделей в исследовании структуры конфликтов

Этапы решения многокритериальных конфликтов

1. Идентификация. Первый этап включает распознавание конфликта и понимание различных критериев и интересов сторон. Важно определить основные причины конфликта.

2. Анализ. На этом этапе проводится детальный анализ всех факторов, способствующих конфликту, и разрабатываются возможные пути его разрешения.

3. Реализация. Включает внедрение выбранного решения и оценку его эффективности, а также адаптацию тактики при необходимости.

Для оценки эффективности решений используются аналитические методы, такие как модели принятия решений. Это позволяет прогнозировать результативность выбранных подходов и их влияние на работоспособность системы.

Применение таких инструментов обеспечивает объективную оценку результатов, что помогает корректировать стратегии в управлении многокритериальными конфликтами.

Современные IT-решения позволили достичь значительной гармонии и своевременности в разрешении конфликтов в организационно-технических системах.

Технологии в решении конфликтов

– Разработка программных платформ для автоматизации управления помогает минимизировать человеческий фактор и ускоряет процесс выявления и разрешения конфликтов.

– Аналитические инструменты на базе машинного обучения позволяют прогнозировать возможности возникновения конфликтов и автоматически предлагать оптимальные пути решения.

– Использование блокчейн-технологий обеспечивает прозрачность и доверие к процессам разрешения конфликтов, исключая избыточное вмешательство.

– Облачные сервисы создают возможность оперативного доступа к данным и инструментам анализа, что ускоряет принятие решений в реальном времени.

Результаты исследования классических методов и инновационных технологий в исследовании организационно-технических системах приведены на рис. 2.

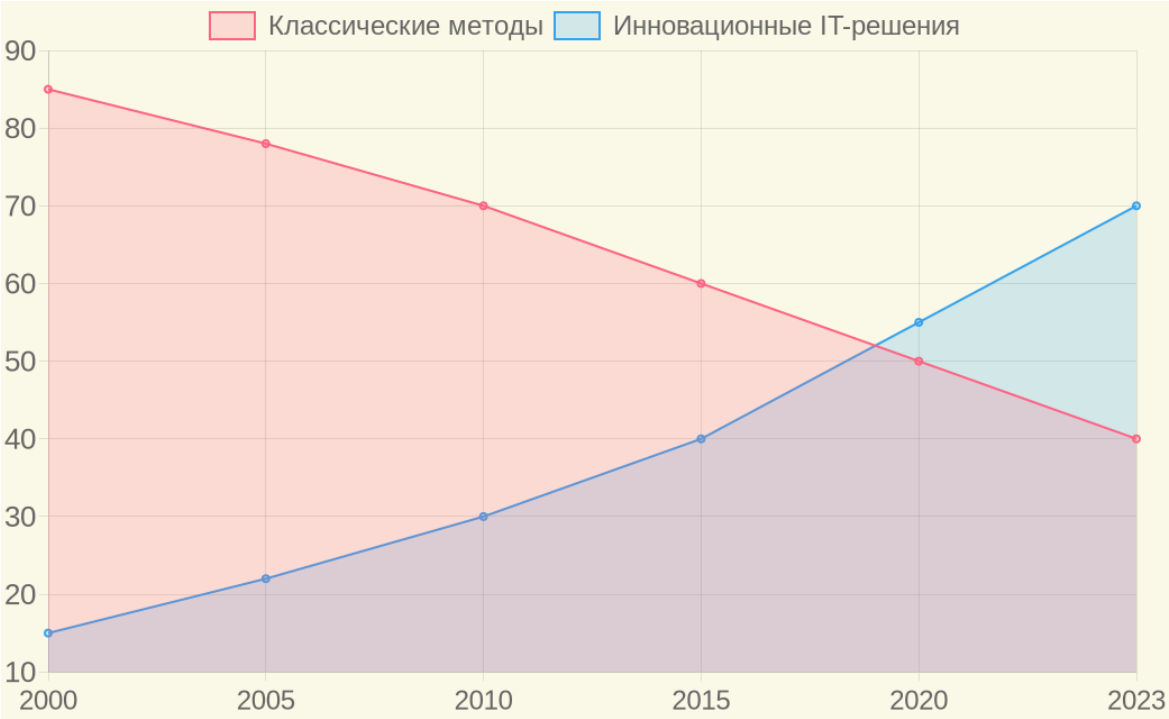


Рисунок 1 – Анализ данных с использованием исторических трендов и инноваций в организационно-технических системах на период с 2020 по 2023 гг.

Развитие искусственного интеллекта позволит автоматизировать многие процессы управления конфликтами, делая их менее зависимыми от человеческого воздействия.

Эффективное управление конфликтами в ОТС критически важно для устойчивого развития и повышения конкурентоспособности в сложной среде.

Список литературы

1. Пьянков О. В. Математическое моделирование информационно-аналитических систем органов внутренних дел: автореф. дис. д-ра техн. наук / О. В. Пьянков. – Воронеж, 2018. – 28 с.

2. Сысоев В. В. Конфликт. Сотрудничество. Независимость. Системное взаимодействие в структурно-параметрическом представлении // Москва. Московская академия экономики и права, 1999. – 151 с.

3. Белов М. В. Управление жизненными циклами организационно-технических систем / М. В. Белов, Д. А. Новиков. – Москва : ЛЕНАНД, 2020. – 384 с.

References

1. Pyankov O. V. Mathematical modeling of information and analytical systems of law enforcement agencies: abstract. diss. Doctor of Technical Sciences / O. V. Pyankov. – Voronezh, 2018. – 28 p.

2. Sysoev V. V. Conflict. Cooperation. Independence. System interaction in a structural-parametric representation // Moscow. Moscow Academy of Economics and Law, 1999. 151 p.

3. Belov M. V. Life cycle management of organizational and technical systems / M. V. Belov, D. A. Novikov. Moscow : LENAND Publ., 2020. 384 p.

DOI: 10.58168/MSTT2025_43-47
УДК 656.025.6

АЛГОРИТМ РАНЖИРОВАНИЯ ПЕРЕМЕННЫХ НА ОСНОВЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПАРНОЙ КОРРЕЛЯЦИИ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЦЕЛЕВЫХ ФУНКЦИЙ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ГОРОДСКИМ ПАССАЖИРСКИМ АВТОТРАНСПОРТОМ

А.А. Штепа [1]
[1] Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, г. Воронеж, Россия, alexei_shtepa@mail.ru

Аннотация. Статья описывает методику ранжирования переменных через парную корреляцию с целью улучшения управления городским транспортом. Данный подход позволяет избежать мультиколлинеарности, уменьшает время, необходимое для моделирования, и увеличивает точность прогнозов, что подтверждено практическими исследованиями на воронежском предприятии.

Ключевые слова: алгоритм ранжирования переменных, коэффициент парной корреляции, городской пассажирский автотранспорт, метод группового учета аргументов, управление перевозками, прогностические модели.

ALGORITHM OF VARIABLES RANKING ON THE BASIS OF PAIR CORRELATION COEFFICIENT FOR OPTIMIZATION OF TARGET FUNCTIONS IN INFORMATION SYSTEMS OF URBAN PASSENGER MOTOR TRANSPORT MANAGEMENT

A.A. Shtepa [1]
[1] Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia, alexei_shtepa@mail.ru

Abstract. The article describes the methodology of ranking variables through pairwise correlation in order to improve urban transportation management. This approach avoids multicollinearity, reduces the time required for modeling, and increases the accuracy of forecasts, which is confirmed by practical research at the Voronezh enterprise.

Keywords: algorithm of variables ranking, pair correlation coefficient, urban passenger motor transport, method of group consideration of arguments, transportation management, predictive models.

Эффективная работа и рост транспортной инфраструктуры в условиях неопределенности и сильных внешних изменений невозможны без тщательных и обоснованных управленческих решений. В этом контексте важным является использование методики математического моделирования для процессов функционирования пассажирских автотранспортных предприятий.

© Штепа А. А., 2025

В ходе анализа и представления различных аспектов деятельности предприятия пассажирского автотранспорта невозможно выделить какие-либо «основные», «второстепенные» или иные параметры, влияющие на его работу.

Для реализации такого выделения необходимо провести ранжирование максимально возможного количества известных параметров, чтобы обеспечить моделирование эффективной работы пассажирского автотранспортного предприятия. Первоначально большое количество исходных параметров увеличивает время, требуемое для моделирования, и создает вероятность появления зависимых переменных. В конечном итоге это ухудшает обусловленность матрицы коэффициентов, что отрицательно влияет на качество процессов организации, управления и оптимизации функционирования городского пассажирского транспорта. [1, 2]

Коэффициент парной корреляции можно охарактеризовать через определение функции

$$R_{i,j}\begin{cases}\dfrac{\sum_{\gamma=V_1}^{V_2} X_{\gamma,i}\cdot X_{\gamma,j}}{V_2-V_1+1}, & j\neq i;\\ 1, & j=i,\end{cases}$$

где M_1 – начало выборки; M_2 – конец выборки; $i, j = 1, 2, 3, \dots, n$ (n – количество переменных, используемых в ходе опыта по определению целевых функций изучаемого процесса пассажирского автотранспортного предприятия).

Стоит отметить, что чем больше исходных данных представлено, тем сложнее становится процесс отбора независимых параметров. Определение коэффициента парной корреляции способствует минимизации использования моделей с зависимыми переменными ($R_0 > 0{,}7$). Преследуя цель автоматизации процесса выбора и определения независимых параметров, которые в итоге влияют на функционирование и развитие городского пассажирского автотранспортного предприятия предлагается алгоритм структурирования переменных на основе значений коэффициента парной корреляции $R_{i,j}$, в основе которого заложен процесс структурирования переменных в зависимости от значения коэффициентов парной корреляции между ними. Полученные данные приведены в таблице 1, и их распределение представлено в зависимости от коэффициента парной корреляции $R_{i,j}$.

Таблица 1 – Данные ранжирования при определении целевых функций в процессе эксплуатации автомобильного транспорта

$\boldsymbol{R_{i,j}}$	$\boldsymbol{RANG_i}$
$R_{i,j} = 1$	0
$0{,}9 <= R_{i,j} < 1$	0,9
$0{,}85 <= R_{i,j} < 0{,}9$	0,8
$0{,}8 <= R_{i,j} < 0{,}85$	0,7
$0{,}75 <= R_{i,j} < 0{,}8$	0,6
$0{,}7 <= R_{i,j} < 0{,}75$	0,5

$R_{i,j}$	$RANG_i$
$0{,}65 <= R_{i,j} < 0{,}7$	0,4
$0{,}6 <= R_{i,j} < 0{,}65$	0,3
$0{,}55 <= R_{i,j} < 0{,}6$	0,2
$0{,}5 <= R_{i,j} < 0{,}55$	0,1
$R_{i,j} < 0{,}5$	0

В общем виде алгоритм ранжирования переменных можно представить на рисунке 1. [1]

Ранг переменной X_i, в суммарном выражении, следует описывать определением

$$RANG_i = \sum_{j=1}^{n-1} R_{i,j}.$$

Следует отметить, что рассматриваемый эксперимент не включает переменные с максимальными значениями ранжирования, а само количество переменных, которые используются для определения изучаемого процесса (n^*) зависит от возможностей используемого метода определения, а в определенных случаях, подразумевает исключение всех переменных с $R_{i,j} > 0{,}7$.

Разработанный алгоритм для ранжирования переменных был применен в процессе установления целевых функций работы одного из перевозчиков в области пассажирских автоперевозок в Воронеже. Основной целью данного эксперимента являлось снижение затрат ресурсов и уменьшение потерь при организации и управлении пассажирскими перевозками, а также обеспечение выработки аргументированных управленческих решений на основании группового учета данных. Учитывая одно из ключевых положений теории метода группового учета аргументов – свободу выбора решений, была подчеркнута необходимость полного описания множества переменных для выявления факторов, влияющих на деятельность городского пассажирского автотранспортного предприятия.

Это описание должно быть представлено в формате определения [1]

$$\frac{\partial Y}{\partial t} = \sum_{i=1}^{n} a_i d_i + \sum_{j=n+1}^{2n} a_j d_{j-n}^2 + \sum_{k=2n+1}^{2n+\frac{n!}{2!(n-2)!}} a_k \sum_{m=1}^{n-1} \sum_{p=m+1}^{n} d_m d_p + a_0,$$

где Y – исследуемый параметр системы пассажирского автотранспортного предприятия.

$$d = \frac{\partial x_i^{t-z}}{\partial t},$$

где $x_1, x_2, \ldots$ – параметры системы пассажирского автотранспортного предприятия; t– время; z – период запаздывания ($z = 0, 1, 2$); $a_1, \ldots, a_n$ – коэффициенты при параметрах системы пассажирского автотранспортного предприятия; a_0 – свободный член.

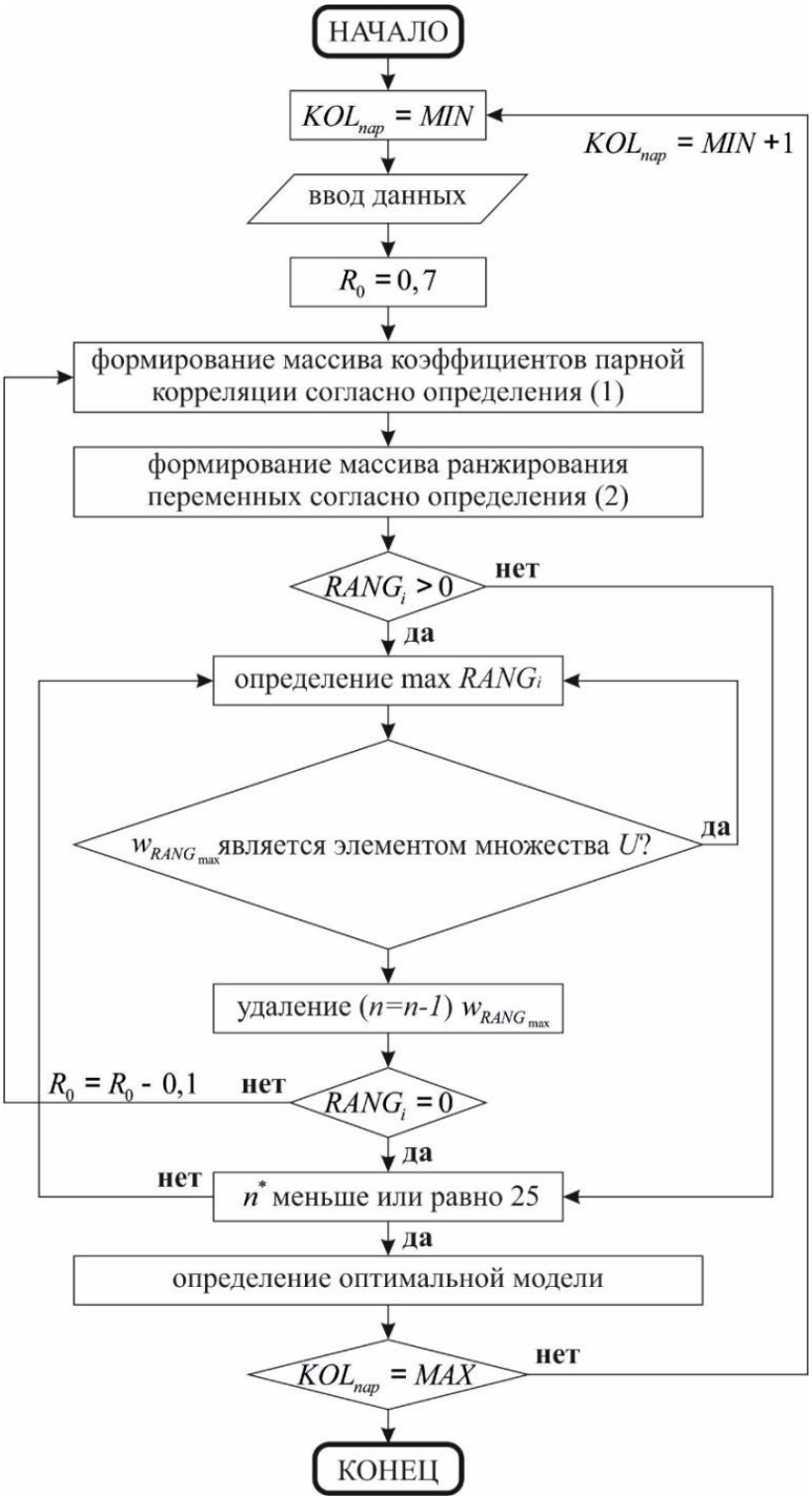


Рисунок 1 – Общий вид алгоритма ранжирования переменных

При использовании комбинированного алгоритма метода группового учета аргументов количество частных моделей можно найти определением: $2^n - 1$, (n – количество независимых параметров), а коэффициенты частной модели $a_1^*, a_2^*, \dots, a_n^*$ можно найти по методу наименьших квадратов.

Оценка частной модели следует проводить в пространстве критериев сходимости, несмещенности и эпигнозного прогноза [1]

$$KR^2_{\text{СХ}} = \frac{\sum_{i=1}^{\Omega}(u_i - m_i)_i^2}{\sum_{i=1}^{\Omega} u_i^2};\ KR^2_{CM} = \frac{\sum_{i=1}^{\Omega}(m_{p_1} - m_{p_2})_i^2}{\sum_{i=1}^{\Omega} u_i^2};\ KR^2_{\text{ЭП}} = \frac{\sum_{i=\Omega+1}^{p_3}(m_{\Omega\text{i}} - u_i)^2}{\sum_{i=\Omega+1}^{p_3} m_i^2}.$$

Применение описанного метода выбора независимых параметров в многопараметрических задачах оценки целевых функций гарантирует эффективность эксперимента по выделению моделей работы городского пассажирского автотранспорта. Алгоритм сортировки переменных, который является основой этого метода, существенно уменьшает время, необходимое для формирования прогностических моделей работы городского пассажирского автотранспортного предприятия, при этом обеспечивая низкий уровень погрешности прогноза (3-5%). [1, 2]

Список литературы

1. Штепа, А. А. Управление процессами принятия решений в организационных системах автотранспортных предприятий на основе аппарата стохастического моделирования : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Штепа Алексей Анатольевич, 2024. – 149 с.

2. Штепа, А. А. Алгоритм идентификации моделей процессов пассажирского автотранспортного предприятия на базе стохастического подхода / А. А. Штепа, В. П. Белокуров, В. С. Стародубцев // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2023. – № 4. – С. 149-153.

References

1. Shtepa, A. A. Management of decision-making processes in organizational systems of motor transport enterprises based on the apparatus of stochastic modeling : thesis for the degree of Candidate of Technical Sciences / Shtepa Alexei Anatolievich, 2024. – 149 p.

2. Shtepa, A. A. Algorithm of process model identification of the passenger motor transport enterprise on the basis of stochastic approach / A. A. A. Shtepa, V. P. Belokurov, V. S. Starodubtsev // Bulletin of the Voronezh Institute of FSIN of Russia. – 2023. – № 4. – Pp. 149-153.

DOI: 10.58168/MSTT2025_48-55
УДК 656.022.4

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПОСТРОЕНИЯ ПОДВОЗЯЩИХ АВТОБУСНЫХ МАРШРУТОВ МОСКОВСКОГО РАЙОНА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

И.Д. Бешенцев[1], А.В. Игнатов[2]
[1, 2] Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
[1] ivanbeshentsev@yandex.ru
[2] camoxod1990@yandex.ru

Аннотация. В данной статье исследуется методика построения маршрутной сети района, образованного вокруг одной артерии с наличием внеуличного транспорта (метрополитеном). В качестве объекта исследования выборан Московский район Санкт-Петербурга. Период развития маршрутной сети – 1982-1991 годы. Результаты исследования проверены на примере района, соответствующего аналогичным показателям, в г. Воронеж и г. Москва.

Ключевые слова: маршрутная сеть, общественный транспорт (ОТ), городской пассажирский транспорт (ГПТ), автобус, транспортно-пересадочный узел (ТПУ), коридор улично-дорожной сети (УДС).

STUDY OF THE METHODOLOGY FOR BUILDING OF SUPPLY BUS ROUTES IN THE MOSKOVSKY DISTRICT OF ST. PETERSBURG

I.D. Beshentsev[1], A.V. Ignatov[2]
[1] Saint-Petersburg State university of Architecture and Civil engineering
[1] ivanbeshentsev@yandex.ru
[2] camoxod1990@yandex.ru

Abstract. This article examines the methodology for building a route network of an area formed around one artery with the presence of off-street transport (subway). The Moskovsky district of St. Petersburg was chosen as the object of the study. The period of development of the route network is 1982-1991. The results of the study were tested on the example of a district corresponding to similar indicators in the city of Voronezh and Moscow.

Keywords: route network, public transport (PT), urban passenger transport (UPT), bus, transport interchange hub (TIH), street and road network corridor.

Города развиваются в соответствии с различными схемами планирования улично-дорожной сети. Деление городов происходит на пояса (структурная часть) и районы (административная). Однако, так или иначе, на многое в данном случае влияет география города. Исторически определённый район мог образовываться вокруг одной улицы, которая впоследствии стала главной городской

© Бешенцев И. Д., Игнатов А. В., 2025

магистралью, связывающей центр города с другими поселениями, расположенными в городской агломерации [1]. Такой тип районов был обозначен как образованный вокруг одной артерии. Если в городе имеется внеуличный транспорт (метрополитен, городская или пригородная железная дорога), то зачастую какая-либо из линий следует по ходу движения главной артерии района из центра на окраину. Ярко выраженным примером такого района является Московский в Санкт-Петербурге. Главная его артерия – Московский проспект – соединяет центральный район города с аэропортом, является дорогой федерального значения, и, фактически, благодаря нему из самого центра Санкт-Петербурга можно попасть в Москву. Под Московским проспектом проходит южная часть 2-й, Московско-Петроградской линии метрополитена.

Коридоры улично-дорожной сети разделяются на две больших группы – радиальные (направление север – юг) и хордовые (направление запад – восток) [2]. Каждая из этих групп включает в себя как главные, так и второстепенные коридоры [3]. Показатели коридоров рассматриваются исключительно по участку трассы маршрута внутри Московского района, однако ТПУ и пояса городской застройки – по трассе маршрута в целом, в независимости от района. В таблице 1 рассматриваются все автобусные маршруты района. Они разделяются на различные типы и подтипы, соединяют различные пояса городской застройки через различные типы коридоров, а также охватывают различное количество ТПУ. Будут исследованы в основном подвозящие маршруты, поэтому далее речь пойдёт исключительно о них.

Таблица 1 – Автобусные маршруты Московского района

Тип маршрута	Подтип	Кол-во маршрутов	К-во к/ст. НП	Пояса гор. застр.	Главный кор.		Второстеп.		ТПУ
					Рад.	Хорд.	Рад.	Хорд.	Ст. м.
Диаметрал.	Двурадиал.								
	Тангенциал.								
Магистрал.	Радиальный	2 (3, 39Э)							
Подвозящ.	Связующий								
	Локальный								
Внутрирайонный	В рамках 1 пояса								
	В рамках 2 поясов								

Подвозящих связующих маршрутов 5, они соединяют Московский район либо с Фрунзенским (№№ 13, 36, 159), либо с Кировским (№ 111), либо – с Красносельским (№130). Главная их функция – повышение доступности отдалённых от станций метро жилых и промышленных микрорайонов 3-го пояса до станций метрополитена. Проходят в основном по главным радиальным коридорам в районе 2-го пояса (Московский пр.), и хордовым – главным (Краснопутиловская ул., Благодатная ул.) и второстепенным (Бассейнная ул.). Также 1 маршрут затрагивает второстепенный радиальный коридор в районе 2-го пояса (пр. Космонавтов).

Соединяют по пути следования от 2 до 3 ТПУ, большинство из которых расположено в Московском районе (за исключением автобуса 130, основная трасса следования которого проходит по Кировскому району).

Подвозящих локальных маршрутов также 5, они работают во 2-м и 3-м поясах исключительно Московского района. Два из них соединяют аэропорт с ТПУ «Московская», один – со всеми остановками, другой – полуэкспрессный. Проходят они в основном по главным (Московский пр.), и второстепенным (Новоизмайловский пр., Пулковская ул., ул. Ленсовета, ул. Костюшко) радиальным улицам, однако есть участки и по главным (Ленинский пр., Благодатная ул.) второстепенным (ул. Орджоникидзе) хордовым улицам – таким образом мы видим, что сеть этих маршрутов равномерно распределена по улицам района. Соединяют по пути следования от 1 до 4 ТПУ, преимущественно в районе 2-го пояса (3 маршрута проходят через главное ТПУ Московского района 2-го пояса «Московские ворота»).

Обозначим общие тенденции маршрутной сети для района, образованного вокруг одной артерии с внеуличным транспортом:

- главная артерия имеет самый напряжённый участок во втором поясе между двумя ТПУ – «Московские Ворота» и «Электросила»: это связано с тем, что к ТПУ «Московские ворота» подходит большинство локальных маршрутов, а к ТПУ «Электросила» – большинство маршрутов из соседних районов,
- также напряжённый участок имеется у ТПУ «Московская», расположенного на границе 2-го и 3-го поясов: это связано с тем, что к нему подходит большинство маршрутов из соседних районов 3-го пояса,
- главные маршруты района – двурадиальный и тангенциальный – следуют практически по главной радиальной артерии – Московскому проспекту, второстепенные радиальные артерии через одну от главной обслуживаются исключительно локальными и внутрирайонными маршрутами, а по ещё более удалённой второстепенной радиальной – исключительно внутрирайонными,
- главные хордовые артерии района обслуживаются следующим образом: наиболее близкая к центральным районам – наб. Обводного канала – трамваем, более дальняя – Лиговский проспект – радиальным, связующим и локальным маршрутами, ещё более дальняя – Благодатная ул. – тангенциальным, связующим и локальным, последняя, разграничивающая 2-й и 3-й пояса городской застройки – пр. Славы – тангенциальными, связующими, локальными и внутрирайонными маршрутами; второстепенная хордовая артерия 2-го пояса – Бассейнная ул. – локальными и внутрирайонными маршрутами,
- локальные маршруты создаются по принципу взаимной геопозиции: маршруты, начинающиеся справа от главной радиальной артерии, и заходящие в левую часть, возвращаются в правую часть и заканчивают свой маршрут там,
- диаметральные и радиальные маршруты являются наиболее прямолинейными и охватывают больше ТПУ внутри района, чем остальные маршруты,
- заезд в отдалённый микрорайон на протяжённом маршруте, обслуживающим другой район, возможен исключительно в том случае, если имеется более прямолинейный маршрут, связывающий тот район с тем же ТПУ, дублирующий маршрут «с заездом» на 70%,

- на второстепенных радиальных и хордовых улицах дублирование автобусами ГНЭТ ограничивается зачастую одним лишь ребром транспортной сети (как правило, в таком случае у автобусных маршрутов и ГНЭТ имеется один совместный остановочный пункт),

- на участке между главной хордовой артерией и окончанием проспекта в центральном районе (от Лиговского пр. до Сенной площади) работает исключительно два автобусных маршрута – двурадиальный и экспресс из аэропорта; остальные маршруты – трамвайные (до наб. Обводого кан.) и троллейбусные (до Загородного пр.),

- крупные конечные станции расположены на наиболее отдалённых второстепенных хордовых улицах 3-го пояса городской застройки.

Возьмём отдельный тип маршрутов – подвозящие. Характеристика трасс маршрутов Московского района данного типа представлена в таблице. ГРК, ВРК – главный, второстепенный радиальный коридор; ГХК, ВХК – главный, второстепенный хордовый коридор, (3-2) – из 3-го во 2-й пояс городской застройки, НП (3С) – начальный пункт в 3-ем поясе городской застройки средней вместимости, О – оборот без отстоя, Б – большая конечная станция, (2/3) – на границе 2-го и 3-го поясов, (2.2) – во втором поясе, второе по близости к центру, КП – конечный пункт.

Таблица 2 – Характеристики маршрутизации подвозящих автобусных маршрутов Московского района

Тип маршрута	Подтип	Длина маршрута	Трассировка маршрута	Число поворотов
Подвозящ.	Связующий	до 15 км	1 вариант: НП (3Б) – ВРК (3) – ГХК (2/3) – *переезд в соседний р-н* – ВРК (2) – ГХК (2) – ТПУ (2.4) – ГРК (2-3) – ВХК (3) – КП (3С) 2 вариант: НП (3Б) – ГРК (3-2) – *переезд в соседний р-н* – ТПУ (2.2) – КП (2О) 3 вариант: НП (3Б) – ВРК (3) – ВХК (3) – ГХК (2/3) – *переезд в соседний р-н* – ТПУ (2.5) – КП (2/3О)	
	Локальный	до 10 км	1 вариант: НП (3Б) – ВХК (3) – ВРК (3) – ВХК (3) – ВРК (3-2) – ТПУ (2.4) – ГРК (2) – ТПУ (2.2) – КП (2О) 2 вариант: НП (3Б) – ВХК (3) – ВРК (3) – ГХК (2/3) – ВРК (2) – ГХК (2) – ГРК (2) – ТПУ (2.2) – КП (2О) 3 вариант: НП (3Б) – ВРК (3) – ВХК (3) – ВРК (3) – ГХК (2/3) – ВРК (2) – ГХК (2) – ГРК (2) – ТПУ (2.2) – ГХК (2) – ВРК (2) – КП (2О)	

Проведём анализ конечных станций и ТПУ района, которые обслуживают подвозящие маршруты [4]. По схеме мы видим, что в Московском районе их 2 крупных (позволяют отстояться автобусам 3–6 маршрутов) – Ул. Костюшко, Звёздная улица (все в 3-ем поясе), и 4 средних – Ст. Предпортовая, Авиагородок, Московское ш., ст. м. «Купчино». Маршруты могут заканчиваться в конечных станциях различных типов в зависимости от топологии маршрутов. По конечным

станциям типологизация также имеется: (др.) – в другом районе, «.з» или «.в» – на западе или востоке от главной артерии, «.а» – заканчивается на артерии.

Таблица 3 – Анализ конечных станций и ТПУ Московского района, обслуживаемых подвозящими маршрутами

Тип марш-рута	Связь к/ст.	Основные ТПУ р-на	Кол-во коридоров по пути следо-вания
Связующий	3Б (др.) – 3С.з 3Б.в – 2О (др.) 3Б (др.) – 2/3О.а		ВРК -2, ГХК -1, ВХК -1; ВРК -2, ГХК -2, ВХК -1, ГРК -1; ВРК -4, ГХК -3, ВХК -1, ГРК -1
Локальный	3Б.в – 2О.а 3Б.з – 2О.а 3Б.в – 2О.а		ВХК -2, ГРК -2, ВРК -2; ГХК -2, ВРК -2, ГРК -1, ВХК -1; ВРК -4, ГХК -3, ГХК -1, ВХК -1

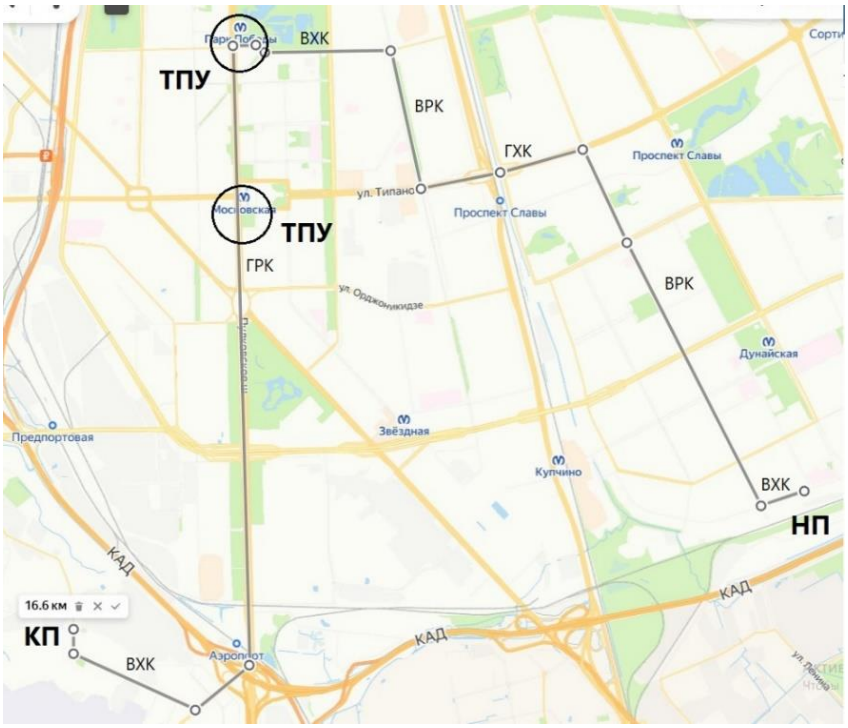


Рисунок 1 – Трасса маршрута автобуса №13 в Санкт-Петербурге (до 1991, Ленинград)

Рассмотрим трассу подвозящего связующего маршрута в Санкт-Петербурге, который будет браться в основу при проектировании аналогичных маршрутов в г. Воронеже и Москве. Он соединяет 2 района, повышая тем самым доступность одного из районов (на момент существования приведённой на рис. 1 трассы маршрута внеуличного транспорта в районе начала следования маршрута отсутствовало. Именно поэтому данный район связывали с различными станциями метрополитена Московского района – «Московские ворота», «Электросила», «Парк Победы» и «Московская». Однако, даже в условиях наличия в главном районе следования маршрута внеуличного транспорта, маршрут не утрачивает востребованность до наших дней – корреспонденций по трассе его следования, так или иначе, совершается немало. Объединять данный маршрут с какими-либо маршрутами не рекомендуется, так

как регулярность и длина маршрута являются определяющими факторами для пассажира и перевозчика соответственно – мало кто заинтересован в получении жалоб от граждан.

Проверим данные о подвозящих маршрутах на городе, структурно похожем на Санкт-Петербург – выберем для этих целей Воронеж. Исследуем Советский район, рассмотрим главную хордовую артерию района – коридор, состоящий из двух улиц, проспект Патриотов и ул. Ворошилова. Помимо данной артерии в районе имеются также и второстепенные хордовые коридоры, такие как Пеше-Стрелецкая – Южно-Моравская, Пионеров – Пирогова, Любы Швецовой – Краснознамённая – Путиловская, Олеко Дундича – Писателя Маршака. Главные радиальные коридоры района – ул. Героев Сибиряков и ул. Космонавтов. Второстепенными радиальными коридорами являются улицы Генерала Перхоровича, Домостроителей, Космонавта Комарова и другие.

Рисунок 2 – Спроектированная трасса маршрута

Составим маршрут, аналогичный данным, приведённым в таб. 2 для связующего маршрута по 1-му варианту. Начальным пунктом маршрута обозначим к/ст. «Ул. Любы Швецовой» (в месте разворотной площадки). Учтём также рекомендации по количеству и типам обслуживаемых ТПУ в соответствии с таб. 3. Начало маршрута происходит в третьем поясе, окончание – во втором. Число поворотов практически совпало – 7, количество ТПУ – одно, однако находится во втором поясе, как и в случае Московского района Санкт-Петербурга. Совпадение по коридорам получилось с точностью до одной улицы, в зависимости от расположения ТПУ и конечных станций (рис. 1). Если рассмотреть исторические карты маршрутной сети автобуса Воронежа, мы обнаружим аналогичный автобусный маршрут – 27, который шёл с 80% совпадением с полученной нами трассой [5]. В настоящее время с более чем 90% совпадением по данной трассе работает автобус 36, однако он следует дальше оборотного пункта примерно на 40% всей трассы маршрута, таким образом его длина составляет в настоящий момент 24 км.

В случае Воронежа характер данного маршрута подчиняется специфике застройки территории и её функциональному зонированию. В частности, левое плечо маршрута до цирка – одно из наиболее модных по объему

корреспонденций направлений. От цирка плечо вправо – связь с авиазаводом (в советское время тоже был мощный объект притяжения). Попутно автобусный маршрут 27 собирал ещё тройку довольно весомых заводов. При этом альтернативных путей сообщения (обладающих значительными пассажирообразующими и поглощающими пунктами) для связи этих территорий практически не было – маршруты электротранспорта были выстроены по иному принципу.

Для того, чтобы заверить результаты исследования, был взят ещё один город – Москва, а конкретно аналогичный по структуре с петербургским район – Лианозовский в САО (северный административный округ). Главная артерия района – Алтуфьевское шоссе. Совпадение с точностью до улицы произошло ближе, чем в Воронеже, так как ни один коридор не был добавлен или убран – конечные станции по ходу проектирования маршрута автоматически определились (рис. 2). Количество поворотов – 5, количество ТПУ совпало – их 2, однако, так как маршрут проходит исключительно в третьем поясе городской застройки, то они относятся к нему и пассажиры скорее пользуются им как локальным нежели связующим. Аналогичных маршрутов в Москве ни в советское время, ни в настоящее, не просматривается [6].

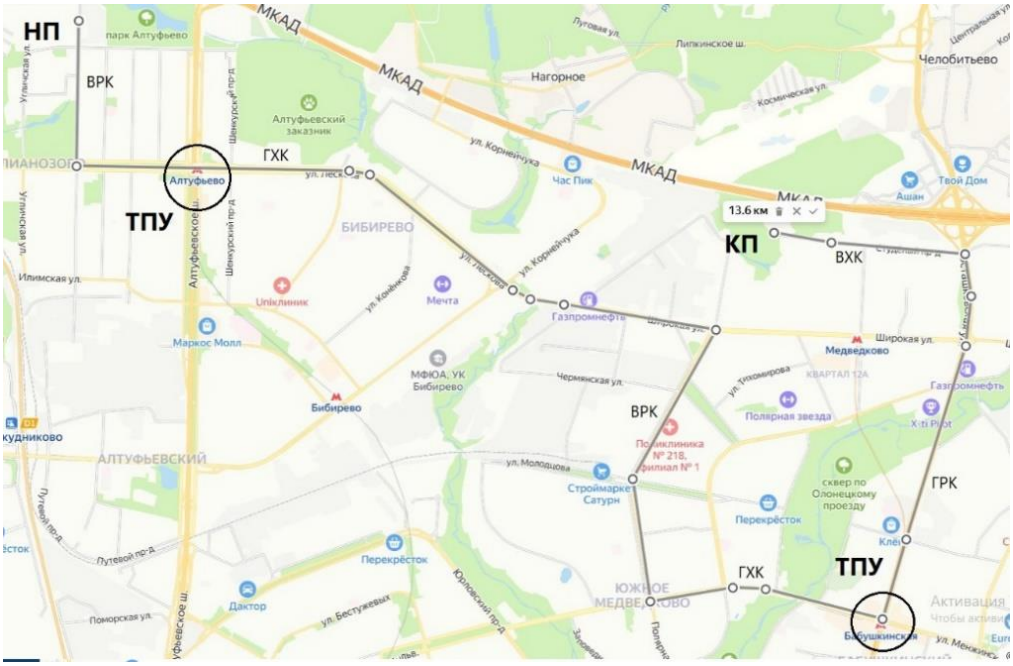


Рисунок 3 – Спроектированная трасса маршрута

Таким образом, исследованы принципы построения маршрутной сети автобусного транспорта в районах, образованных вокруг одной артерии. Разработан и проверен метод построения подвозящих маршрутов связующего типа. Проверка показала, что чем больше размер города, тем маршруты более прямолинейны (меньшее количество поворотов), охватывают больше объектов притяжения, и различаются по своей географической структуре. Например, в Воронеже созданный нами маршрут можно назвать двурадиальным (входит в типологию диаметральных маршрутов), так как соединяет 3 района, захватывая

центральную часть города. В Петербурге маршрут, который был изначально исследован, работал в двух поясах, соединял 2 района и выходил за границы КАД (кольцевой автомобильной дороги). В Москве же маршрут аналогичной длины работает исключительно в одном поясе, и не выходит за границы МКАД (московской кольцевой автомобильной дороги).

Список литературы

1. Фёдоров В.П., Булычёва Н.В., Пахомова О.М., Лосин Л.А. Модель формирования межрайонных корреспонденций в транспортных системах крупных городов // Транспорт Российской Федерации. Санкт-Петербург: 2008. № 3-4 (16-17). С. 64-67

2. Белешев Д.А. Анализ характеристик улично-дорожной сети и транспортных потоков города Санкт-Петербурга // Инновационное развитие транспорта. Санкт-Петербург: 2018. С. 84-87

3. Минина Н.Н. Основные направления развития улично-дорожной сети Санкт-Петербурга // Вестник. Зодчий. 21 век. Санкт-Петербург: 2013. № 1(46). С. 91-93

4. Ленинград. Маршруты городского транспорта по состоянию на 20 марта 1991 года с учётом долгосрочных и без учёта временных оперативных изменений // Фотобаза TransPhoto –

5. Воронеж. Маршруты городского транспорта по состоянию на 1994 год // Фотобаза TransPhoto. – URL: https://transphoto.org/photo/179952/ (дата обращения: 11.04.2025)

6. Москва. Маршруты городского транспорта по состоянию на 1994 год // Фотобаза TransPhoto. – URL: https://transphoto.org/photo/1464082/ (дата обращения: 11.04.2025)

References

1. Fedorov V.P., Bulycheva N.V., Pakhomova O.M., Losin L.A. The model of inter-district correspondence formation in the transport systems of large cities // Transport of the Russian Federation. Saint Petersburg: 2008. No. 3-4 (16-17). pp. 64-67

2. Beleshev D.A. Analysis of the characteristics of the street and road network and traffic flows of the city of St. Petersburg // Innovative development of transport. Saint Petersburg: 2018. pp. 84-87

3. Minina N.N. The main directions of development of the St. Petersburg street and road network // Bulletin. The architect. 21st century. Saint Petersburg: 2013. No. 1(46). pp. 91-93

4. Leningrad. Routes of urban transport as of March 20, 1991, taking into account long–term and without taking into account temporary operational changes // TransPhoto photo database. - URL: https://transphoto.org/photo/1340113 / (date of request: 04/11/2025)

5. Voronezh. Urban transport routes as of 1994 // TransPhoto photo database. – URL: https://transphoto.org/photo/179952 / (date of request: 04/11/2025)

6. Moscow. Urban transport routes as of 1994 // TransPhoto photo database. – URL: https://transphoto.org/photo/1464082 / (date of request: 04/11/2025)

DOI: 10.58168/MSTT2025_56-61
УДК 656.13

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ АРХИТЕКТУРА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ МАССОВЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

О.Ю. Булатова[1]
[1] Донской государственный технический университет,
г. Ростов-на-Дону, Россия, mip.rnd@yandex.ru

Аннотация. В статье анализируются проблемы управления дорожным движением, возникающие при проведении городских массовых мероприятий, приводящих к перегрузке дорожной сети и возникновению заторов. Предложена концептуальная архитектура интеллектуальной транспортной системы (ИТС), включающая семь сервисных групп, обеспечивающих эффективное транспортное обслуживание. Определены взаимодействия между элементами архитектуры и представлены рекомендации по ее внедрению.

Ключевые слова: интеллектуальные транспортные системы, архитектура ИТС, сервисные группы ИТС, транспортное обслуживание, массовые мероприятия

CONCEPTUAL ARCHITECTURE OF AN INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEM FOR MASS EVENT SERVICES

O.U. Bulatova[1]
[1] Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia, mip.rnd@yandex.ru

Abstract. The article analyzes the problems of traffic management that arise during urban mass events that lead to congestion of the road network and congestion. A conceptual architecture of an intelligent transport system (ITS) is proposed, which includes seven service groups providing efficient transport services. The interactions between the architecture elements are defined and recommendations for its implementation are presented.

Keywords: intelligent transportation systems, its architecture, its service groups, transportation service, mass events.

В настоящем исследовании использован подход смешанных методов, сочетающий систематический обзор литературы и анализ тематических исследований массовых мероприятий, проводимых в городах по всему миру, начиная от локальных фестивалей и заканчивая Олимпийскими играми, начиная с 1992 года [1–3]. С целью определения релевантных сервисных групп интеллектуальных транспортных систем (ИТС) был проведён комплексный обзор литературы, включающий анализ отчетов комиссии Международного олимпийского комитета (МОК) и научных статей в специализированных изданиях по ИТС (базы данных ВАК, Scopus и Web of Science) (таблица 1).

© Булатова О. Ю., 2025

Таблица 1 – Систематизация научной литературы в области транспортного обслуживания массовых мероприятий

Тема	Источники	Кол-во
1 Транспортное планирование и моделирование	Агеев Е.В., Новиков А.Н., Виноградов Е.С., Агуреев И.Е., Ахромешин А.В., Пышный В.А., Митюгин В.А., Булатова О.Ю., Глаголев С.Н., Кущенко Л.Е., Королева Л.А., Домбалян А.В., Зырянов В.В., Шаталова Е.Е., Проскурина О.В., Дорохин С.В., Артемов А.Ю., Зедгенизов А.В., Цзянг Х., Феофилова А.А., Чуклинов Н.Н., Клявин В.Э., Одинцов Д.В., Ляпин С.А., Кадасев Д.А., Воронин Н.В., Наумова Н.А., Наумов Р.А., Шевцова А.Г., Васильева В.В., Шэн Ц., Юргин И.В., Криволапова О.Ю., Ziliaskopoulos A.K., Waller S.T., Hojati A.T., Ferreira L., Washington S., Charles P., Shobeirinejad A., Barcelo J., Cortés C.E., Stefoni B., Margiotta R., Dowling R., Paracha J., Wolshon B., Zhang Z., Parr S., Mitchell B., Pardue J., Zelikov V.A., Zlobina N.I., Kliavin V., Rizaeva Yu.N., Sysoev A.S., Arnott R., Keridi P., Guseynov R.	40
2 Транспортное обслуживание Олимпийских игр	Мишарин А.С., ACOG, Allen B., Hamilton J., Amodei D., Bard E., Brong B., Cahoon F., Jasper K., BATUHAN, Bovy Ph., Chalkley B., Essex S., Halbwirth V., Toohey K., Harpst, Inaudi D., Balister P., Joo Y.M., Bae Y., Kassens-Noor E., Lee H., Kim J.Y., Lim C., Sayed T., Lopes dos Santos G., Ribeiro T., Almeida V., Smolianov N., Dion S., Harris S., Spectator transport guide, Yang H., Song W., Moon J., Huang B., Olympic Games transport, Gaffney C., Messina J., Phillips E., Международный олимпийский комитет, Международное спортивное аналитическое агентство, Олимпийски комитет России, Official Report Olympic Games 1980 Moscow, OWL Home Page, Report of the IOC Evaluation Commission for the XXI Olympic Winter Games in 2010, Report by the IOC Candidature Acceptance Working group, London Olympics 2012: transport, Transport information standards for the London 2012 Olympics, Handbook of the London 2012 Olympic and Paralympic games	41
3 Транспортное обслуживание массовых мероприятий (спортивные соревнования, концерты и т.д.)	Зырянов В.В., Загидуллин Р.Р., ГОСТ Р 70219-2022, Solomatina E.A., Kozeev R.A., Stepannikova Ya.N., Bovy Ph., Willenbrock R., Булатова О.Ю., Liaudat C., FHWA, U.S. Department of Transportation, Viera T., Shen L., Lu J., Deng L., Li M., Petrova E., Sinchuk Yu., Zhuravel V., Vlasov V.M., Wu J.X., Федеральный закон "О собраниях, митингах, демонстрациях, шествиях и пикетированиях" от 19.06.2004 N 54-ФЗ, Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны	16
4 Интеллектуальные транспортные системы (ИТС)	Зырянов В.В., Власов В.М., Еремин С.В., Новиков А.Н., Фроленкова Л.Ю., Жанказиев С.В., Воробьев А.И., Воробьева Т.В., Короткова Ю.А., Жуньчжоу В., Загородний Н.А., Головкин М.В., Бондарь А.С., Криволапова О.Ю., Ляпин С.А., Кадасев Д.А., Воронин Н.В., Жеребцова Н.М., Капский Д.В., Ризаева Ю.Н., Кулев А.В., Ломакин Д.О., Мирошников Е.В., Сухатерина С.Н., Сысоев А.С., Галкин А.В., Феофилова А.А., Булатова О.Ю., Ван Ж., Glancy D.J., Klyavin V., Sysoev A., Mamedov A., Drurechenskaya A., Shevtsova A., Eremin S., ElSahly O., Abdelfatah A., Steenbruggen J., Nijkamp P., Jarrar A., Ait Wakrime A., Balouki Y.	29
5 Технологии ИИ	Жанказиев С.В., Булатова О.Ю., Воробьев А.И., Иванов С.А., Криволапова О.Ю., Емельянцева О.В., Lin Y., Tang J., Guo Z., Wu S., Li Z., Kiouvrekis Y.	8
ВСЕГО:		**134**

В ходе исследования были выявлены общие функциональные возможности ИТС, которые были объединены в семь ключевых категорий. На основе проведённой идентификации была разработана концептуальная архитектура для интеграции выбранных сервисных групп ИТС, детализирующая их взаимодействия и функции. В таблице 2 представлен перечень идентифицированных сервисных групп ИТС и их предоставляемые специфические функциональные возможности [4-8].

Таблица 2 – Функции сервисных групп ИТС

Наименование сервисной группы	**Функции сервисной группы**
Управление дорожным движением	Мониторинг и управление транспортными потоками, системы контроля скорости движения ТС и т.д.
Информационные системы для пользователей	Предоставление информации об условиях движения, построение маршрута, оповещение об изменениях дорожных условий
Безопасность дорожного движения	Видеонаблюдение, предупреждение столкновений, аварийные службы
Управление общественным транспортом	Безналичная оплата проезда, планирование маршрутов, информационные услуги для пассажиров
Обеспечение экологической безопасности	Мониторинг выбросов загрязняющих веществ, системы управления экологическими стандартами
Высокоавтоматизированные транспортные средства	Обеспечение безопасности грузовых и пассажирских перевозок
Интеграция с другими системами	Экстренные службы, городская инфраструктура

Проведение массовых мероприятий различного уровня требует скоординированной работы сервисных групп ИТС и различных городских систем. Интеграция ИТС с другими системами позволяет оптимизировать процессы, повысить качество обмена данными между всеми инфраструктурными объектами мероприятия и увеличить уровень обслуживания пользователей [9].

Эффективное взаимодействие каждого компонента ИТС играет определяющую роль в создании безопасной и комфортной среды для всех участников городского массового мероприятия. Взаимодействие этих элементов позволяет не только оптимизировать транспортные потоки и минимизировать риски, но и обеспечить положительный опыт для посетителей, повышая тем самым привлекательность мероприятия и улучшая имидж города [10-12].

Проведение городских массовых мероприятий требует развернутой, надежной и эффективной интеллектуальной транспортной системы. Далее представлена концептуальная архитектура подобной системы, разработанная с учетом специфических требований массовых мероприятий (рисунок 1).

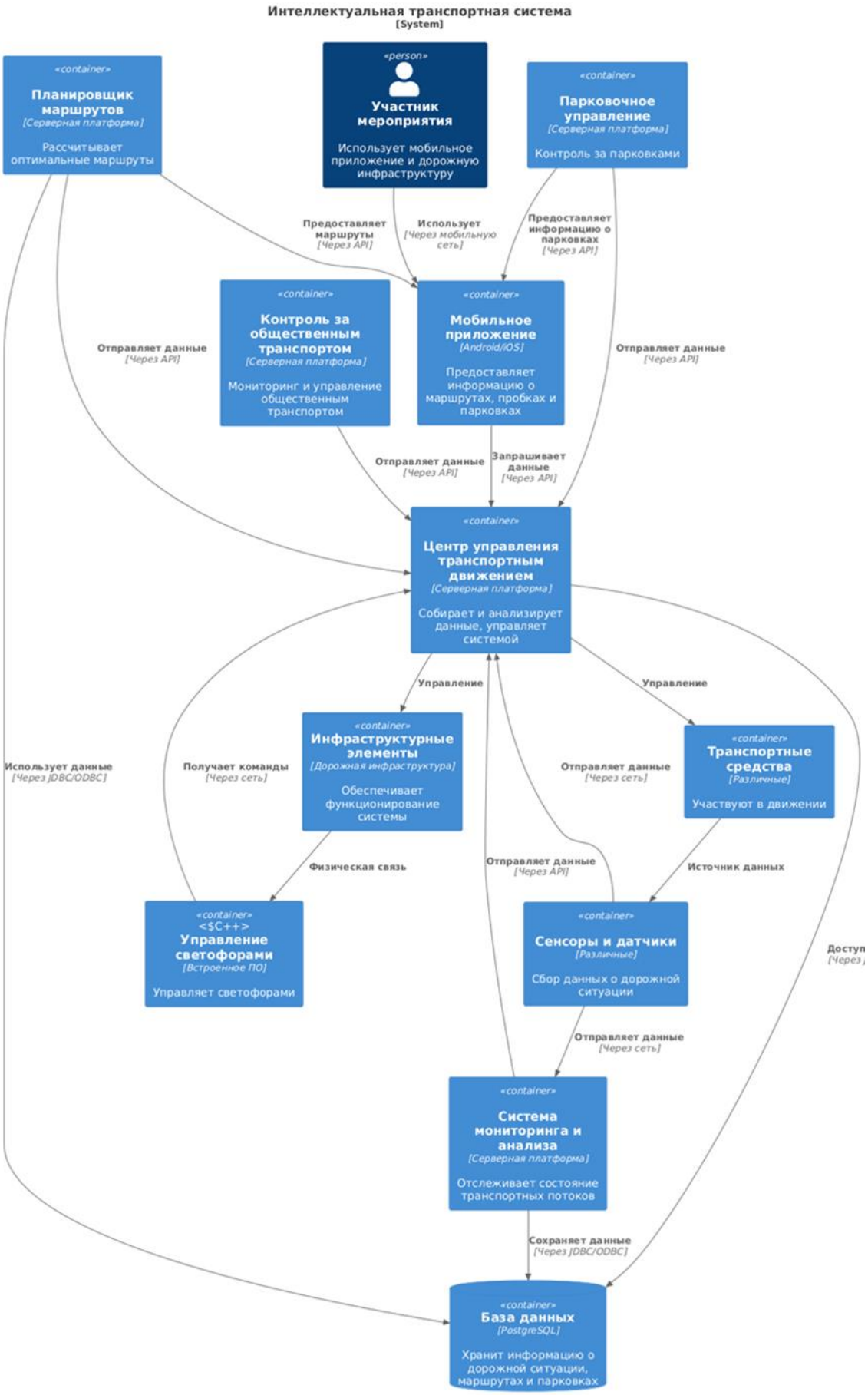


Рисунок 1 – Концептуальная архитектура ИТС при проведении городских массовых мероприятий

Городские массовые мероприятия создают дополнительную нагрузку на транспортную систему и способны дестабилизировать организацию дорожного движения. На основе анализа существующих исследований, статья предлагает структурированный подход к организации транспортного обслуживания, выделяя семь ключевых сервисных групп ИТС. Также предложена концептуальная архитектура интеллектуальной транспортной системы, определяющая взаимосвязи между элементами сервисных групп, что обеспечивает основу для внедрения ИТС и повышения эффективности транспортного обслуживания в условиях массовых городских мероприятий. Исследование вносит ценный вклад в разработку практических рекомендаций по применению ИТС для оптимизации транспортного обслуживания и минимизации негативных последствий, связанных с проведением городских массовых мероприятий.

Список литературы

1. Booz Allen, & Hamilton. (1997). Olympic transportation system management, system and operations review: Booz Allen & Hamilton, written for U.S. Department of Transportation, Federal Transit Administration and the Federal Highway Administration.

2. Bovy, P (2019) “Since Sydney 2000 Olympics are catalysts for more sustainable mobilities Towards Olympics 4.0” Swiss Federal Institute of Technology Zurich IVT Institute for Transport Planning and Systems IVT Seminar Nov 5, 2019

3. Bovy, P. (2006) ‘Solving Outstanding Mega-event Transport Challenges: The Olympic Experience’, Public Transport International, 6: 32–4.

4. Булатова, О. Ю. Применение элементов интеллектуальных транспортных систем при организации транспортно-логистического обслуживания во время проведения массовых городских мероприятий / О. Ю. Булатова // Дороги и мосты. – 2022. – № 1(47). – С. 294-304. – EDN HCIDVX.

5. Прогнозирование транспортных потоков на основе модели сверточной нейронной сети / Ц. Цзян, А. А. Феофилова, А. Г. Шевцова, В. В. Васильева // Мир транспорта и технологических машин. – 2024. – № 4-1(87). – С. 126-133. – DOI 10.33979/2073-7432-2024-4-1(87)-126-133. – EDN IEOBLW.

6. Интеллектуальный транспорт в повышении безопасности дорожного движения / А. Н. Новиков, Л. Хуан, А. А. Феофилова, Н. С. Любимый // Мир транспорта и технологических машин. – 2024. – № 4-2(87). – С. 101-108. – DOI 10.33979/2073-7432-2024-4-2(87)-101-108. – EDN DYHJJK.

7. Криволапова, О. Ю. Подход к оценке эффективности объектов совершенствования транспортной сети / О. Ю. Криволапова // Научное обозрение. – 2014. – № 11-2. – С. 606-608. – EDN TUGDGF.

8. Булатова, О. Ю. Интеллектуальные транспортные системы / О. Ю. Булатова ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Донской государственный технический университет. – Ростов-на-Дону : Донской государственный технический университет, 2022. – 101 с. – ISBN 978-5-7890-1991-7. – EDN NWJDBZ.

9. Моделирование гибких скоростных режимов на автомагистралях / В. В. Зырянов, Г. Аохуа, Ю. Н. Линник, М. В. Кулев // Мир транспорта и технологических машин. – 2024. – № 4-1(87). – С. 104-111. – DOI 10.33979/2073-7432-2024-4-1(87)-104-111. – EDN NCCROE.

10. Криволапова, О. Ю. ОСОБЕННОСТИ ПостроениЯ Архитектуры интеллектуальных транспортных систем / О. Ю. Криволапова // Вестник Тихоокеанского государственного университета. – 2012. – № 1(24). – С. 99-102. – EDN OWUAOJ.

11. Коновалова, Д. А. Стратегия снижения количества дорожно- транспортных происшествий путем внедрения интеллектуальных транспортных систем / Д. А. Коновалова, О. Ю.

Булатова // Мир транспорта и технологических машин. – 2023. – № 3-1(82). – С. 93-100. – DOI 10.33979/2073-7432-2023-3-1(82)-93-100. – EDN VTEGKC.

12. Дорохин, С. В. Инновационные цифровые технологии в сфере транспорта как современная глобальная тенденция развития / С. В. Дорохин, Н. А. Азарова // Перспективы развития, инновации и информационные технологии на транспорте : Материалы Международной молодежной научно-практической конференции, Воронеж, 17–18 октября 2024 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2024. – С. 140-144. – DOI 10.58168/DPIITT2024_140-144. – EDN KUULWF.

References

13. Booz Allen, & Hamilton. (1997). Olympic transportation system management, system and operations review: Booz Allen & Hamilton, written for U.S. Department of Transportation, Federal Transit Administration and the Federal Highway Administration.

14. Bovy, P (2019) “Since Sydney 2000 Olympics are catalysts for more sustainable mobilities Towards Olympics 4.0” Swiss Federal Institute of Technology Zurich IVT Institute for Transport Planning and Systems IVT Seminar Nov 5, 2019

15. Bovy, P. (2006) ‘Solving Outstanding Mega-event Transport Challenges: The Olympic Experience’, Public Transport International, 6: 32–4.

16. Bulatova, O. Yu. Primenenie elementov intellektual'nyh transportnyh sistem pri organizacii transportno-logisticheskogo obsluzhivaniya vo vremya provedeniya massovyh gorodskih meropriyatij / O. Yu. Bulatova // Dorogi i mosty. – 2022. – № 1(47). – S. 294-304. – EDN HCIDVX.

17. Prognozirovanie transportnyh potokov na osnove modeli svertochnoj nejronnoj seti / C. Czyan, A. A. Feofilova, A. G. Shevcova, V. V. Vasil'eva // Mir transporta i tekhnologicheskih mashin. – 2024. – № 4-1(87). – S. 126-133. – DOI 10.33979/2073-7432-2024-4-1(87)-126-133. – EDN IEOBLW.

18. Intellektual'nyj transport v povyshenii bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya / A. N. Novikov, L. Huan, A. A. Feofilova, N. S. Lyubimyj // Mir transporta i tekhnologicheskih mashin. – 2024. – № 4-2(87). – S. 101-108. – DOI 10.33979/2073-7432-2024-4-2(87)-101-108. – EDN DYHJJK.

19. Krivolapova, O. Yu. Podhod k ocenke effektivnosti ob"ektov sovershenstvovaniya transportnoj seti / O. Yu. Krivolapova // Nauchnoe obozrenie. – 2014. – № 11-2. – S. 606-608. – EDN TUGDGF.

20. Bulatova, O. Yu. Intellektual'nye transportnye sistemy / O. Yu. Bulatova ; Minister-stvo nauki i vysshego obrazovaniya Rossijskoj Federacii, Donskoj gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet. – Rostov-na-Donu : Donskoj gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet, 2022. – 101 s. – ISBN 978-5-7890-1991-7. – EDN NWJDBZ.

21. Modelirovanie gibkih skorostnyh rezhimov na avtomagistralyah / V. V. Zyryanov, G. Aohua, Yu. N. Linnik, M. V. Kulev // Mir transporta i tekhnologicheskih mashin. – 2024. – № 4-1(87). – S. 104-111. – DOI 10.33979/2073-7432-2024-4-1(87)-104-111. – EDN NCCROE.

22. Krivolapova, O. Yu. OSOBENNOSTI PostroeniYa Arhitektury intellektual'nyh transportnyh sistem / O. Yu. Krivolapova // Vestnik Tihookeanskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2012. – № 1(24). – S. 99-102. – EDN OWUAOJ.

23. Konovalova, D. A. Strategiya snizheniya kolichestva dorozhno- transportnyh proisshestvij putem vnedreniya intellektual'nyh transportnyh sistem / D. A. Konovalova, O. Yu. Bulatova // Mir transporta i tekhnologicheskih mashin. – 2023. – № 3-1(82). – S. 93-100. – DOI 10.33979/2073-7432-2023-3-1(82)-93-100. – EDN VTEGKC.

24. Dorohin, S. V. Innovacionnye cifrovye tekhnologii v sfere transporta kak sovremennaya global'naya tendenciya razvitiya / S. V. Dorohin, N. A. Azarova // Perspektivy razvitiya, innovacii i informacionnye tekhnologii na transporte : Materialy Mezhdunarodnoj molodezhnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, Voronezh, 17–18 oktyabrya 2024 goda. – Voronezh: Voronezhskij gosudarstvennyj lesotekhnicheskij universitet im. G.F. Morozova, 2024. – S. 140-144. – DOI 10.58168/DPIITT2024_140-144. – EDN KUULWF.

DOI: 10.58168/MSTT2025_62-65
УДК 656.1.07:004.9

ОБЗОР И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

М.Д. Бурцев [1]
[1] Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Санкт-Петербург, Россия, m.d.burtsev@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются особенности применения современных методик оценки эффективности работы городского пассажирского транспорта и качества обслуживания населения на примере мегаполисов России, стран Западной Европы и Китая. Проведён сравнительный анализ подходов к мониторингу, управлению и использованию цифровых технологий в этих регионах.

Ключевые слова: городской пассажирский транспорт, качество транспортного обслуживания, интеллектуальная транспортная система, информирование пассажиров, платёжные решения, цифровой двойник, автономный транспорт.

REVIEW AND COMPARATIVE ANALYSIS OF MODERN METHODS FOR EVALUATING THE EFFICIENCY OF URBAN PASSENGER TRANSPORT OPERATIONS

M. D. Burtsev [1]
[1] Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering,
Saint Petersburg, Russia, m.d.burtsev@mail.ru

Abstract. This article examines the application of modern methodologies for evaluating the efficiency of urban passenger transport operations and the quality of service provided to the population, using examples from major metropolitan areas in Russia, Western Europe, and China. A comparative analysis of monitoring, management, and digital technology implementation approaches in these regions is conducted.

Keywords: urban passenger transport, quality of transport service, intelligent transport system, passenger information, payment solutions, digital twin, autonomous transport.

Формирование эффективной городской транспортной системы является важной задачей при модернизации инфраструктуры современных мегаполисов. От качества работы общественного транспорта напрямую зависит уровень мобильности населения, экологическая обстановка и общее социальное благополучие. В этой связи большое значение приобретает внедрение современных подходов к оценке эффективности функционирования транспорта, особенно в условиях возрастающих потоков и цифровизации управления.

В ряде крупнейших городов России, таких как Москва и Санкт-Петербург, активно внедряются цифровые технологии управления городским транспортом.

© Бурцев М. Д., 2025

Московская интеллектуальная транспортная система (ИТС) охватывает управление потоками, адаптацию светофорных фаз, прогнозирование нагрузки и приоритет для общественного транспорта. Важными составляющими являются автоматизированное регулирование движения (АСУДД), цифровой двойник транспортной модели (ДТМ) и программно-аппаратный комплекс по проектированию и мониторингу схем движения (КСОДД). Эта система позволяет оперативно регулировать дорожную ситуацию и минимизировать задержки в движении общественного транспорта [1].

В Санкт-Петербурге реализована Автоматизированная система управления городским и пригородным транспортом (АСУ ГПТ), которая обеспечивает координацию маршрутов, контроль исполнения расписаний и взаимодействие с пассажирами через информационные панели и цифровые сервисы. Система дополнена Региональным центром управления транспортом (АС РЦУТ), который формирует сценарии реагирования на транспортные инциденты и накапливает данные о транспортных потоках для оперативного управления [2, 3].

В регионах России применяются методики, предложенные Министерством транспорта РФ, с акцентом на показатели регулярности, безопасности и комфортности транспортного обслуживания [4]. Однако уровень внедрения интеллектуальных систем значительно отличается от региона к региону.

В европейских мегаполисах, таких как Берлин и Париж, приняты интегрированные подходы к управлению транспортными системами. В Берлине реализована система на основе концепции "умной мобильности", где применяются автоматизированные счётчики пассажиров, управление движением на основе телеметрии, цифровые сервисы планирования маршрутов и контроль соблюдения расписаний. Большое внимание уделяется разработке MaaS-платформ и тестированию автономных транспортных средств. Парижская транспортная система активно использует передовые цифровые технологии. Например, линия метро 14 полностью автоматизирована, а пассажиры получают актуальную информацию через проект IMAGE, который объединяет цифровые панели на станциях и мобильные уведомления. Также развиваются интеллектуальные системы видеонаблюдения с возможностью анализа данных в реальном времени и инновационные решения в сфере электронной оплаты и билетирования [5].

Китай, в частности такие города как Пекин и Шанхай, демонстрирует масштабный и технологически ориентированный подход. В Пекине работает интеллектуальный центр управления автобусными перевозками, использующий спутниковую навигацию, алгоритмы прогнозирования и анализ в реальном времени на основе больших данных и искусственного интеллекта, обеспечивая оптимизацию транспортных потоков и повышение качества обслуживания пассажиров городского пассажирского транспорта. На станциях метро внедрены системы распознавания пассажиров с особыми потребностями, повышающие безопасность и комфорт обслуживания. Интеграция различных видов транспорта обеспечивается универсальной системой оплаты на базе смарт-карт [6, 7]. Шанхай активно продвигает концепцию единого цифрового пространства для управления транспортом. Приложение Suishenxing представляет собой MaaS-плат-

форму, объединяющую различные виды транспорта и стимулирующую экологически чистые поездки. Внедрена технология цифрового двойника города для моделирования движения, мониторинга трафика и принятия оперативных решений. Отдельное внимание уделяется развитию транспорта с нулевым выбросом углерода, включая электробусы и водородные автомобили.

На основании рассмотренных примеров можно сделать следующие выводы:

- Российские мегаполисы сосредоточены на внедрении ИТС и цифровых платформ управления, но уровень автоматизации варьируется от города к городу.
- Европейские столицы делают ставку на стандартизацию качества, цифровизацию взаимодействия с пассажирами и устойчивую мобильность.
- Китайские города лидируют по глубине интеграции ИТС, масштабности применения больших данных и темпам внедрения автономных решений.

Эффективность управления городским пассажирским транспортом напрямую зависит от уровня цифровизации и системного подхода к оценке качества перевозок. Использование ИТС, интеллектуального анализа, систем информирования и интеграции сервисов позволяет достигать высокого уровня обслуживания и адаптивности транспортных систем к меняющимся условиям. В этом контексте международный опыт может служить ориентиром для российских городов в процессе совершенствования транспортной политики и практик.

Список литературы

1. Интеллектуальная транспортная система Москвы. – URL: https://www.secuteck.ru/articles/intellektualnaya-transportnaya-sistema-moskvy (дата обращения: 10.04.2025).
2. Автоматизированная система «Региональный центр управления транспортом» (АС РЦУТ). – URL: https://iac.spb.ru/proekty-i-sistemy/detail.php/?ELEMENT_ID=210 (дата обращения: 10.04.2025).
3. Автоматизированная система управления городским и пригородным транспортом общего пользования (АСУ ГПТ). – URL: https://iac.spb.ru/proekty-i-sistemy/detail.php/?ELEMENT_ID=217 (дата обращения: 10.04.2025).
4. Российская Федерация. Минтранс. Распоряжение от 31.01.2017 № НА-19-р (ред. от 08.10.2024) «Об утверждении социального стандарта транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом» // Официальный интернет-портал правовой информации. – URL: http://publication.pravo.gov.ru (дата обращения: 10.04.2025).
5. European Standard EN 13816:2002. Transportation – Logistics and services – Public passenger transport – Service quality definition, targeting and measurement.
6. Lin, J., Wang, H., Huang, W., & Zhang, Y. Big data analytics in transportation: A systematic review // International Journal of Production Research. – 2021. – Vol. 59, No. 14. – P. 4326–4344. – DOI: https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1865580
7. Ministry of Transport of the People's Republic of China. Urban Public Transport Evaluation and Development Guidelines. – Beijing, 2020.

References

1. Intelligent Transport System of Moscow. – URL: https://www.secuteck.ru/articles/intellektualnaya-transportnaya-sistema-moskvy (accessed: 10.04.2025).
2. Automated System "Regional Transport Control Center" (AS RCUT). – URL: https://iac.spb.ru/proekty-i-sistemy/detail.php/?ELEMENT_ID=210 (accessed: 10.04.2025).
3. Automated Control System for Urban and Suburban Public Transport (ASU GPT). – URL: https://iac.spb.ru/proekty-i-sistemy/detail.php/?ELEMENT_ID=217 (accessed: 10.04.2025).
4. Ministry of Transport of the Russian Federation. Order No. NA-19-r of 31 January 2017 (rev. 08.10.2024) "On the approval of the social standard for the provision of transport services to the population when transporting passengers and luggage by motor vehicles and urban ground electric transport". Official Internet portal of legal information. – URL: http://publication.pravo.gov.ru (accessed: 10.04.2025).
5. European Standard EN 13816:2002. Transportation – Logistics and services – Public passenger transport – Service quality definition, targeting and measurement.
6. Lin, J., Wang, H., Huang, W., & Zhang, Y. (2021). Big data analytics in transportation: A systematic review. International Journal of Production Research, 59(14), 4326–4344. https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1865580
7. Ministry of Transport of the People's Republic of China. (2020). Urban Public Transport Evaluation and Development Guidelines. Beijing.

DOI: 10.58168/MSTT2025_66-71
УДК 656.13

CYBER-PHYSICAL-SOCIAL SYSTEM IN JINAN TRAFFIC SYSTEM: EXPLORING NEW POSSIBILITIES FOR TRAFFIC

Wang Yuyao[1], Li Wenjun[2], O. U. Bulatova[3]
[1, 2, 3] Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia
[1] 2451503546@qq.com
[2] 1541574102@qq.com
[3] mip.rnd@yandex.ru

Abstract. This paper focuses on the application of CPSS (cyber-physical-social systems) in Jinan's transport system. Firstly, it introduces the current situation of Jinan traffic system and the concept of CPSS, and then describes its application in Jinan intelligent traffic, discusses the future direction of technical architecture development, analyses the challenges and looks forward to the future.

Keywords: CPSS, traffic system, intelligent transport systems, architecture CPSS

РЕАЛИЗАЦИЯ КОНЦЕПЦИИ КИБЕР-ФИЗИКО-СОЦИАЛЬНОЙ СИТЕМЫ В Г. ЦЗИНАНЬ (КНР): ИСЛЛЕДОВАНИЕ НОВЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

Ван Юйяо[1], Ли Вэнцзюнь[2], О.Ю. Булатова[3]
[1, 2, 3] Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия
[1] 2451503546@qq.com
[2] 1541574102@qq.com
[3] mip.rnd@yandex.ru

Аннотация. В данной статье приводится пример реализации приложений CPSS (кибер-физико-социальной системы) в транспортной системе города Цзинань (КНР). Рассматривается понятие CPSS и текущее состояние реализации данной системе в г. Цзинань. Также определен вектор будущего развития приложений в транспортной отрасли, проведен анализ основных вызовов и возможностей системы CPSS.

Ключевые слова: CPSS, транспортная система, интеллектуальные транспортные системы, архитектура CPSS.

With the acceleration of urbanization, traffic congestion and inefficient travelling have become challenges for many cities. Jinan, as an important regional center city, its traffic development has attracted much attention. In recent years, Jinan has been vigorously promoting the construction of transport infrastructure, and has built a high-speed road network of "two rings, one link and sixteen shoots", with a total highway mileage of 18,456 kilometers, including 890 kilometers of motorways; the construction of a "metre-shaped" high-speed rail network is also accelerating, with a mileage of 446 kilometers. The "metre-shaped" high-speed railway network is also under

© Wang Yuyao[1], Li Wenjun[2], O. U. Bulatova[3], 2025

accelerated construction, with a mileage of 446 kilometers [1-3]. The city metro has 3 lines in operation and 6 lines under construction, and the public transport continues to be optimized (Fig.1). However, the problems of high traffic flow in morning and evening peaks and obvious commuting pressure still exist.

Cyber-Physical-Social Systems (CPSS) offer a transformative approach to addressing urban traffic challenges. CPSS modeling organically integrates physical infrastructure (roads, vehicles, sensors), information systems (data analytics, AI algorithms), and social factors (travel demand, user behavior) to create a holistic, adaptive traffic management framework. This integration enables real-time monitoring, intelligent resource allocation, personalized services, and ultimately, improved efficiency and resilience within Jinan's transportation network [4].

Jinan has implemented an L3-level intelligent networked bus line, demonstrating the potential of autonomous driving technology in public transportation such as bus line 1, Yanshan Xinju BRT station, which realizes autonomous overtaking, obstacle avoidance and other functions of buses, and serves more than 2,300 trips cumulatively. This achievement not only improves the safety and punctuality of bus travel, but also brings passengers a more comfortable travelling experience, demonstrating the feasibility and advantages of Intelligent Network Connected Technology in the field of public transport.

A total of 162 kilometers of Intelligent Networked Test Roads were constructed and the digital transformation of 52 intersections was completed, providing strong support for the verification of autonomous driving technology. By arranging various types of sensors and communication devices on the test roads, information interaction between vehicles and road infrastructure has been realized, providing abundant data for the R&D and optimization of autonomous driving technology.

Building upon the foundation established by the intelligent networked test roads, Jinan has extended these CPSS principles to broader applications within its transportation network. These initiatives encompass intelligent expressway management and other multi-layered approaches to optimize traffic flow and enhance safety across the city's infrastructure. The following sections highlight key deployments and future directions of this integrated approach [5-7].

1. Intelligent Expressway Management

With the help of IoT and cloud computing technology, real-time monitoring of traffic flow and events on the Shanghai-Chongqing Expressway and other sections of the highway has achieved scheduling optimization and emergency response. For instance, real-time data from the Shanghai-Chongqing Expressway is analyzed to predict potential congestion hotspots. This information is then used to dynamically adjust traffic signal timings on arterial roads leading to the expressway, proactively managing traffic flow and preventing bottlenecks before they occur. This proactive approach not only reduces travel times for commuters but also minimizes the risk of accidents caused by sudden congestion, contributing to a safer and more efficient transportation network overall. The reduction in idling vehicles also leads to lower emissions, aligning with Jinan's sustainability goals.

Physical Layer: This system relies on an extensive network of sensors embedded in the expressway, cameras providing visual data of traffic conditions, and Roadside

Units (RSUs) facilitating communication with connected vehicles. These components form the foundation for real-time data collection.

Information Layer: The raw data gathered by the physical layer is transmitted to a cloud-based platform where it is processed and analyzed using advanced machine learning algorithms. These algorithms predict potential congestion hotspots and identify incidents, providing actionable insights.

Social Layer: The traffic management department utilizes the insights generated by the information layer to make informed decisions about traffic signal adjustments, incident response, and the dissemination of real-time information to drivers via mobile apps and dynamic message signs. This human element is crucial for effective management and communication within the transportation system. This dynamic process combines the physical sensing with data driven insight and active human response to alleviate congestion.

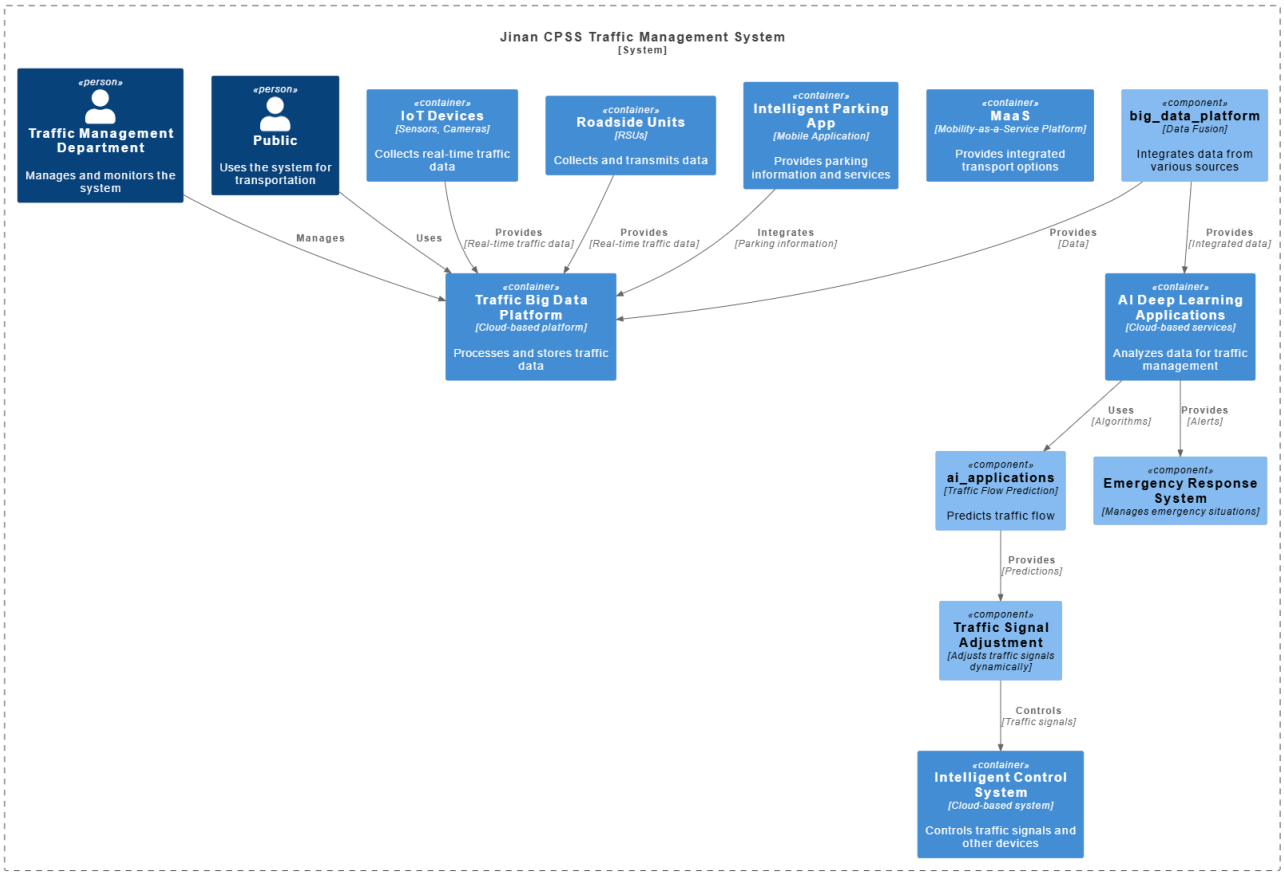


Fig. 1 – Jinan traffic management based on CPSS

2. Multi-layer synergistic development

Physical layer: continuously improve the intelligent infrastructure and promote the development of automatic driving technology. For example, intelligent street lights, intelligent traffic signs and other facilities are deployed in some key road sections to provide more accurate information guidance for vehicles.

Information layer: Relying on the traffic big data platform and AI deep learning applications to achieve data-driven decision-making. Through the analysis of massive traffic data, it predicts traffic flow trends and provides a scientific basis for traffic planning and management.

Social layer: policy support and public service synergy. Jinan has been approved as a national pilot city for the integration of vehicle, road and cloud, and has introduced relevant policies to encourage the development of intelligent transport. At the same time, it promotes intelligent parking APP, which facilitates the public to inquire about parking spaces in real time and reduces the time of looking for a car. It also introduces MaaS (Mobility-as-a-Service) mode, integrates the "rail+public+slow" network, optimises the travel experience of the public, and explores the reservation service of unmanned buses to improve the coverage rate of public transportation.

Building on current successes, Jinan's future CPSS development will focus on four key areas:

1. Intelligent Infrastructure Upgrade

Continuously promote the construction of interchange hubs for the Jibin high-speed railway and metro, so as to realise the seamless connection of "air-rail-public". For example, an intelligent guidance system will be set up in the interchange hub to facilitate passengers to quickly transfer to different modes of transport and improve travelling efficiency.

2. Full deployment of intelligent terminals

Sensors, cameras and roadside units (RSUs) are installed at key nodes such as rail stations and bus routes to build an all-area perception network. These devices can collect traffic data in real time and provide more comprehensive and accurate information for traffic management and services.

3. Information Fusion and Intelligent Decision Optimization

AI algorithm upgrade: Use reinforcement learning to dynamically adjust signal timing, combine with meteorological data to predict congestion, and improve emergency response efficiency. For example, during heavy rainfall, traffic signals of waterlogged roads are adjusted in advance to guide vehicles to avoid congested areas.

Platform synergy and integration: Integration of five platforms, such as the Transportation Big Data Centre and the Intelligent Control System for Safety Risks, to achieve cross-departmental data sharing and real-time analysis, break the data silos, and provide a more comprehensive perspective for traffic decision-making.

4. Construction of Industrial Ecology and Improvement of Regulatory Guarantee

Cultivation of industrial ecology: Attract enterprises such as Shanghai Xiantu Intelligence to land in the city, promote the application of self-driving sanitation vehicles, logistics vehicles and other scenarios, and form a closed loop of "R&D - testing - production" to promote the development of the intelligent transport industry.

Strengthening regulatory protection: Revise the Jinan Urban Public Transportation Regulations, improve the testing and operation norms of intelligent networked vehicles, and provide legal protection and normative standards for the development of intelligent transport.

Currently, Jinan CPSS application faces data quality and sharing challenges. There are inaccuracies and incompleteness in the data, and it is difficult to share data from different departments, just like a data island. For example, at morning and evening peak intersections where people and vehicles are intertwined, data collection is difficult and inaccurate, leading to bias in data-based traffic decision-making and the inability of the model to accurately predict road conditions, which seriously hinders the role of

CPSS in Jinan's traffic.

Establish a data quality checking system to facilitate the cross-sectoral flow of data, and continuously improve the model to adapt it to complex scenarios. After implementation, it is expected to make Jinan traffic decision-making more scientific and resource utilisation more efficient, alleviate traffic congestion and provide a smoother travelling experience for citizens.

CPSS provides a full chain of support from perception to decision-making for Jinan's ITS, and its core value lies in the deep integration of physical space, information space and social space. In the future, Jinan should continue to strengthen technology iteration, policy innovation and ecological construction, and gradually build a national leading "full-scene intelligent transport" demonstration city, providing a "Jinan sample" for the strategy of a strong transport nation.

The application of CPSS modelling in Jinan's traffic system has achieved certain results, and the direction of future development is clear. Despite the challenges, it is expected that the intelligent upgrading of the transport system can be achieved through reasonable strategies, which will improve the overall level of urban transport and provide strong support for the sustainable development of the city.

Список литературы

1. China Jinan Intelligent Transport Industry Market Panoramic Assessment and Investment Outlook Report 2025. Доклад. - Henan: Original Power Document, 2025. URL: https://m.book118.com/html/2025/0104/7165144104010016.shtm (дата обращения: 2025-01-05).
2. Чжан, Ц. Анализ функционирования элементов интеллектуальной транспортной системы г. Пекин (КНР) / Ц. Чжан, О. Ю. Булатова // Наука и инновации в современном мире : Материалы Национальной научно-практической конференции, Воронеж, 22 января 2024 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2024. – С. 82-86. – DOI 10.58168/SIMW2024_82-86. – EDN NVPKVE.
3. Ху, Л. Анализ применения интеллектуальных систем для управления дорожным движением в Китае / Л. Ху, О. Ю. Булатова // Актуальные проблемы науки и техники. 2024 : Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 19–21 марта 2024 года. – Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет, 2024. – С. 684-685. – EDN PJFZEG.
4. Jinan intelligent traffic new exploration: signal light how to become "smart" up Статья. - [Place of publication unknown]: Sohu.com, 2025. URL: https://m.sohu.com/a/848685721_122004016/?pvid=000115_3w_a (дата обращения: 2025-01-14).
5. Состояние интеллектуальных транспортных систем в субъектах Российской Федерации / Е. С. Ищенко, А. Ю. Артемов, С. В. Дорохин, С. А. Ширяев // Технология транспортных процессов: состояние, проблемы, перспективы : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Воронеж, 13 февраля 2023 года / Отв. редактор В.А. Зеликов. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2023. – С. 43-49. – DOI 10.58168/TTPSPP2023_43-49. – EDN BJSXRO.
6. Криволапова, О. Ю. Построение архитектуры интеллектуальных транспортных систем / О. Ю. Криволапова // Молодой ученый. – 2012. – № 12. – С. 80-83. – EDN RFYKML.
7. Артемов, А. Ю. Управление транспортными потоками УДС городов / А. Ю. Артемов, С. В. Дорохин // Проблемы и перспективы конструктивного совершенствования отечественного автомобилестроения : материалы Всероссийской научно-технической конференции, Воронеж, 12 апреля 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2023. – С. 74-77. – DOI 10.58168/AutIndustry2023_74-77. – EDN BCOBWD.

References

1. China Jinan Intelligent Transport Industry Market Panoramic Assessment and Investment Out-look Report 2025. Doklad. - Henan: Original Power Document, 2025. URL: https://m.book118.com/html/2025/0104/7165144104010016.shtm (data obrashcheniya: 2025-01-05).
2. Chzhan, C. Analiz funkcionirovaniya elementov intellektual'noj transportnoj sistemy g. Pekin (KNR) / C. Chzhan, O. Yu. Bulatova // Nauka i innovacii v sovremennom mire : Materialy Nacional'noj nauchno-prakticheskoj konferencii, Voronezh, 22 yanvarya 2024 goda. – Voronezh: Voro-nezhskij gosudarstvennyj lesotekhnicheskij universitet im. G.F. Morozova, 2024. – S. 82-86. – DOI 10.58168/SIMW2024_82-86. – EDN NVPKVE.
3. Hu, L. Analiz primeneniya intellektual'nyh sistem dlya upravleniya dorozhnym dvizheniem v Kitae / L. Hu, O. Yu. Bulatova // Aktual'nye problemy nauki i tekhniki. 2024 : Materialy Vserossijskoj (nacional'noj) nauchno-prakticheskoj konferencii, Rostov-na-Donu, 19–21 marta 2024 goda. – Rostov-na-Donu: Donskoj gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet, 2024. – S. 684-685. – EDN PJFZEG.
4. Jinan intelligent traffic new exploration: signal light how to become \"smart\" up Stat'ya. - [Place of publication unknown]: Sohu.com, 2025. – URL: https://m.sohu.com/a/848685721_122004016/?pvid=000115_3w_a (data obrashcheniya: 2025-01-14).
5. Sostoyanie intellektual'nyh transportnyh sistem v sub"ektah Rossijskoj Federacii / E. S. Ishchenko, A. Yu. Artemov, S. V. Dorohin, S. A. Shiryaev // Tekhnologiya transportnyh processov: sostoyanie, problemy, perspektivy : Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii, Voronezh, 13 fevralya 2023 goda / Otv. redaktor V.A. Zelikov. – Voronezh: Voronezhskij gosudarstvennyj lesotekhnicheskij universitet im. G.F. Morozova, 2023. – S. 43-49. – DOI 10.58168/TTPSPP2023_43-49. – EDN BJSXRO.
6. Krivolapova, O. Yu. Postroenie arhitektury intellektual'nyh transportnyh sistem / O. Yu. Krivolapova // Molodoj uchenyj. – 2012. – № 12. – S. 80-83. – EDN RFYKML.
7. Artemov, A. Yu. Upravlenie transportnymi potokami UDS gorodov / A. Yu. Artemov, S. V. Dorohin // Problemy i perspektivy konstruktivnogo sovershenstvovaniya otechestvennogo avtomobilestroeniya : materialy Vserossijskoj nauchno-tekhnicheskoj konferencii, Voronezh, 12 aprelya 2023 goda. – Voronezh: Voronezhskij gosudarstvennyj lesotekhnicheskij universitet im. G.F. Morozova, 2023. – S. 74-77. – DOI 10.58168/AutIndustry2023_74-77. – EDN BCOBWD.

DOI: 10.58168/MSTT2025_72-75
УДК: 629.083

СОЗДАНИЕ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ АВТОСЕРВИСА

А.С. Гришин [1], В.И. Сарбаев [2]
[1, 2] ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет», г. Москва, Россия
[1] agrishin@business-car.ru
[2] visarbaev@gmail.com

Аннотация. В статье рассматривается возможности и перспективы использования имитационного моделирования для повышения эффективности автосервиса, основные этапы создания имитационной модели, научные подходы, используемые для моделирования законы распределения случайных величин

Ключевые слова: автосервис, техническое обслуживание, законы распределения случайных величин, имитационная модель, производственные процессы.

CREATION OF SIMULATION MODELS OF THE CAR SERVICE PRODUCTION PROCESSES

A.S. Grishin [1], V.I. Sarbaev [2]
[1, 2] Moscow Polytechnic University, Moscow, Russia
[1] agrishin@business-car.ru
[2] visarbaev@gmail.com

Abstract. The article discusses the possibilities and prospects of using simulation modeling to improve the efficiency of a car service, the main stages of creating a simulation model, and scientific approaches used to model the laws of random variable distribution.

Keywords: auto repair, maintenance, laws of distribution of random variables, simulation model, production processes.

В последние годы в условиях смены марочного состава обслуживаемых автомобилей в РФ меняются стратегии работы предприятий автосервиса. Для сохранения клиентской базы, большинство предприятий продолжают обслуживать текущий автомобильный парк (автомобили, марок ушедших с рынка) и одновременно перестраиваются на работу с новыми марками автомобилей (преимущественно китайского производства). При одновременном обслуживании нескольких марок на предприятиях снижается эффективность производственных процессов, связанных с отличиями в технологиях ТО и ТР. Для повышения эффективности производственных процессов, возникает необходимость их моделирования.

© Гришин А. С., Сарбаев В. И., 2025

Вопросами построения имитационных моделей автосервиса занимались ряд современных исследователей: в работе [1] построена имитационная модель для облуживания различных категорий транспортных средств. Модель предназначена для поиска устойчивых параметров функционирования автосервиса. В исследовании автор абстрагировался от технологического процесса оказания услуг автосервиса, заменив его временем нахождения транспортного средства в автосервисе. В работе [2] авторами решалась задача по размещению предприятий автосервиса. Алгоритм построения имитационной при этом базируется на трех этапах, гарантирующих при соответствующей проработке, качество модели: учет параметров функционирования существующих объектов, анализ параметров с использование математических методов и моделей, прогноз изменения параметров функционирования как существующих объектов автосервиса, так и внешних факторов, воздействующих на рассматриваемую систему. В работе [3] для систем СМО рекомендуется использовать систему Anylogic для разработки дискретно-событийных моделей, наиболее подходящих для СМО, в данной системе содержаться базовые шаблоны для разработки подобных моделей.

В вышеперечисленных исследованиях авторы не учитывали стратегических приоритетов предприятия и его специфики, а также не уделяли внимания средствам автоматизации, которые применяются в производственных процессах на многих современных предприятиях автосервиса, а именно: бесконтактные киоски приема автомобилей, автоматически мойки.

Также будем учитывать, что современное предприятие, может обслуживать любые марки автомобилей, однако приоритетами остаются марки, на которых предприятие фокусируется своей стратегии. Сформулируем основные этапы разработки имитационной модели предприятия автосервиса (Рисунок 1).

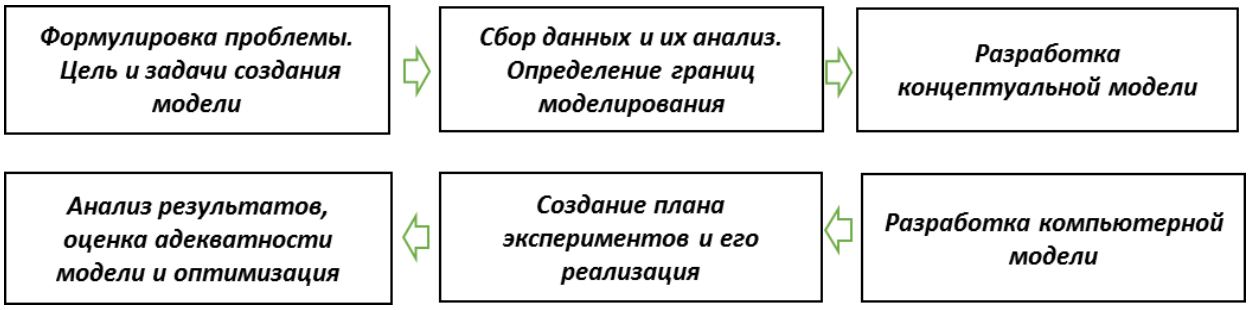


Рисунок 1 - Основные этапы имитационного моделирования автосервиса

Для моделирования будем использовать систему Anylogic.

Для сбора данных сначала определим временные интервалы. Очевидно, нас интересует поступление автомобилей на предприятие в течение 1 дня работы, то есть модельное время будет выражаться в часах.

Необходимо также знать планируемые временные интервалы записи автомобилей на обслуживание.

Для сбора данных соберем статистку по автомобилям основной марки (будем называть для удобства будет называть его «уходящей», автомобилям, продаваемым предприятием (новая марка) и автомобилям корпоративных парков (цель

обслуживания которых для предприятия, является сохранение выживаемости (прибыльности) предприятия в период сметы бренда. Также будем учитавать что предприятие может принимать на обслуживание автомобили любых марок (мультибренд). Модель составлена для производственного процесса оказания услуг ТО и ТР и диагностические.

Визуализация введенных исходных данных представлена на Рисунке 2.

1. Интервалы времени между поступлением автомобилей распределены по закону с Вейбулла параметрами Тр, k.
2. Время приемки 1 автомобиля распределено согласно нормальному закону с параметрами Т1 и То1
3. Время приема в киоске самообслуживания распределено согласно нормальному закону с параметрами Тк и То2
4. Время автоматической и ручной мойки имеет нормальное распределение (ТмА, ТмАо и ТмР, ТмРо соответственно). Автоматическая мойка используется для определенных типов машинозаездов (корпоративные парки)
5. Время выполнение ремонтных работ Тп1, Тп2..Тпп подчинено экспоненциальному закону
6. р1…р4 – вероятности заезда автомобилей (Уходящая марка, новая марка, мультибренд, Корпоративные парки)
7. р1п..р2п..рпп – вероятности поступления по типам автомобиля и видам ремонта
8. Автомеханики специализируются по маркам авто (Уходящая марка, новая марка, корпоративные парки). Количество механиков: колМехаников1..3 соответственно. Приоритет в загрузке механиков отдается механикам работающим на уходящей марке. Все диагностические работы выполняются на универсальных постах диагностики (колМехаников4).

Цифровые значения взяты из статистики работы реального предприятия автосервиса, со средней загрузкой 60-70 а/в день.

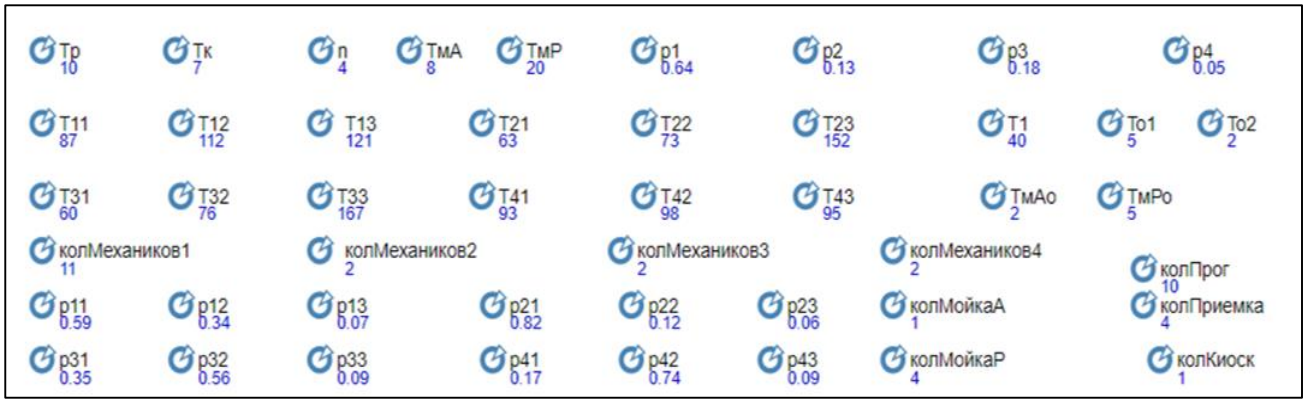


Рисунок 2 – Поле исходных данных в программе Anylogic

Созданная на базе исходных данных компьютерная имитационная модель производственного процесса автосервиса представлена на Рисунке 3.

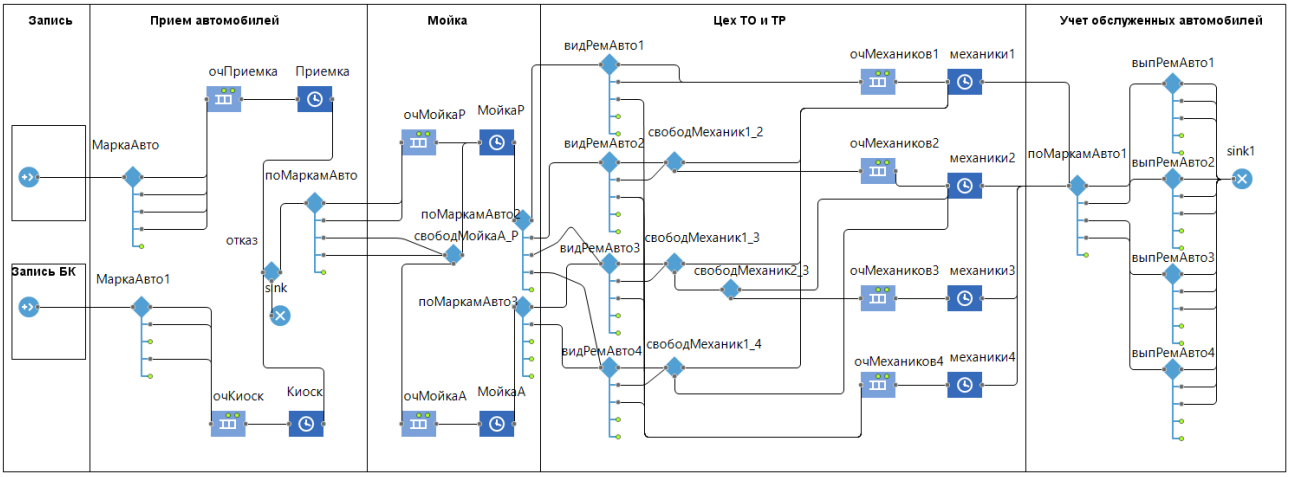


Рисунок 3 – Компьютерная имитационная модель программе Anylogic

Разработанная модель позволяет:

1) Анализировать загрузку всех производственных участков: мойка, приемка, диагностика ТО и ТР по моделям автомобилей;

2) Выявлять простоим автомобилей в очередях перед производственными участками

3) Определять наиболее выгодные сценарии с точки зрения количества обслуживаемых автомобилей и доходности предприятия соответственно.

Для выявления наиболее эффективных действий по повышению эффективности производственного процесса необходимо составление и реализация плана экспериментов.

Список литературы

1. Тимченко, В. С. Структура имитационной модели автосервиса / В. С. Тимченко // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2016. – Т. 6, № 2. – С. 46-50.

2. Хабибуллин, Р. Г. Имитационное моделирование автосервиса / Р. Г. Хабибуллин, И. В. Макарова // Мир транспорта. – 2008. – Т. 6, № 3(23). – С. 110-115.

3. Вьюненко, Л. Ф. Имитационное моделирование : учебник и практикум для вузов / Л. Ф. Вьюненко, М. В. Михайлов, Т. Н. Первозванская ; под редакцией Л. Ф. Вьюненко. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 283 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01098-5.

References

1. Timchenko, V. S. The structure of a car service simulation model / V. S. Timchenko // Modern problems of the Russian transport complex. – 2016. – Vol. 6, No. 2. – pp. 46-50.

2. Khabibullin, R. G. Simulation modeling of a car service / R. G. Khabibullin, I. V. Makarova // The world of transport. - 2008. – Vol. 6, No. 3(23). – pp. 110-115.

3. Vyunenko, L. F. Simulation modeling : textbook and workshop for universities / L. F. Vyunenko, M. V. Mikhailov, T. N. Pervozvanskaya ; edited by L. F. Vyunenko. Moscow : Yurait Publishing House, 2024. 283 p. (Higher education). — ISBN 978-5-534-01098-5.

DOI: 10.58168/MSTT2025_76-79
УДК 621.436

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ОХЛАЖДЕНИЯ НАДДУВОЧНОГО ВОЗДУХА ДВИГАТЕЛЕЙ

А.В. Салтанова[1]
[1] Брянский государственный инженерно-технологический университет,
г. Брянск, Россия, asaltanova@mail.ru

Аннотация. Показано, что система охлаждения наддувочного воздуха двигателей развиваются в двух направлениях. Конструктивные изменения, направленные на повышение эффективности систем охлаждения наддувочного воздуха и совершенствование управления этими системами. Приведены инновационные решения в этой области.

Ключевые слова: двигатель, система охлаждения наддувочного воздуха, охладитель, агрегат наддува.

INNOVATIVE SOLUTIONS FOR ENGINE CHARGE AIR COOLING

A.V. Saltanova[1]
[1] Bryansk State University of Engineering and Technology, Bryansk, Russia asaltanova@mail.ru

Abstract: It is shown that the engine charge air cooling system develops in two directions. Design changes aimed at improving the efficiency of charge cooling systems and improving the management of these systems. Innovative solutions in this area are presented.

Keywords: engine, charge air cooling system, cooler, boost unit.

В настоящее время многие двигатели внутреннего сгорания (ДВС) выполняются с наддувом. Наддув позволяет существенно увеличить мощность ДВС, при этом снижая его массу и габариты. Для увеличения веса воздушного заряда, позволяющего сжигать в цилиндре двигателя большее количество топлива и в результате увеличивать мощность двигателя, наддувочный воздух необходимо охлаждать.

Температура охлаждения жидкостей существенно влияет на работу двигателя. При низких температурах охлаждающей воды усиливается коррозия цилиндров (цилиндровых втулок) двигателя и износ [1]. При высоких температурах смазочные свойства масла ухудшаются и, в итоге, резко увеличивается износ деталей.

Для каждого двигателя устанавливаются оптимальные температуры охлаждающих жидкостей, при которых их мощность и экономичность будут максимальными, а износ деталей – минимальным [2].

© Салтанова А. В. 2025

Для разработки и внедрения в производстве инновационных решений, на предприятии должно выполняться несколько условий. Одно из самых главных – наличие высококвалифицированных кадров, обладающих высоким интеллектуальным потенциалом (ИП) и способных решать задачи по созданию инновационной техники, её систем и узлов на самом высоком научно – техническом уровне, не уступающем лучшим мировым образцам, а во многих случаях и превосходящих их [3].

Инженерно-технические работники инновационных предприятий должны уметь не просто разрабатывать инновационные конструкции и технологии, но и защищать их патентами. Только внедрение в производство изобретений позволит создавать разработки, конкурентноспособные на мировом рынке [4].

Всё сказанное относится и к инновационному развитию систем охлаждения наддувочного воздуха двигателей.

Анализ патентов показал, что инновационное развитие систем охлаждения наддувочного воздуха ДВС развивается, в основном, по двум направлениям.

1. Инновационное развитие конструкций систем охлаждения ДВС, направленное на повышение их эффективности.
2. Инновации в управлении системами охлаждения наддувочного воздуха, также повышающие их эффективность.

В качестве примеров рассмотрим некоторые из них.

Представляет интерес эжекционный охладитель наддувочного воздуха в комбинированных двигателях [5], дополнительно содержащий вихревой эжектор, сообщающийся с газовой турбиной и воздухо-воздушным охладителем наддувочного воздуха.

В [6] приведена система глубокого охлаждения наддувочного воздуха комбинированного двигателя, в которой дополнительно установлен теплообменник второй ступени, охлаждаемый с помощью турбовентилятора. Турбовентилятор состоит из турбины с электромагнитной муфтой, что даёт возможность управления от электронного блока в зависимости от показателей датчика температуры наддувочного воздуха.

Система охлаждения наддувочного воздуха ДВС, совмещающая охладитель наддувочного воздуха с агрегатом наддува, приведена в [7, 8]. Совмещение охладителя с агрегатом обеспечивает снижение металлоёмкости и уменьшение габаритов двигателя.

В [9] представлено устройство для регулирования температуры наддувочного воздуха ДВС, позволяющее повысить эффективность работы двигателя предотвращая конденсацию влаги в теплообменнике и поддерживающее температуру наддувочного воздуха выше точки росы на частичных режимах работы двигателя.

Система управления охлаждением наддувочного воздуха двигателя, активно поддерживающая температуру воздуха во впускном коллекторе приведена в [10].

Внедрение рассмотренных систем и устройств в производство ДВС, позволит повысить их экономичность, снизить металлоёмкость и уменьшить габаритные размеры.

Список литературы

1. Апанович, Н.Г. Конструкция, расчёт и проектирование тепловозов / Н.Г. Апанович и др.// «Машиностроение», 1969, - 388с.
2. Салтанова, А.В. Система охлаждения наддувочного воздуха двигателя с совмещенными компрессором и охладителем / А.В. Салтанова/ Новые материалы и технологии в машиностроении №40, 2024 – С.40-42.
3. Евенко, В.В. Оценка интеллектуального потенциала предприятия /В.В. Евенко, Д.В. Ерохин, А.А. Половинкова// Менеджмент качества и формирование стратегии развития экономических систем. Труды конф. г.Санкт – Петербург, 01 апреля 2008г. – Санкт – Петербург: «Санкт – Петербургский политехнический университет Петра Великого», 2008. – С.334-338.
4. Даниличева, О.В. Влияние изобретательской активности на инновационное развитие предприятия /О.В. Даниличева, В.В. Евенко// Экономическая психология инновационного менеджмента: сб. науч. статей X Всероссийской науч.-практ. конф. с междунар. участием, Брянск, 13 декабря 2018года/ Брянский государственный технический университет. Брянск: Брянский гос.техн. ун-ет,2019. С.90-93. EDN MGXDAA
5. Полезная модель №163939 U1 Российская Федерация, МПК F02B 29/04; F02B 37/00. Эжекционный охладитель наддувочного воздуха в комбинированных двигателях: № 2016106184/06; заявл.24.02.2016; опубл. 20.08.2016 Бюл. №23/В.С. Кукис, Д.В. Шабалин. Заявитель ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ) (RU).
6. Патент №2787443 C1 Российская Федерация, МПК F02B 29/04; F02B 23/00. Система глубокого охлаждения наддувочного воздуха комбинированного двигателя: № 2022124663; заявл. 19.09.2022; опубл. 19.01.2023. Бюл. №1 /Д.В. Шабалин, А.П. Прогоров и др. Заявитель Д.В. Шабалин, А.П. Прогоров, П.Е. Хобзарь.
7. Патент №2006603 C1 Российская Федерация, МПК F01P 3/18. Система охлаждения наддувочного воздуха: № 5039936/06: заявл. 27.04.92: опубл. 30.01.94 Бюл. №2 / В.И. Евенко, Г.Л. Васильев, В.В. Евенко. Патентообладатель В.И. Евенко.
8. Патент №1811561 A3 Советский Союз, МПК F01P 3/18 Система охлаждения наддувочного воздуха двигателя внутреннего сгорания: №4949380/23; заявл. 25.06.93 опубл.23.04.93 Бюл. №15/ В.И. Евенко, Г.Л. Васильев, В.В. Евенко. Заявитель Брянский ин-т транспортного мешиностр.
9. Патент № 2184251 C1 Российская Федерация, МПК F02B 29/04; F01P 3/22. Устройство для регулирования температуры наддувочного воздуха, двигателя внутреннего сгорания: № 2000131076/06; заявл. 14.12.2000; опубл.27.06.2002/ В.Н. Тимофеев, И.П. Данилов, М.С. Алатарев, Д.В. Тимофеев. Заявитель Чувашский гос. ун-т им. И.Н. Ульянова.
10. Полезная модель №152360 U1 Российская Федерация, МПК F02B 29/04; F02B 23/00, F01P 7/10, F01P 7/14. Система двигателя для управления охлаждением наддувочного воздуха для двигателей с наддувом, чтобы активно поддержать целую температуру воздуха во впускном коллекторе: № 2014109019/06; заявл.07.03.2014; опубл. 27.05.2015 Бюл. №15/А.Д. Ричардс (US), Д.Э. Роллингер (US). Патентообладатель Форд Глоубал Технолод-жиз, ЭлЭлСи (US).

References

1. Apanovich, N.G. Construction, calculation and design of diesel locomotives / N.G. Apanovich et al.// "Mechanical Engineering", 1969, - 388s.
2. Saltanova, A.V. Engine charge air cooling system with combined compressor and cooler / A.V. Saltanova / New materials and technologies in mechanical engineering No. 40, 2024 – S.40-42.
3. Evenko, V.V. Evaluation of the intellectual potential of the enterprise /V.V. Evenko, D.V. Erokhin, A.A. Polovinkova// Quality management and the formation of a strategy for the development of economic systems. Proceedings of the conferenceSt. Petersburg, April 01, 2008 – St. Petersburg: Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 2008, S.334-338.

4. Danilicheva, O.V. The influence of inventive activity on the innovative development of an enterprise /O.V. Danilicheva, V.V. Evenko// Economic psychology of innovation management: collection of scientific articles. articles of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with international Moscow, Bryansk, December 13, 2018/ Bryansk State Technical University. Bryansk: Bryansk State Technical University. Univ., 2019. S.90-93. EDN MGXDAA

5. Utility Model No. 163939 U1 Russian Federation, IPC F02B 29/04; F02B 37/00. Charge air ejection cooler in combined engines: № 2016106184/06; application no.02.24.2016; publ. 08/20/2016 Issue № 23/V.S. Kukis, D.V. Shabalin. The applicant is SUSU (RU).

6. Patent No. 2787443 C1 Russian Federation, IPC F02B 29/04; F02B 23/00. The system of deep cooling of the charge air of the combined engine: No. 2022124663; application 19.09.2022; published 19.01.2023. Bul. № 1 /D.V. Shabalin, A.P. Progorov et al. The applicant is D.V. Shabalin, A.P. Progorov, P.E. Khobzar.

7. Patent No. 2006603 C1 Russian Federation, IPC F01P 3/18. Charge air cooling system: No. 5039936/06: application No. 27.04.92: publication №. 30.01.94 / V.I. Evenko, G.L. Vasiliev, V.V. Evenko. The patent holder is V.I. Evenko.

8. Patent No. 1811561 AZ Soviet Union, IPC F01P 3/18 Internal combustion engine charge air cooling system: No.4949380/23; application No. 25.06.93 publ.23.04.93 Bul. № 15/ V.I. Evenko, G.L. Vasiliev, V.V. Evenko. The applicant is Bryansk Institute of Transport Meshing.

9. Patent No. 2184251 C1 Russian Federation, IPC F02B 29/04; F01P 3/22. Device for regulating the temperature of charge air, internal combustion engine: No. 2000131076/06; application no. 12.14.2000; publ.27.06.2002/ V.N. Timofeev, I.P. Danilov, M.S. Alatarev, D.V. Timofeev. The applicant is the I.N. Ulyanov Chuvash State University.

10. Utility Model No. 152360 U1 Russian Federation, IPC F02B 29/04; F02B 23/00, F01P 7/10, F01P 7/14. An engine system for controlling charge air cooling for turbocharged engines to actively maintain the entire air temperature in the intake manifold: No. 2014109019/06; declared 07.03.2014; published 27.05.2015 Bulletin No. 15 / A.D. Richards (US), D.E. Rollinger (US). Patent Holder Ford Global Technologies, ElElSI (US).

DOI: 10.58168/MSTT2025_80-83
УДК 625.7

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ЛОГИСТИКА: НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ С ИСКУССТВЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ

О.В. Сторожева [1], С.В. Дорохин [2], А.А. Чепрасова [3]
[1, 2] Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова г. Воронеж, Россия,
[1] storogeva2001@gmail.com
[2] dsvvrn@yandex.ru
[3] Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко
г. Воронеж, Россия, cheprasova_81@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассматривается логистика с применением искусственного интеллекта, представляющая собой эволюционный этап развития логистических систем, характеризующиеся применением передовых информационных технологий и методов искусственного интеллекта для оптимизации и автоматизации процессов управления цепями поставок. Также проанализированы преимущества данных логистических процессов.

Ключевые слова: логистика, автоматизация, транспорт, искусственный интеллект (ИИ), цифровые технологии, грузоперевозки, экономика.

INTELLIGENT LOGISTICS: NEW HORIZONS WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE

O.V. Storozheva[1], S.V. Dorokhin[2], A.A. Cheprasova[3]
[1, 2] Voronezh State Forestry Engineering University named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia,
[1] storogeva2001@gmail.com
[2] dsvvrn@yandex.ru
[3] Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko,
Voronezh, Russia, cheprasova_81@mail.ru

Annotation. This article examines logistics using artificial intelligence, which represents an evolutionary stage in the development of logistics systems characterized by the use of advanced information technologies and artificial intelligence methods to optimize and automate supply chain management processes. The advantages of these logistics processes are also analyzed.

Keywords: logistics, automation, transport, artificial intelligence (AI), digital technologies, cargo transportation, economy.

Одной из главных сфер экономики является логистика. В данной отрасли постоянно происходят нововведения для упрощения процессов. 9

В последние годы преобладает тенденция применения искусственного интеллекта (ИИ). Интеграция алгоритмов ИИ, знаменует собой трансформационный сдвиг в управлении цепями поставок, складировании и доставки товаров «от двери до двери» [1]. Ключевым аспектом интеллектуальной логистики является

© Сторожева О. В., Дорохин С. В., Чепрасова А. А., 2025

сбор, анализ и обработка больших объемов данных, позволяющих принимать обоснованные решения в режиме реального времени.

Совершенствование интеллектуальных транспортных систем (ИТС) обусловлено перспективой прогнозируемого контроля над транспортными потоками, при котором решения формируются, опираясь на обработку масштабных массивов информации. Благодаря гибкому управлению передвижением, оптимизации доставки грузов и улучшению взаимодействия между элементами логистической структуры, значительно увеличивает продуктивность логистики. В дополнение к этому, интеллектуальные платформы помогают уменьшить воздействие человеческого элемента, что ведет к снижению числа неточностей и увеличивает надежность прогнозов [2].

Применение ИТС в аспекте логистики, воздействует на все ее составляющие элементы, начиная от планирования маршрута транспорта и заканчивая отслеживанием груза на всем пути следования. Основными направлениями по внедрению искусственного интеллекта в логистике являются оптимизация маршрута. Главной задачей любой логистической компании является нахождение оптимального маршрута следования доставки груза в кратчайший срок. Здесь, использование алгоритмов ИИ, хорошо справляются с такой задачей, они учитывают множество факторов, таких как загруженность дорог, погодные условия и рассчитывают наилучший путь, что снижает расходы на топливо и время транспортировки. Далее, управление запасами. Системы прогнозирования спроса, в основе которых, лежит машинное обучение (МО), оценивает исторические данные, сезонные колебания и макроэкономические факторы для точного планирования запасов, делая риски дефицита или избытки минимальными [3]. В результате, компании поддерживают высокий уровень обслуживания потребителей и моментально реагируют на какие-либо изменения предпочтений клиента. Автоматизация склада и роботизация. В последнее время, набирают популярность автоматизированные склады, позволяющие быстро находить и собирать нужные заказы, а также перемещаться между стеллажами, тем самым, сокращая время выполнения заказов и повышая пропускную способность [4]. Такие умные складские комплексы, оснащены роботами, управляющими ИИ. В области мониторинга и контроля за качеством, искусственный интеллект также важен. Технологии компьютерного зрения позволяют сканировать товар на наличие дефектов, следить за температурой и влажностью в контейнерах, и не мало важно, помогают своевременно реагировать на возникающие проблемы. Данный комплекс мероприятий гарантирует соблюдение стандартов и предотвращение порчи груза. Внедрение интеллектуальных пунктов пропуска позволит повысить продуктивность управления перемещения материальных потоков, сократить время ожидания логистических операций и, в свою очередь, ускорит доставку груза. [5]. Эти системы оптимизируют проезд грузового транспорта через пункты контроля доступа (КПП). Вместо ручной идентификации водителя и транспортного средства сотрудником охраны, комплексные решения обеспечивают автоматическое распознавание транспортного средства и его регистрационного номера. Система автономно верифицирует наличие необходимых разрешений и, при их под-

тверждении, предоставляет доступ грузовому транспорту на территорию складского комплекса или производственного предприятия. Подобные системы, как правило, включают в себя камеры видеонаблюдения, сканеры номерных знаков (ANPR/ALPR), а также программное обеспечение для обработки данных и принятия решений.

Но несмотря на ряд преимуществ, внедрение искусственного интеллекта в логистическую сферу сталкиваются с рядом вызовов, таких как высокая стоимость, где на разработку ИИ-решений требуются значительные инвестиции. Вопросы, касающиеся кибербезопасности и этики. Увеличение числа подключенных устройств делает систему уязвимой, а замена человеческого труда на роботизированный, вызывает опасения, относительно безработицы.

Но все же, эксперты прогнозируют, что ИИ в логистике выйдет на новый уровень. Например, интеграция с блокчейном, интернетом вещей и квантовыми вычислениями, в совокупности, позволят сделать логистические процессы наиболее эффективными и надежными.

Таким образом, применение искусственного интеллекта в логистике, становится ключевым элементом успеха компаний в условиях конкуренции. Такие технологии позволяют не только улучшать качество уже существующих процессов, но и открывает новые возможности для бизнеса и общества в целом.

Список литературы

гусев, В. А. Искусственный интеллект и Цифровая экономика в сфере транспорта и логистики / В. А. Агусев, Е. А. Воротилина // Шаг в будущее: искусственный интеллект и цифровая экономика. Революция в управлении: новая цифровая экономика или новый мир машин: Материалы II Международного научного форума, Москва, 06-07 декабря 2018 года. Том Выпуск 2. - Москва: Государственный университет управления. - 2018. - С. 18- 23.

аргвелашвили, Т. Г. Искусственный интеллект в сфере логистики / Т. Г. Маргвелашвили // Тенденции развития науки и образования. - 2022. - № 82-5. -С. 114-117.

3. Syntetos, A. A., Babai, M. Z., Boylan, J. E., Kolassa, S., & Nikolopoulos, K. Forecasting for intermittent demand: a comparison of approaches / A. A. Syntetos, M. Z. Babai, J. E. Boylan S. Kolassa, K. Ni-kolopoulos // International Journal of Forecasting. – 2005. - 21(4) – P. 643-667.

4. Boysen, N., Briskorn, D., Emde, E. Part sequencing in warehousing: A taxonomy and literature review / N. Boysen, D. Briskorn, E. Emde // European Journal of Operational Research. – 2019. - 274(1). – P. 1-19.

мирнова, Е. С., Палкина, Е. С. Внедрение интеллектуальных пропускных пунктов в логистике / Е. С. Смирнова, Е. С. Палкина //Современные проблемы инновационной экономики. - 2023. - № 10. - С. 415-420.

References

1. Agusev, V. A. Artificial intelligence and Digital economy in the field of transport and logistics / V. A. Agusev, E. A. Vorotilina // A step into the future: artificial intelligence and the digital economy. Revolution in management: a new digital economy or a new world of machines: Proceedings of the II International Scientific Forum, Moscow, December 06-07, 2018. Volume Issue 2. Moscow: State University of Management. - 2018. - p. 18-23.

2. Margvelashvili, T. G. Artificial intelligence in the field of logistics / T. G. Margvelashvili // Trends in the development of science and education. - 2022. - No. 82-5. -pp. 114-117.

3. Syntetos, A. A., Babai, M. Z., Boylan, J. E., Kolassa, S., & Nikolopoulos, K. Forecasting for intermittent demand: a comparison of approaches / A. A. Syntetos, M. Z. Babai, J. E. Boylan S. Kolassa, K. Ni-kolopoulos // International Journal of Forecasting. – 2005. - 21(4) – P. 643-667.

4. Boysen, N., Briskorn, D., Emde, E. Part sequencing in warehousing: A taxonomy and literature review / N. Boysen, D. Briskorn, E. Emde // European Journal of Operational Research. – 2019. - 274(1). – P. 1-19.

5. Smirnova, E. S., Palkina, E. S. Introduction of intelligent checkpoints in logistics / E. S. Smirnova, E. S. Palkina //Modern problems of the innovative economy. - 2023. - No. 10. - pp. 415-420.

DOI: 10.58168/MSTT2025_84-87
УДК 656.021

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ «УМНОГО» ТРАНСПОРТА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

А.Р. Глушанков[1], С.В. Дорохин[2], Д.Г. Тертерашвили[3], Р.А. Котов[3]
[1, 2, 3] Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова, г. Воронеж, Россия
[1] glushankov2000@inbox.ru
[2] dsvvrn@yandex.ru
[3] terterashvili26@gmail.com

Аннотация. В статье раскрыты актуальные вопросы, связанные с целями развития и реализации подхода «умного городского транспорта», как одного из направлений реализации концепции «умного города».

Ключевые слова: умный городской транспорт, интеллектуальная транспортная система, умный город, большие данные.

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF "SMART" TRANSPORT IN RUSSIA

A.R. Glushankov[1], S.V. Dorokhin[2], D.G. Terterashvili3, R.A. Kotov[3]
[1] Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia
[1]glushankov2000@inbox.ru
[2] dsvvrn@yandex.ru
[3] terterashvili26@gmail.com

Abstract. The article reveals current issues related to the goals of development and implementation of the "smart urban transport" approach as one of the areas of implementation of the "smart city" concept.

Key words: smart urban transport, intelligent transport system, smart city, big data.

Город, управляемый посредством данных, именуется умным городом. Данный подход к трактовке соответствующего понятия является расширительным, и отражает интеграцию ряда составляющих, таких как данные, город, технологии, населения. Концепция создания и функционирования умного города ориентирована в т. ч. на то, чтобы использовать различные ресурсы более эффективно, минимизировать вред окружающей среде.

По мнению специалистов, для того, чтобы указанная концепция могла быть реализована успешно, требуется, чтобы в ее реализации участвовали инновационные компании, население и государственные структуры.

© Глушанков А. Р., Дорохин С. В., Тертерашвили Д. Г., Котов Р. А., 2025

Подходы к пониманию состава элементов умного города, представленные в научных публикациях, являются различными.

По мнению специалиста, в сфере развития городов Р. Джиффингера, число указанных элементов равно семи. Наряду с прочими компонентами профессор Джиффингер выделяет составляющую умного города в виде умного общественного транспорта.

Подобный транспорт должен обеспечивать контроль в отношении ситуации в салоне транспортного средства и дорожной ситуации. Наряду с данной функцией он должен реализовывать функцию передачи соответствующим органам сведений в отношении нарушений ПДД.

Создание системы геолокации также является одним из требований, учитываемых при разработке всех умных городов. Подобные системы позволяют выявлять, где находятся транспортные средства, осуществлять мониторинг в онлайн режиме перемещений транспортных средств, относящихся к городскому транспорту [1].

Следует обратить внимание на то, что должна обеспечиваться связь между умной инфраструктурой и умным транспортом. Обеспечение подобной связи предполагает наличие сервисов, обеспечивающих связанные с каршерингом услуги; формирование транспортной сети в отсутствие участия транспорта, являющегося моторизованным; оптимизацию сети станций заправки; отслеживание в онлайн режиме ситуации на дорогах; наличия и бесперебойного функционирования приложений, позволяющих вызывать такси и вносить плату за проезд.

Представляется необходимым охарактеризовать связанные с внедрением системы умного транспорта позитивные аспекты.

Существует комплекс позитивных аспектов транспортных систем умного транспорта. Наличие данных достоинств выступает в виде причины, в силу которой соответствующие технологические решения внедряются на современном этапе в значительном числе городов в различных странах.

В качестве примера уместно упомянуть РИТС – российскую интеллектуальную транспортную систему, находящуюся в стадии разработки.

Внедрение данной системы должно обеспечить следующие позитивные эффекты:

- Оптимизировать движение исходя из динамично меняющейся дорожной ситуации;
- минимизировать число ДТП и смертность при ДТП, повысить безопасность дорожного движения;
- обеспечить возможность определять маршрут, являющийся оптимальным с точки зрения таких критериев, как скорость, удобство;
- обеспечить возможность для того, чтобы спецтранспорт и спецслужбы могли передвигаться по городу в беспрепятственном режиме;
- сформировать условия, требующиеся для того, чтобы пассажиры могли оперативно переезжать к местам, в которые им требуется попасть;
- оперативно предоставлять спецслужбам точные сведения в отношении дорожной ситуации;
- фиксировать все нарушения ПДД;

- предоставлять водителям связанные с нарушением ПДД сведения, и др.

Внедрение на транспорте технологий ИИ способствует повышению удобства для перемещений пассажиров. Кроме того, обеспечивается интеграция с дорожно-транспортными службами [2,3].

На сегодняшний день в Российской Федерации разработаны проекты, реализация которых позволит создать транспортные системы, являющиеся интеллектуальными, способствующие повышению качества жизни населения городов.

Соответствующие системы будут предоставлять сведения о наиболее оптимальных с точки зрения безопасности и оперативности маршрутах дорожного движения для пассажиров общественного транспорта. Водителям будут предоставляться точные сведения в отношении фактической дорожной ситуации. Внедрение соответствующих систем расширит возможности с точки зрения поиска водителями средств для парковки.

В отношении интеграции с дорожно-транспортными службами следует отметить, что интеллектуальные транспортные системы будут обеспечивать предоставление информации соответствующим службам при возникновении ситуаций, являющихся аварийными либо опасными, а также их оперативное перемещение к необходимым местам для предоставления содействия гражданам, в частности, при возникновении ДТП.

Анализируя особенности развития умного транспорта в Российской Федерации, необходимо указать, что государство на данном этапе уделяет повышенное внимание вопросам, связанным с модернизацией транспортной системы.

В частности, идет процесс внедрения геопозиционирования, обеспечивающего возможность получения сведений в отношении передвижений и положения средств общественного транспорта. Подобные сервисы являются значимыми как для пассажиров, так и для компаний, которым требуется отлеживать передвижения собственных средств транспорта.

Для того, чтобы оснащенный средствами геопозиционирования умный транспорт мог функционировать успешно, требуется развивать технологию интернета вещей с обменом информацией между относящимися к системе элементами [1,3].

Размещенные на дороге и средствах транспорта датчики предоставляют информацию приложению, которое обеспечивает сведениями о перемещениях общественного транспорта пассажиров.

Также в значительном числе городов состоялось внедрение системы, позволяющей оплачивать проезд в безналичной форме. Применение данной системы способствует повышению прозрачности всего комплекса связанных с оплатой проезда финансовых операций.

При перемещениях жители городов испытывают потребность в том, чтобы перемещения являлись комфортными. Для решения данной задачи необходимо в т.ч. наличие возможности построения оптимальных маршрутов с минимальным числом пересадок между видами транспорта, точного прогнозирования продолжительности передвижения.

Администрации городов требуется обеспечивать комфорт для жителей и оптимальные условия для предпринимателей с точки зрения ведения бизнеса.

Одной из составляющих решения соответствующей задачи является внедрение платформ, являющихся интеллектуальными, обеспечивающих интеграцию в единой системе всех видов городского транспорта, такси, каршеринга, эвакуаторов, техники, используемой дорожными и коммунальными службами, парковочного пространства, управляющей светофорами системы и др.

В качестве современного подхода к обеспечению транспортного планирования выступает концепция скоординированной транспортной системы.

Список литературы

ондурова, Ю. Ю. «Умный» транспорт в современной России / Ю. Ю. Кондурова. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2021. – № 50 (392). – С. 66-69. – URL: https://moluch.ru/archive/392/86526/ (дата обращения: 15.04.2025).
еселова, А. О. Перспективы создания «умных городов» в России: систематизация проблем и направлений их решений / А. О. Веселова. – Вестник ПГУ. Серия: Экономика. – 2020.- № 1. – С.73–78.
ехнологии для умных городов: доклад/ – Санкт-Петербург: Фонд «Центр стратегических разработок «Северо-Запад», 2017. – URL: http://www.csr-nw.ru/files/publications/doklad_tehnologii_dlya_umnyh_gorodov.pdf (дата обращения:

References

1. Kondurova, Yu. Yu. "Smart" transport in modern Russia / Yu. Yu. Kondurova. – Text: direct // Young scientist. – 2021. – No. 50 (392). – P. 66-69. – URL: https://moluch.ru/archive/392/86526/ (date of access: 15.04.2025).

2. Veselova, A. O. Prospects for the creation of "smart cities" in Russia: systematization of problems and directions for their solutions / A. O. Veselova. – Bulletin of PSU. Series: Economy. – 2020.- No. 1. – P.73-78.

3. Technologies for smart cities: report/ – St. Petersburg: Foundation "Center for Strategic Research "North-West", 2017. – URL: http://www.csr-nw.ru/files/publications/doklad_tehnologii_dlya_umnyh_gorodov.pdf (date of access: 15.04.2025).

DOI: 10.58168/MSTT2025_88-92
УДК 656.1

ОПТИМИЗАЦИЯ СВЕТОФОРНЫХ ЦИКЛОВ НА РЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЯХ С ШИРОКОЙ РАЗДЕЛИТЕЛЬНОЙ ПОЛОСОЙ

А.Д. Ефимов[1], А.О. Алибагандов[2], Ю.И. Савченко[3], У.А. Нехаева[4]
[1, 2, 3, 4] Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, Россия
[1] e1984ad@mail.ru
[2] Alibagand1999@mail.ru
[3] iusavchenko@mail.ru
[4] n.u.n.u@inbox.ru

Аннотация. В работе представлена методика оптимизации светофорных циклов на регулируемых пересечениях с широкой разделительной полосой. Алгоритм основан на расчете интервала освобождения перекрестка с учетом геометрии и характеристик транспортного потока.

Ключевые слова: улично-дорожная сеть, светофорный цикл, интенсивность движения, затор, безопасность движения.

OPTIMIZATION OF TRAFFIC LIGHT CYCLES AT REGULATED INTERSECTIONS WITH WIDE DIVIDING LANES

A.D. Efimov[1], A.O. Alibagandov[2], Y.I. Savchenko[3], U.A. Nekhaeva[4]
[1, 2, 3, 4] South Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platov, Novocherkassk, Russia
[1] e1984ad@mail.ru
[2] Alibagand1999@mail.ru
[3] iusavchenko@mail.ru
[4] e-mail: n.u.n.u@inbox.ru

Abstract. The paper presents a methodology for optimization of traffic light cycles at regulated intersections with a wide dividing strip. The algorithm is based on the calculation of the intersection clearance interval taking into account the geometry and characteristics of the traffic flow.

Keywords: road network, traffic light cycle, traffic intensity, congestion, traffic safety.

Одной из принципиальных задач Транспортной стратегии 2030 является повышение качества транспортного обслуживания населения и снижение уровня загруженности улично-дорожной сети крупных населенных пунктов [1]. В связи с этим, необходимо рассмотреть возможные способы уменьшения вероятности возникновения заторов на регулируемых пересечениях и количества аварийно-опасных ситуаций на них [2].

© Ефимов А. Д., Алибагандов А. О., Савченко Ю. И., Нехаева У. А., 2025

Характерной особенностью улично-дорожной сети многих городов в РФ является наличие широких проспектов с разделительной полосой в виде бульвара. Такие элементы планировочной инфраструктуры достаточно удобны при низкой интенсивности движения и обеспечивают возможность безопасного и комфортного движения пешеходов. Однако с ростом интенсивности движения в последние годы эти проспекты стали играть роль определенной мины замедленного действия, все чаще становясь местами потенциального возникновения предзаторовых и заторовых ситуаций. Этому способствует, в том числе, и внедрение светофорного регулирования на данных элементах улично-дорожной сети. Поскольку применение классического двухфазного цикла управления с длительностью промежуточных тактов в 3-4 с не позволяет водителям, совершающим левый поворот, своевременно проехать перекресток. В результате определенная часть разрешающего сигнала в конфликтном направлении будет затрачена на освобождение пересечения, что негативно сказывается на всей его пропускной способности.

В литературных источниках данному вопросу практически не уделяется необходимого внимания. Поэтому разработка метода расчета эффективного сдвига фаз в наиболее загруженном направлении левоповоротного потока для регулируемых пересечений с разделительной полосой является актуальной задачей. Это позволит еще на этапе планирования геометрических параметров и схемы организации дорожного движения по конкретной улице предусмотреть такого рода негативные последствия и снизить их влияние.

В сложившейся ситуации необходимо разработать индивидуальный подход к расчету эффективного светофорного цикла, с учетом всех возможных негативных последствий, как для показателей безопасности движения, так и величины транспортных задержек.

За базовый подход следует принять методику, которая была разработана и апробирована Эйлером. В этом случае алгоритм проведения расчета можно в упрощенном виде представить состоящим из этапов, приведенных на рис. 1.

Как видно на рис. 1, на первоначальном этапе работы необходимо выполнить натурные исследования геометрических параметров самого пересечения и определить характеристики транспортных потоков на подходах улиц. Затем рассчитываем оптимальную длительность светофорного цикла по методу Эйлера, где в качестве критерия оптимальности используется вероятность пропуска прибывающих к перекрестку автомобилей на разрешающий сигнал светофора. Для этого, в случае двухфазного цикла регулирования, используем выражение:

$$\mathrm{C} = \frac{34200}{3600 - (N_1 + N_2) \cdot 2{,}1}$$

Вероятность пропуска автомобилей без задержек на данном подходе перекрестка в свою очередь определяется выражением:

$$P_x = 100 - \frac{e^{-a} a^x}{x!}$$

Рисунок 1 – Алгоритм определения оптимальной длительности и структуры светофорного цикла на регулируемых пересечениях с центральной разделительной полосой

В дальнейшем необходимо выполнить расчетные исследования по оценке времени освобождения перекрестка автомобилями, выехавшими на него, в период горения зеленого сигнала светофора. Для этого исходной информацией являются геометрические параметры пересечения, а также сведения натурных исследований о характеристиках транспортного потока.

Как было установлено в работах [3, 4], необходимое время для освобождения перекрестка определяется по следующей формуле:

$$\Delta = \sqrt{\frac{2\sum L_i + \sum(l_i \psi_i)}{a}} n + 2{,}1,$$

где n – количество транспортных средств, находящихся на перекрестке и ожидающих его проезд, ед.;

L_i – расстояние, которое необходимо преодолеть первому автомобилю, чтобы пересечь перекресток, м;

a – ускорение автомобиля при начале движения, м/с^2.

Данное выражение можно принять и за исходное при проведении дальнейших расчетов для оценки величины сдвигов фаз в цикле. Но для оценки величины n необходимо выполнить следующие расчеты:

$$n = \frac{L_n}{N_k\, t_g \sum L_i \psi_i},$$

где L_n – расстояние от дальней конфликтной точки до ближней границы разделительной полосы, м;

t_g – длительность горения разрешающего сигнала по данному направлению движения на перекрестке, с;

N_k – интенсивность движения на данном направлении перекрестка, ед/с;

l_i – длина каждого типа транспортных средств в потоке, м;

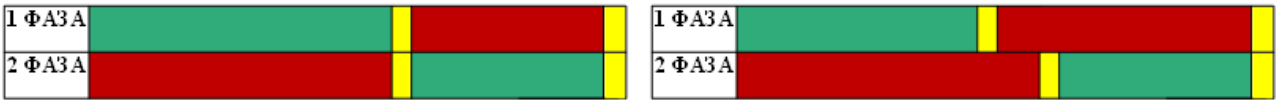
ψ_i – доля каждого типа транспортных средств в потоке.

Таким образом, получаем выражение для определения значения интервала времени необходимого для освобождения перекрестка в следующем виде:

$$\Delta = \frac{L_n}{N_k t_g \Sigma l_i \psi_i} \sqrt{\frac{2(L_i + \sum l_i \psi_i)}{a}} + 2{,}1$$

Полученные значения интервалов освобождения перекрестка необходимо учитывать в существующей длительности разрешающей фазы данного направления [5]. При этом очень важным является учет этого времени в структуре рассчитанного светофорного цикла в формате перекрытия въезда на перекресток транспортных средств со всех направлений движения.

В результате структура двухфазного светофорного цикла (рис. 2 а) трансформируется к виду, представленному на рис. 2 б.



а) б)

а – без интервала времени освобождения перекрестка; б – с учетом интервала времени освобождения перекрестка

Рисунок 2 – Пример изменения структуры двухфазного светофорного цикла

Таким образом, выполненные исследования позволяют сделать вывод о повышении эффективности управления дорожным движением на регулируемых пересечениях с широкой разделительной полосой. Также обеспечивается значительное снижение вероятности возникновения аварийноопасных ситуаций и задержек транспортных потоков прямых направлений.

Список литературы

1. Горев А.Э. Основы теории транспортных систем. – СПбГАСУ. – СПб., 2010. –214 с.

2. Гасников С.А. Введение в математическое моделирование транспортных потоков / С.А. Гасников, Е.А. Нурминский, Я.А Холодов; М.: МИНМО, 2013. – 428 с.

3. All-Union State Standard R 51709-2001. Vehicles. Technical state safety specification and examination methods (edited from 28.03.2006) // IUS "National standards", N 4, 2007.

4. Семенов В.В. Математическое моделирование динамики транспортных потоков мегаполиса. М.: ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, 2004 г.

5. Михайлов А.Ю. Современные тенденции проектирования и реконструкции улично-дорожной сетей городов / А.Ю. Михайлов, И.М. Головных. – Новосибирск: Наука, 2004. – 267 с.

References

1. Gorev A.E. Fundamentals of the theory of transport systems. – St. Petersburg State University. – St. Petersburg, 2010. -214 p.

2. Gasnikov S.A. Introduction to mathematical modeling of traffic flows / S.A. Gasnikov, E.A. Nurminsky, Y.A. Kholodov; Moscow: MINMO, 2013. – 428 p.

3. All-Union State Standard R 51709-2001. Vehicles. Technical state safety specification and examination methods (edited from 03/28/2006) // US "National standards", No. 4, 2007.

4. Semenov V.V. Mathematical modeling of the dynamics of megalopolis traffic flows. Moscow: IPM named after M.V. Keldysh RAS, 2004.

5. Mikhailov A.Y., Golovnykh I.M. Modern trends in the design and reconstruction of urban street and road networks. Novosibirsk: Nauka Publ., 2004. 267 p.

DOI: 10.58168/MSTT2025_93-98
УДК 656.09

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ КАНДИДАТОВ В ВОДИТЕЛИ

Г.Н. Климова[1], В.А. Зеликов[2], Г.А. Денисов[3], Ю.В. Струков[4], М.Н. Казачек[5]
[1]Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова, г. Воронеж, Россия
[1] klimova-galina@mail.ru
[2] zelikov-vrn@mail.ru
[3] dga.vrn@mail.ru
[4] str-y@mail.ru
[5] mnk.vrn@yandex.ru

Аннотация. Рассматривается вопрос о воспитании транспортной культуры и привития понятия «безопасное вождение в дорожном движении» водителям; совершенствовании системы подготовки кандидатов в водители. Разработана методика оценки психофизиологической подготовки водителей.

Ключевые слова: «безопасное вождение в дорожном движении», формирование границ допустимого поведения на дорогах воителями.

IMPROVING THE SYSTEM OF TRAINING OF DRIVER CANDIDATES

G.N. Klimova[1], V.A. Zelikov[2], G.A. Denisov[3], Yu.V. Strukov[4], M.N. Kazachek[5]
[1] Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia
[1] klimova-galina@mail.ru
[2] zelikov-vrn@mail.ru
[3] dga.vrn@mail.ru
[4] str-y@mail.ru
[5] mnk.vrn@yandex.ru

Annotation. The issue of education of transportation culture and inculcation of the concept of “safe driving in road traffic” to drivers; improvement of the system of training of candidates for drivers is considered. The methodology of evaluation of psychophysiological training of drivers is developed.

Keywords: «safe driving in road traffic», formation of boundaries of acceptable behavior on the roads by drivers.

Дорожно-транспортные происшествия (ДТП), несомненно, наносят колоссальный ущерб, как для экономики страны, так и очень серьезно подрывают демографию населения РФ, гибнут и получают серьезные увечья, люди в основном работоспособного возраста и, что печально, гибнут и получают ранения – дети. Наше мнение, ситуация усугубляется, такими причинами, как отсутствием при-

© Климова Г. Н., Зеликов В. А., Денисов Г. А., Струков Ю. В., Казачек М. Н., 2025

вития транспортной культуры у населения, безразличием, несознательным отношением некоторых участников дорожного движения в итоге, как следствие, создание аварийных ситуаций.

Из годового отчета Научного центра БДД МВД Российской Федерации в 2024 году, основная причина дорожно-транспортных происшествий (ДТП) – это нарушение Правил дорожного движения (ПДД) водителями. Доля вины водителей достигла в 2024 году – 87,8 %.

По сравнению с аналогичным периодом прошлого года рост числа погибших наблюдается из-за нарушений:

- несоблюдение скоростного режима – 32,4 %,
- выезд на полосу встречного движения – 28,8 %.

Из анализа статистический данных ДТП за 2024 год, с учетом возраста виновных водителей, самая аварийная группа, с высокой тяжестью последствий – 7,9 – это группа из начинающих водителей в возрасте от 18 до 25 лет. Это подтверждается также, исследованиями экспертов, что наибольшее количество ДТП среднестатистический водитель совершает в первый год своего вождения. В 2024 году количество ДТП, с участием водителей со стажем до двух лет, увеличилось на 3,3 %, погибших на 8,6 %.

Меры по обеспечению безопасности дорожного движения (БДД), на государственном уровне принимаются, начиная с 1996 года по сегодняшний день. Технический прогресс, который привносит положительные изменения в благоустройство дорог, в организацию дорожного движения, в автомобилестроение, также предполагает совершенствование подготовки к деятельности по предупреждению ДТП, при управлении транспортным средством, всех участников дорожного движения. Также, использование достижений мирового опыта в области безопасности дорожного движения. Разработка рациональных и эффективных мер борьбы с дорожным травматизмом является жизненно важной общечеловеческой проблемой, насущность которой, возрастает с каждым годом [1, 2, 3, 4].

К тому же, возрастающий объем перевозок грузов и пассажиров, и соответственно темп интенсивности транспортных потоков на дорогах, увеличивает количество начинающих водителей, т.е. водителей с малым опытом управления транспортным средством.

Способность безошибочного управления автомобилем, по сути, это принятие решения по «безопасному вождению в дорожном движении», в основном все водители стремятся к «безаварийному движению». На первый взгляд, разность в подходе к решению по управлению транспортным средством (ТС) не понимается. Но, с точки зрения психологии поведения водителя, мотивация таких решений принципиально отличается. Потому что, стремление к «безопасному вождению в дорожном движении», это мотивация на достижение психологической стабильности в поведении, т.е. ценностные ориентиры, характеризуют мировоззрение осознанной личности, и не позволяют эмоциям управлять своим поведением, принимая решения. «Безаварийное движение» это принятие решения по выбору действий с риском для себя в создавшейся, предаварийной, критической ситуации. Таким образом, разность поведения определяется не только формированием

навыков при управлении ТС и изучением Правил дорожного движения, но и приобретением опыта психологической подготовки водителя к профессиональному мастерству при обучении в автошколе. Зачастую, в результате ограниченных психофизиологических возможностей, водитель своими действиями только усложняет аварийную ситуацию.

При всей значимости звеньев системы «ВАДС», главная роль в БДД отводится водителю, он характеризуется неустойчивостью, способностью изменяться к лучшему, находится в процессе самосовершенствования.

Одно из направлений привития транспортной культуры у водителей, применение психолого-педагогических инноваций в процессе подготовки водителей. Разработка эффективных программ по подготовке водителей на этапе обучения в автошколе, в частности приобретения навыков по саморегуляции, психологической устойчивости в сложных ситуациях на дороге с учетом индивидуально-личностных особенностей кандидатов в водители.

Поднять уровень правосознания водителя, создать условия для формирования дорожно-транспортной культуры, свести к минимуму «отрицательные модели» поведения на дороге водителями – важно. Формирование границ допустимого поведения на дорогах водителями, пассажирами и пешеходами, в качестве профилактической меры по обеспечению БДД, должны активнее пропагандироваться через информационные каналы телевидения и другие доступные средства связи.

На поведение или стиль вождения, влияют индивидуально –психологические качества – это состояние нервной системы, уровень работоспособности, настроение, состояние здоровья. А также, дорожные условия (интенсивность движения, организация дорожного движения), обстоятельства, которые влияют на более рациональное принятие решения.

Основные качества, характеризующие стиль водителей, которые либо способствуют, либо препятствуют созданию аварийных ситуаций, отражены в таблице 1.

Таблица 1 – Индивидуальные психологические качества водителя, способствующие или препятствующие, созданию аварийных ситуаций

Индивидуальные психические качества водителя, препятствующие созданию аварийных ситуаций (группа нерасположенных к риску)	Индивидуальные психические качества водителя способствующие созданию аварийных ситуаций (группа предрасположенных к риску)
Ценностные ориентации личности	Агрессивность, склонность к риску, стремление к самоутверждению
Дисциплинированность (социальная нормативность), ответственность	Тревожность, самонадеянность, активность (энергичность)
Самоконтроль (волевая регуляция)	Противоречивость, двойственность, влияющая на принятие решений при управлении ТС

Временное снижение психофизиологических характеристик водителя, особенно опасно для сохранения жизни самого водителя и БДД в целом.

Современные исследования экспертов в сфере обеспечения безопасности дорожного движения, проанализировав причины и количество дорожно-транспортных происшествий, установили самого «аварийного водителя». Это малоопытные водители, со стажем вождения до одного года. Поэтому, необходимо, в автошколе на этапе изучения дисциплин «Базового курса» мотивировать кандидатов на безопасное вождение.

На уровне Правительственных структур, утвердить ряд экономически выгодных предложений для водителей соблюдающие стиль поведения «безопасного вождения».

Учесть мотивацию приобретения автомобиля и получение прав на управление для всех социальных групп, не просто. У одних социальных групп интерес связан с возможностью получения материальных благ, у других – достижения социального комфорта, у третьих – самоутверждение.

Внедрение психолого-педагогических инноваций в процессе подготовки водителей для повышения надежности водителя, один из методов снижения количества аварий. Изменить легкомысленное поведение нарушителей ПДД. указать на недопустимость превышения скорости, управление в состояние алкогольного и наркотического опьянения, не пристегивание ремнями безопасности и так далее.

В современных условиях, насыщенность автомобилями и плотные интенсивные потоки автомобилей на дорогах, особенно в крупных городах, выдвигают завышенные требования к мыслительной деятельности водителя, к полученным знаниям и приобретенному опыту. По этой причине, развитие психических процессов (память, мышление, внимание и т.д.), важно, для осуществления процесса вождения.

Одно из направлений теоретического подхода к решению проблемы безопасного поведения водителей – это психологический отбор, психологическая подготовка, обучение взаимодействию с другими участниками дорожного движения, проведение тренингов психологические интервенции (вмешательства), направленные на предотвращение аварий на этапе обучения в автошколе.

Личные особенности характера подкорректировать невозможно, но вы можете их учесть при вождении. Сообщить о свойственных будущим водителям их типу характера недостатках. Результат таких программ – коррекции дорожного поведения водителей, снижение аварийность людей с агрессивными, рискованными манерами поведения. Для усиления психологического эффекта воздействия, можно предложить групповые тренинги.

Для качественной оценки профессиональной пригодности кандидатов нами предложена методика оценки психофизиологической подготовки водителей (рис. 1).

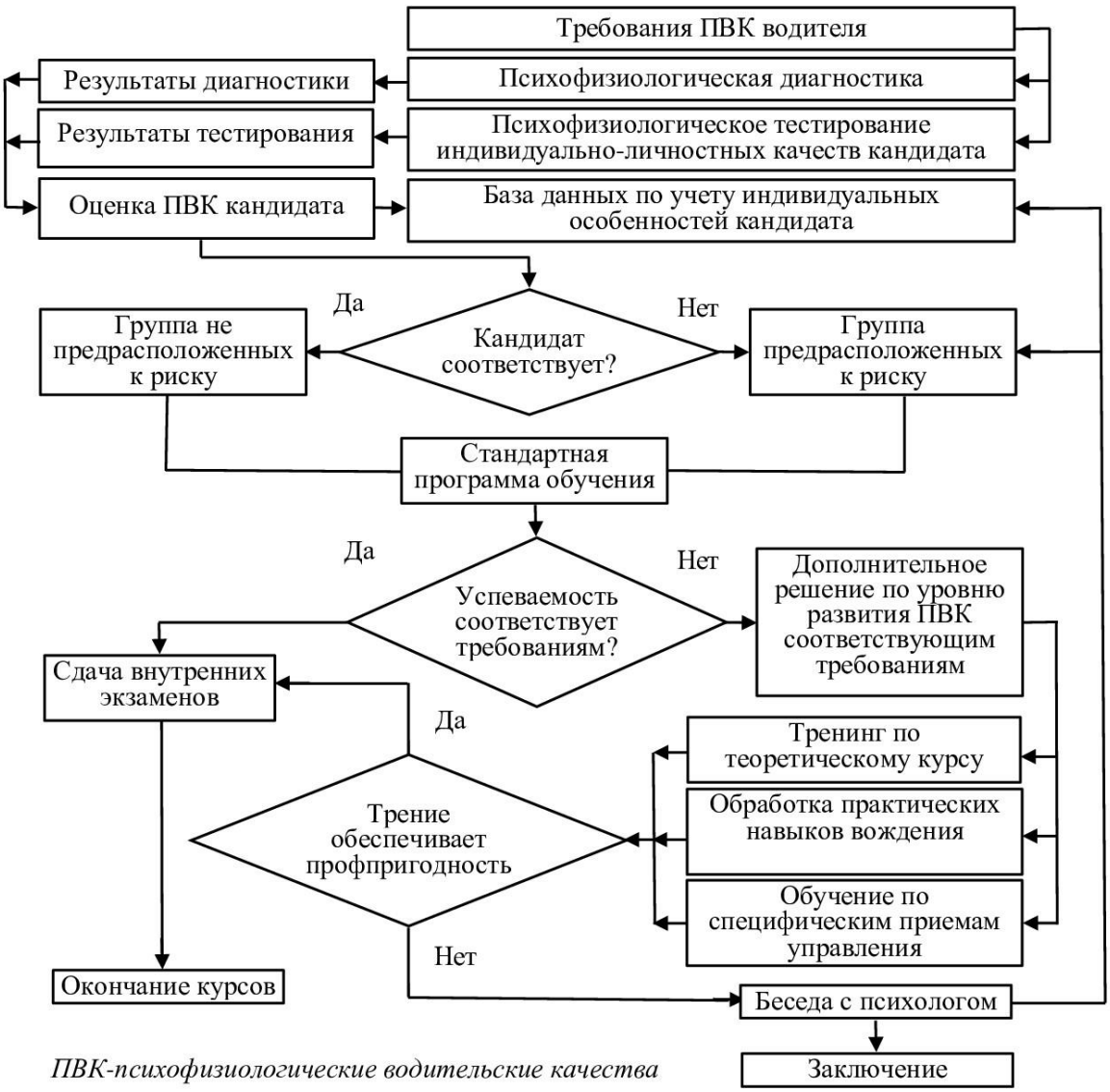


Рисунок 1 – Методика оценки психофизиологической подготовки водителей

В интересах развития психофизиологических качеств водителей в учебном процессе автошкол, рекомендуем использовать психофизиологический тренажёр ТА – 2, который позволяет: диагностировать исходный уровень важных психологических водительских качеств (ВПВК) и выявлять уязвимые ВПВК.

Выводы

Тема «Безопасное вождение» взаимосвязано с понятием «транспортная культура» поведения водителя, а также с мотивацией, направленной на достижение психологической стабильности в поведении, т.е. ценностные ориентиры, характеризуют мировоззрение осознанной личности, и не позволяют эмоциям управлять своим поведением, принимая решения. Ведь автомобиль – это «оружие в руках» водителя и обучение безопасному вождению очень важно и приоритетно.

Проблема повышения БДД должна быть решаемой комплексом профилактических мероприятий по обеспечению БДД.

Совершенствование системы подготовки кандидатов в водители по причине недостаточной эффективности существующей системы профессиональной подготовки водителей на этапе автошколы, важный первоначальный этап воспитания транспортной культуры и привития понятия «безопасное вождение в дорожном движении».

Список литературы

1. Анализ факторов, отражающих поведение водителей в сложной дорожной обстановке / Зеликов В.А., Струков Ю.В., Климова Г.Н., Денисов Г.А., Внукова С.В., Черников Э.А., Разгоняева В.В. / Воронежский научно-технический Вестник. 2024. Т. 3. № 3 (49). С. 41-52.

2. Разработка методики диагностики индивидуально-психофизиологических особенностей водителей / Н.В. Зеликова, В. Г. Шаталов, Г. Н. Климова, В.А. Зеликов // Информационные технологии и инновации на транспорте: материалы VII Международной научно-практической конференции, Орел, 18-19 мая 2021 года / Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева. – Орел, 2021. – Т. 1. Информационные технологии. – С. 283-294.

3. Влияние психологического состояния водителей на безопасность дорожного движения / Г.Н. Климова, В.А. Зеликов, М.Н. Казачек, А.А. Скрыпников // ОБРАЗОВАНИЕ. ТРАНСПОРТ. СТРОИТЕЛЬСТВО. Сборник материалов III Национальной научно-практической конференции. Омск, 2020. – 309-314 сс. – https://elibrary.ru

4. Официальный сайт Госавтоинспекции. – URL: https://xn--80aebkobnwfcnsfk1e0h.xn--p1ai/

References

1. Analysis of factors reflecting the behavior of drivers in a complex traffic situation / Zelikov, V.A.; Strukov, Y.V.; Klimova, G.N.; Denisov, G.A.; Vnukova, S.V.; Chernikov, E.A.; Razgonyaeva, V.V. / Voronezh Scientific and Technical Bulletin. 2024. T. 3. № 3 (49). C. 41-52.

2. Development of diagnostics methodology of individual-psychophysiological features of drivers / N.V. Zelikova, V.G. Shatalov, G.N. Klimova, V.A. Zelikov // Information technologies and innovations in transport: proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference, Orel, May 18-19, 2021 / I.S. Turgenev Orel State University. I.S. Turgenev. – Orel, 2021. – T. 1. Information technologies. – C. 283-294.

3. Influence of psychological state of drivers on road safety / G.N. Klimova, V.A. Zelikov, M.N. Kazachek, A.A. Skrypnikov // EDUCATION. TRANSPORT. CONSTRUCTION. Collection of materials of the III National Scientific and Practical Conference. Omsk, 2020. – 309-314 pp. – https://elibrary.ru

4. Official website of the State Traffic Safety Inspectorate. – URL: https://xn--80aebkobnwfcnsfk1e0h.xn--p1ai/

DOI: 10.58168/MSTT2025_99-101
УДК 625.7

ТИПЫ ПЕРЕКРЕСТКОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ПРОПУСКНУЮ СПОСОБНОСТЬ АВТОМОБИЛЕЙ

И.А. Кондратенко[1], А.В. Шурупова[1], Э.Н. Бусарин[1], С. Э. Бусарина[1], Н.В. Зеликова[1]
Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,
г. Воронеж, Россия, kondr2709@gmail.com

Аннотация. В статье рассматриваются различные типы перекрестков и их влияние на пропускную способность автомобильного транспорта. Анализируются особенности нерегулируемых, регулируемых (светофорных), круговых и многоуровневых перекрестков, а также их эффективность в условиях разной интенсивности движения. Особое внимание уделено факторам, ограничивающим пропускную способность, и возможным решениям для оптимизации транспортных потоков. Рассмотрены преимущества и недостатки каждого типа перекрестка, их применимость в городской среде и на магистралях.

Ключевые слова: перекрестки, пропускная способность, транспортный поток, дорожное движение, светофорное регулирование, круговое движение, многоуровневые развязки, заторы, оптимизация дорожной сети.

TYPES OF INTERSECTIONS AND THEIR IMPACT ON VEHICLE THROUGHPUT

I.A. Kondratenko[1], A.V. Shurupova[1], E. N. Busarin[1], S. E. Busarina[1], N.V. Zelikova[1]
[1] Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, kondr2709@gmail.com

Abstract. The article examines various types of intersections and their impact on vehicular traffic capacity. It analyzes the characteristics of uncontrolled, signalized (traffic light), roundabout, and grade-separated intersections, as well as their efficiency under different traffic volumes. Special attention is given to factors limiting traffic capacity and potential solutions for traffic flow optimization. The study evaluates the advantages and disadvantages of each intersection type, their applicability in urban environments and highways.

Keywords: intersections, traffic capacity, traffic flow, road traffic, traffic signal control, roundabouts, grade-separated interchanges, traffic congestion, road network optimization.

Перекрестки являются ключевыми элементами дорожной сети, определяющими эффективность транспортного потока. Их пропускная способность зависит от множества факторов, включая тип организации движения, интенсивность транспортных и пешеходных потоков, а также особенности планировки. Разные виды перекрестков по-разному справляются с нагрузкой, что влияет на заторы и общую скорость перемещения транспорта.

Одним из самых распространенных типов является нерегулируемый перекресток, где движение организуется по принципу приоритета. Такие пересечения часто встречаются в районах с низкой интенсивностью движения. Их пропускная

© Кондратенко И. А., Шурупова А. В., Бусарин Э. Н., Бусарина С. Э., Зеликова Н. В., 2025

способность зависит от дисциплины водителей и правильного определения главной дороги. Однако при увеличении потока машин нерегулируемые перекрестки быстро становятся узкими местами, так как водители вынуждены самостоятельно искать возможности для проезда, что снижает скорость и увеличивает риск ДТП [1].

Регулируемые перекрестки, оснащенные светофорами, позволяют более эффективно распределять транспортные потоки за счет четкого разделения фаз движения. Пропускная способность таких перекрестков выше, особенно при правильно рассчитанных временных интервалах. Однако их эффективность падает в часы пик, когда длинные очереди образуются из-за ограниченного времени зеленого сигнала. Оптимизация работы светофоров, включая адаптивное регулирование, может значительно улучшить ситуацию [2].

Круговые перекрестки (кольца) становятся популярным решением благодаря своей способности обеспечивать непрерывное движение без остановок. Их пропускная способность зависит от диаметра кольца, количества полос и соблюдения водителями правил приоритета. Небольшие круговые перекрестки эффективны при умеренном трафике, но при высокой загрузке могут создавать заторы, особенно если водители не уступают дорогу въезжающим. Крупные многополосные кольца справляются лучше, но требуют больше места и сложнее в проектировании.

Многоуровневые развязки, такие как эстакады и тоннели, обеспечивают максимальную пропускную способность, полностью исключая пересечение потоков. Они идеальны для магистралей и крупных городов с высокой интенсивностью движения. Однако их строительство дорого и не всегда возможно в условиях плотной застройки. Кроме того, такие перекрестки занимают значительную площадь, что ограничивает их применение.

Выбор типа перекрестка должен учитывать не только текущую нагрузку, но и перспективы роста трафика. Эффективное проектирование и своевременная модернизация помогают снизить заторы и повысить безопасность. В условиях растущего числа автомобилей особенно важны интеллектуальные системы управления, которые динамически адаптируются к изменяющейся дорожной ситуации, обеспечивая оптимальную пропускную способность [3].

Список литературы

1. Пути повышения пропускной способности улично-дорожной сети / Э. Н. Бусарин, В. П. Белокуров, Р. А. Кораблев, А. В. Пасько // Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств: организация автомобильных перевозок и безопасность дорожного движения : материалы 11 международной заочной научно-технической конференции, 15 марта 2016 г., Пенза / под общ. ред. Э. Р. Домке. – Пенза : ПГУАС, 2016. – С. 40-44.

2. Современные пассивные системы безопасности автомобиля как средство предотвращения травм человека при дорожно-транспортном происшествии / С. В. Белокуров, Д. С. Кутищев, Р. А. Кораблев, Д. В. Лихачев // Проблемы автомобильно-дорожного комплекса России : материалы 5 международной научно-технической конференции, Пенза, 21-23 мая 2008 года. – Пенза, 2008. – Ч. 1. – С. 25-29.

3. Повышение пропускной способности регулируемого перекрестка путем применения на нем адаптивного регулирования / Э. Н. Бусарин, Г. А. Бабенков, Р. А. Кораблев // Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2014) : сборник статей 6 Международной научно-технической конференции, Курск, 28 ноября 2014 г. / редкол.: Е. В. Агеев (отв. ред.) [и др.] ; Юго-Западный гос.ун-т, Москов. гос. машиностроительный ун-т. – Курск, 2014. – С.

References

1. Ways to increase the capacity of street-road networks / E. N. Busarin, V. P. Belokurov, R. A. Korablev, A. V. Pasko // In Problems of Quality and Operation of Motor Vehicles: Transport Organization and Road Safety: Proceedings of the 11th International Correspondence Scientific-Technical Conference, March 15, 2016, Penza (pp. 40-44). Penza: PSUAC.

2. Modern passive vehicle safety systems as a means of preventing human injuries in road traffic accidents / V. P. Belokurov, R. A. Korablev, D. S. Kutishchev, D. V. Likhachev // In Problems of Russia's Automotive-Road Complex: Proceedings of the 5th International Scientific-Technical Conference (Pt. 1, pp. 25-29). Penza.

3. Increasing the capacity of signalized intersections through adaptive traffic control implementation / E. N. Busarin, G. A. Babenkov, R. A. Korablev // Automotive Materials and Technologies (SAMIT-2014): Proceedings of the 6th International Scientific-Technical Conference (pp. 177-180). Southwestern State University, Moscow State University of Mechanical Engineering, November 28, 2014.

DOI: 10.58168/MSTT2025_102-104
УДК 656.056.4

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ РЕГУЛИРОВАНИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СВЕТОФОРНЫХ ОБЪЕКТОВ ПО ПАРАМЕТРАМ ПЕШЕХОДОВ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ДВИЖЕНИЯ

А.О. Кондратьева[1], В.И. Васильев[2], И.П. Попова[3]
[1, 2, 3] Курганский государственный университет,
[1] kondralena2020@mail.ru
[2] vviprof@rtural.ru
[3] sakura2805@bk.ru

Аннотация. В статье анализируется влияние внедрения отдельной пешеходной фазы на безопасность дорожного движения. Проведен обзор пешеходного и автомобильного трафиков. Предложено учитывать пешеходов с ограниченными возможностями движения при корректировке светофорного регулирования.

Ключевые слова. Светофор, регулирование движения, пешеходный поток, пропускная способность движения.

ON THE QUESTION OF INCREASING ROAD SAFETY USING THE EXAMPLE OF REGULATION OF TRAFFIC LIGHT OPERATION MODES BASED ON THE PARAMETERS OF PEDESTRIANS WITH LIMITED MOVEMENT ABILITIES

A.O. Kondratyeva[1], V.I. Vasiliev[2], I.P. Popova[3]
[1, 2, 3] Kurgan State University, Kurgan, Russia
[1] kondralena2020@mail.ru
[2] vviprof@rtural.ru
[3] sakura2805@bk.ru

Abstract. The article analyzes the impact of the introduction of a separate pedestrian phase on road safety. A review of pedestrian and car traffic is conducted. It is proposed to take into account pedestrians with limited mobility when adjusting traffic light regulation.

Keywords: Traffic light, traffic control, pedestrian flow, traffic capacity.

Актуальность рассматриваемой проблематики обусловлена увеличением числа пешеходов с ограниченными возможностями передвижения, возможностью включения отдельной пешеходной фазы в процесс регулирования светофорных объектов.

Ранее нормативной документацией в области организации дорожного движения был обязательный пункт о введение отдельной пешеходной фазы для всех

© Кондратьева А. О., Васильев В. И., Попова И. П., 2025

светофорных объектов вне зависимости от интенсивности движения на перекрестке, что в любом случае негативно сказывается на пропускной способности перекрестка, которая имеет прямую зависимость от режима работы светофора [1].

Натурные исследования показали, что в дневное время, с введением отдельной пешеходной фазы и разделением транспортных потоков во времени на примере пересечения улиц Красина и Гоголя в городе Кургане пропускная способность перекрестка снижается на 25%. Однако в целом ухудшение показателей является не столь существенным из-за многофазной работы светофоров.

Понятно, что с введением отдельной пешеходной фазы длина автомобильной очереди на перекрестках и плотность потока существенно увеличиваются. Изменение работы светофоров непременно будет вести к увеличению времени на проезд перекрестка из-за снижения пропускной способности и это всегда будет приводить к увеличению пробок на дорогах.

Если на регулируемом перекрестке имеется выделенная фаза для пешеходов, то водителям на светофоре необходимо пропускать пешеходов при повороте направо или налево, таким образом время ожидания для пешеходов при появлении выделенной фазы вырастает в несколько раз.

Тем не менее, это способствует повышению безопасности дорожного движения и большей оптимизации пропускной способности транспортных средств за счет непрерывности движения и отсутствия необходимости пропуска пешеходов, что, в свою очередь снижает время задержек на перекрестке.

Время ожидания увеличивается, очередь из автомобилей растет, но пропускная способность снижается совсем незначительно, а безопасность всех участников движения повышается многократно.

В случае расширения перекрестка путем добавления ещё одной полосы движения, его пропускная способность возрастёт. Однако это повлечет за собой увеличение ширины проезжей части, что, в свою очередь, потребует увеличения времени пешеходной фазы светофора, а значит, транспорт будет вынужден простаивать еще дольше.

Разделение транспортных и пешеходных потоков представляет собой сложную задачу для специалистов в области организации дорожного движения. Для поиска резервов повышения пропускной способности требуется провести масштабную работу по сбору и анализу данных.

Резервы могут быть найдены за счет изменения схемы организации дорожного движения, увеличения количества режимов работы светофоров в течение суток, реконструкции улично-дорожной сети и дальнейшего внедрения автоматизированных систем управления дорожным движением.

Для пешеходов с ограниченными возможностями движения при корректировке светофорного регулирования следует учитывать следующие положения:

1. Режим регулирования должен обеспечивать достаточное время для полного завершения перехода проезжей части любыми лицами из числа инвалидов и других маломобильных групп населения с учетом их физических возможностей, и особенностей организации планировки пешеходного перехода. Необходимо увеличение времени зеленого сигнала на пешеходных переходах для обеспечения комфортного прохождения людям с ограниченной подвижностью.

2. Цифровые табло для информирования пешеходов о времени, оставшемся до окончания действия разрешающего сигнала светофора, следует приспосабливать по условиям видимости для людей с ослабленным зрением.

3. На пешеходных переходах, которыми регулярно пользуются слабовидящие и слепые люди, применяют светофорное регулирование с одной или несколькими пешеходными фазами. При этом сигнал пешеходных светофоров необходимо дублировать звуковыми сигналами.

4. Также для обеспечения самостоятельного и безопасного перемещения лиц с нарушением функций зрения и слуха на пешеходных светофорах устанавливают звуковые и тактильные сигналы. Они позволяют точно узнавать время включения разрешающего переход сигнала, а также предоставляют информацию о направлении и геометрии перехода.

5. Требуется проводить периодический аудит и обследование объектов транспортной инфраструктуры на предмет их доступности для пешеходов.

6. Возможно требуется внедрение системы сбора данных для мониторинга пешеходного трафика с учетом потребностей людей с ограниченными возможностями, в том числе посредством видеонаблюдения с целью адаптации автоматической регулировки времени работы светофоров.

Эти аспекты помогут создать более безопасную и доступную инфраструктуру для всех участников дорожного движения, особенно для людей с ограниченными возможностями движения.

Таким образом, для всестороннего рассмотрения вопроса следует более детально изучить нововведения в законодательстве по безопасности дорожного движения, провести анализ пешеходных и транспортных потоков на наиболее загруженных перекрестках города в часы наибольшей интенсивности движения, проанализировать существующие системы адаптивной регулировки дорожного движения и рассмотреть возможность их внедрения.

Список литературы

1. ГОСТ Р 52289-2019 Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств. – URL: КонсультантПлюс (дата обращения: 30.03.2025).

References

1. GOST R 52289-2019 Technical means of traffic management. Rules for the application of road signs, markings, traffic lights, road barriers and guide devices. – URL: ConsultantPlus (date of access: 03/30/2025).

DOI: 10.58168/MSTT2025_105-112
УДК 656.1

СОЗДАНИЕ ДОСТУПНОЙ СРЕДЫ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

К.А. Кошкин[1], И.А. Новиков[2]
[1, 2] Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова, г. Белгород, Россия
[1] Koshkin_KA@mail.ru
[2] ooows@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается проблематика необходимости повышения безопасности дорожного движения с использованием инструментов, напрямую с дорожным движением не связанных. Предлагается использовать создание доступной среды в качестве дополнительного инструмента для повышения безопасности дорожного движения. В статье описывается обоснованность применения на практике принципов организации доступной среды в качестве такого инструмента на примере одного из перекрестков в г. Белгороде.

Ключевые слова: безопасность дорожного движения, МГН, безбарьерная среда, пешеходная инфраструктура, дорожно-транспортное происшествие, средства индивидуальной мобильности, велосипеды, самокаты, электросамокаты, правила дорожного движения, дорожная инфраструктура, технические средства организации дорожного движения, аварийность на перекрестках, велотранспортная инфраструктура.

CREATING AN ACCESSIBLE ENVIRONMENT AS A MEANS IMPROVING ROAD SAFETY

K.A. Koshkin[1], I.A. Novikov[2]
[1, 2] Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov
Belgorod. Russia
[1] Koshkin_KA@mail.ru
[2] ooows@mail.ru

Abstract. The article examines the relationship between the issues of the need to improve road safety using tools that are not directly related to road traffic. As an additional tool for improving road safety, it is proposed to use a accessible environment. The article describes the justification for applying the principles of accessible environment organization in practice as such a tool using the example of one of the intersections in Belgorod.

Keywords: road safety, MGN, barrier-free environment, pedestrian infrastructure, road traffic accidents, personal mobility equipment, bicycles, scooters, electric scooters, traffic rules, road infrastructure, technical means of traffic management, accidents at intersections, bicycle transport infrastructure.

Управление безопасностью дорожного движения – это комплексный процесс. При этом, необходимо рассматривать результат решения задачи повыше-

© Кошкин К. А., Новиков И. А., 2025

ния безопасности дорожного движения не только как снижение абсолютного количества ДТП в отчетный период. Количество погибших и пострадавших в ДТП в Российской федерации по сравнению с рядом стран мира очень велико [1]. При управлении безопасностью дорожного движения необходимо не ухудшать условия как для участников дорожного движения, так и для иных пользователей городской среды. В данном случае, под «пользователями городской среды», необходимо прежде всего понимать пешеходов, как пользователей тротуаров, пешеходных дорожек, общественных пространств и иных элементов, и точек притяжения городской среды. Необходимость соблюдения принципов минимизации длин маршрутов для пешеходов и времени их движения определена п. 11.28 СП 42.13330.2016 [2], а приоритет пешеходов и велосипедистов при проектировании определена п. 4.5а СП 396.1325800.2018 [3]. Так как пешеходы и велосипедисты так же являются полноценными участниками дорожного движения, они являются важной составляющей системы ВАДС [4]

Как указывает Джеф Спек в своей книге «Город для пешеходов» [5], улица должна быть спроектирована так, чтобы дать пешеходу шанс не быть сбитым на проезжей части. Помимо пешеходов, важной категорией пользователей городской среды являются маломобильные группы населения.

Согласно определений и требований СП 59.13330.2020 [6], а так же государственной программы Российской федерации «Доступная среда», [7] , определен список лиц, являющимися пользователями доступной. Защита и равенство прав этой категории определено в том числе положениями «Конвенции о правах инвалидов» [8].

Следовательно, при рассмотрении вопросов организации дорожного движения и управления безопасностью движения необходимо учитывать интересы маломобильных групп населения (МГН).

Для понимания процесса управления безопасностью дорожного движения представим ее в виде схемы:

Рисунок 1 – Схема управления безопасностью дорожного движения

Требования к формированию безопасной городской инфраструктуры устанавливаются СП 42.13330.2016 и СП 396.1325800.2018, а также ГОСТ 33150-

2014 [9]. Требования к формированию доступной среды устанавливаются СП 59.13330.2020. При этом надо понимать, что МГН используют ту же инфраструктуру, что и пешеходы. И соблюдение принципов организации доступной среды тесно пересекается с необходимостью формирования качественной пешеходной среды.

В ряде стран мира (Испания, Бразилия, США, Австрия и др.) принято иное отношение к ДТП и управлению аварийностью, а подход к формированию стратегии безопасности дорожного движения, кардинально отличается от принятого в Российской федерации. Основная разница – в подходах к анализу причин возникновения ДТП, а также к планированию и реагированию на произошедшие ДТП. В отличие от традиционного, «постфактум»-подхода, принятого в России [10], «безопасный системный подход», принятый в ряде стран мира, предлагает более глубокий анализ влияния инфраструктуры на причины ДТП, организацию превентивных мер и повышение качества инфраструктуры. Так же, как и концепция «нулевой смертности» [11], этот поход направлен на минимизацию возможности нарушения Правил дорожного движения [12]. При этом, «безопасный системный подход» определяет разделение ответственности в случае возникновения ДТП не только между непосредственными его участниками, но возлагает солидарную ответственность также на сторону, отвечающую за устройство инфраструктуры и организацию дорожного движения.

Рассмотрим необходимость соблюдения принципов организации доступной среды для передвижения, как мероприятие, которое приводит к снижению риска ДТП, на примере перекрестка пр. Ватутина и ул. 5-го Августа в г. Белгороде.

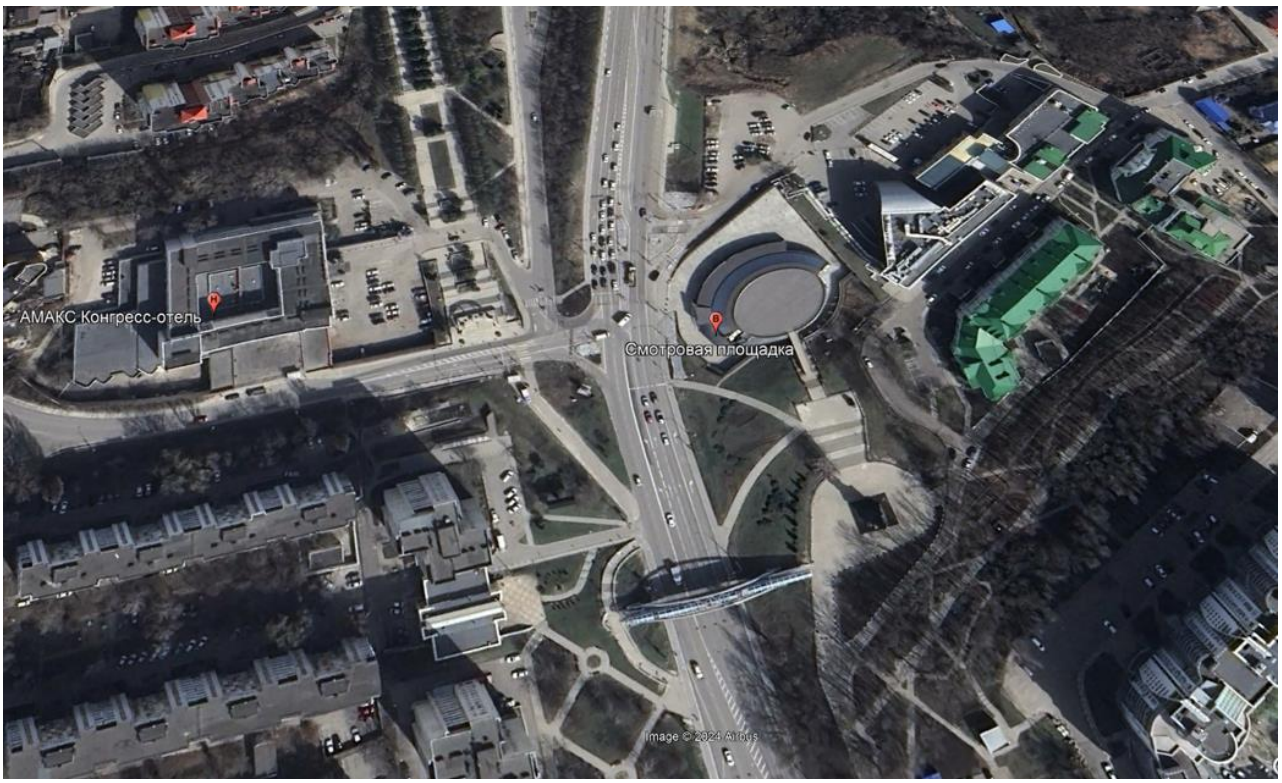


Рисунок 2 – Общий вид перекрестка.

Перекресток находится на одной из трех транспортных артерий, соединяющей районы города. В районе перекрестка располагаются ряд точек притяжения. Локализация точек притяжения и пешеходные корреспонденции между ними представлены на рисунке.

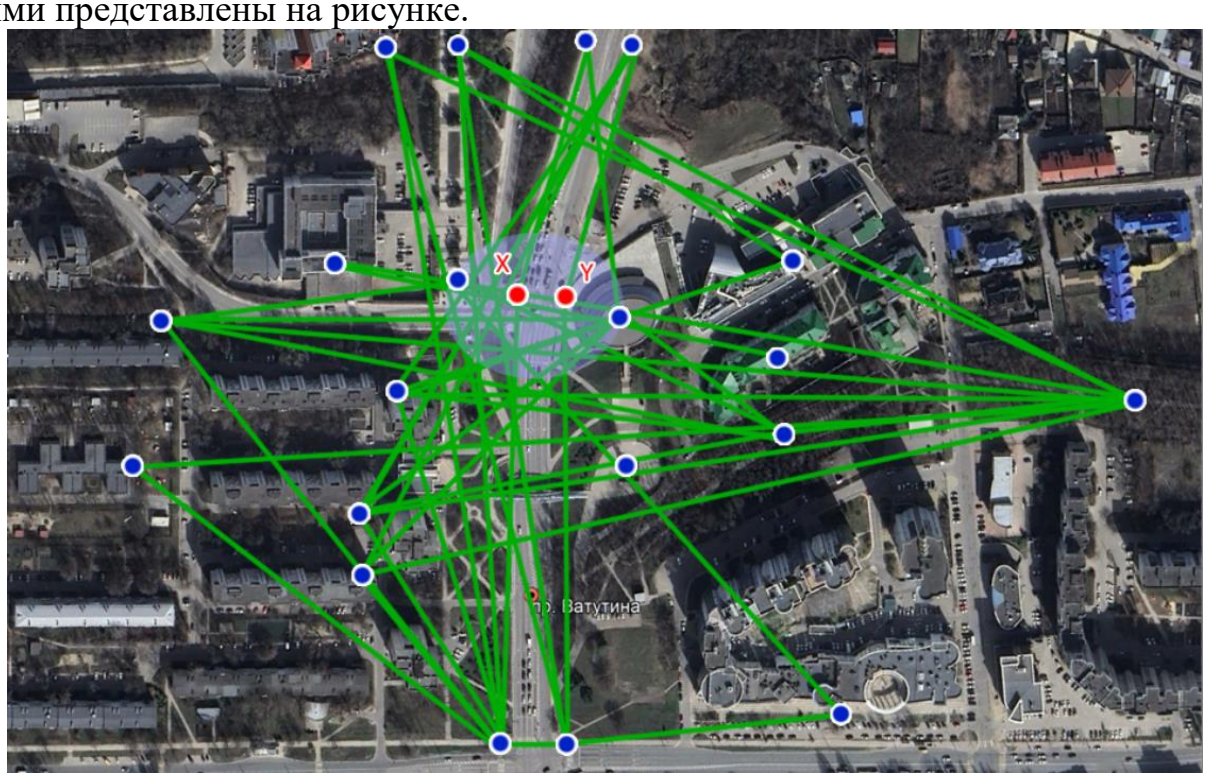


Рисунок 3 – Локализация точек притяжения.

Участок между точками X и У находится на пересечении основных пешеходных коммуникаций. При этом, непосредственная связь этих точек – отсутствует.

Все вышеуказанное приводит к повышенному риску нарушений п.4.3 ПДД и повышает риск возникновения ДТП.

В «Транспортной стратегии Российской федерации до 2035 года [13] определены цели и задачами транспортного комплекса Российской федерации, а также ключевые инструменты реализации целей стратегии.

В законе 443 -ФЗ [14] в числе мероприятий, направленных на повышение эффективности дорожного движения определено строительство пешеходных переходов.»

Положения [15], утвержденных Министерством транспорта Российской федерации в 2018 году требуют, чтобы организация пространства улиц обеспечивала приоритет движения пешеходов и велосипедистов.

Согласно СП 42.13330.2016, улицы и дороги населенных пунктов необходимо проектировать с учетом приоритета пешеходного и велосипедного движения, а также устраивать пешеходные связей с наименьшими затратами времени.

Соответствующее требование приорита определено так же в п 4.5а. СП.396.1325800.2018.

Для обеспечения реализации этого требования, согласно п. 4.2. ГОСТ Р

70716 – 2023 [16] на пути сформировавшихся регулярных пешеходных потоков по возможно кратчайшему пути к объекту притяжения а также на всех перекрестках улиц следует размещать пешеходные переходы.

Организация дорожного движения и формирование путей пешеходных коммуникаций на рассматриватемом перекрестке противоречит вышеуказанным требованиям, а так же приводит к невозможности беспрепятственного доступа МГН к объектам инфраструктуры. Приводит у величению пешеходного пути с 23 до 400 метров, а пути для МГН – до 700 м.

При этом уклон пешеходных путей от ул. 5 Августа до ул. Костюкова, составляет около 90 ‰, что является нарушением п. 5.1.7 СП 59.13330.2020 и не обеспечивает возможность движения МГН, не выполняется требование ст.15 закона 24.11.1995 N 181-ФЗ [17], что приводит к риску несанкциоированного перемещения через проезжую часть.

Важность и высокая степень вероятности фактора таких перемещений, как способствующего повышения риска ДТП указана п. 2.1 [18]

Для снижения этого риска при соблюдении требований нормативной документации, а так же для равных прав и свобод всех участников движения, необходимо при организации дорожного движения обязательной учитывать приритет пешеходого движения.

Для реализации вышеуказанных требований необходимо:

- повышение управляемости транспортными потоками
- соблюдение принципа приоритетности пешеходного и велосипедного движения

Рисунок 4 – схема организации дорожного движения на перекрестке

Наличие перехода через пр. Ватутина соответствует целям, задачам, и инструментам, приведенным выще и соответствует требованиям нормативной документации. Наличие перехода также обеспечивает выполнение требований п. 5.4.1 СП 59.13330.2020 и закона 181-ФЗ. При этом применение мероприятий по

успокоению автомобильного трафика в виде сужения полос, устройства островков безопасности в местах пешеходных переходов, в соответствии с [19] станет дополнительным инструментом по предотвращению ДТП и снижению тяжести их последствий.

Список литературы

1. К.С. Баканов, С.Б. Наумов, П.В. Ляхов, Е.Д. Никулин, М.М. Исаев, Е.А. Лопарев. Анализ дорожно-транспортной аварийности. Методические рекомендации. М. ФКУ «НЦ БДД МВД России», 2024
2. СП 42.13330-2016 Свод правил. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Каталог национальных стандартов. М. – URL : https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/standarts/
3. СП 396.1325800.2018 «Улицы и дороги населенных пунктов. Правила градостроительного проектирования» Каталог национальных стандартов. М. – URL : https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/standarts/
4. Г.И. Клинковштейн , М.Б. Афанасьев «Организация дорожного движения»., Организация дорожного движения: Учеб. для вузов.– 5-е изд., перераб. и доп. – М: Транспорт, 2001 – 247 с.
5. Джеф Спек. Город для пешеходов. Издательство «Искусство – XXI век», 2015 г.
6. СП 59.13330.2020 «СНиП 35-01-2001 Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения». Каталог национальных стандартов. М. – URL : https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/standarts/
7. Постановление Правительства РФ от 29 марта 2019 г. N 363 Об утверждении государственной программы Российской Федерации "Доступная среда". – М. – URL : https://docs.cntd.ru/document/554102819
8. «Конвенция о правах инвалидов». – М. – URL : https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/disability.shtml
9. ГОСТ 33150-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Проектирование пешеходных и велосипедных дорожек. Общие требования» Каталог национальных стандартов. – М. – URL : https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/standarts/
10. К.С. Баканов, А.Д. Гордеева, М.М. Исаев. «Обзор международных и зарубежных документов стратегического планирования в области обеспечения безопасности дорожного движения.», Учебное пособие., М. ФКУ «Научный центр БДД МВД России», 2025
11. Новиков, А.Н. Безопасное и эффективное управление транспортными потоками в городской транспортной системе: монография / А.Н. Новиков, А.Г. Шевцова – Москва: изд-во Академия, 2022 – 205 с.
12. Постановление Правительства РФ от 23.10.1993 N 1090 (ред. от 24.10.2022) "О Правилах дорожного движения». – М. – URL https://www.consultant.ru/document/
13. Распоряжение Правительства Российской федерации №3363 р от 27.11.2021г. «Об утверждении транспортной стратегии Российской федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года»
14. Федеральный закон "Об организации дорожного движения в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" от 20.12.2017 № N 443-ФЗ. – М. – URL : https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/standarts/
15. «Методические рекомендаций по разработке и реализации мероприятий по организации дорожного движения. Требования к планированию развития инфраструктуры велосипедного транспорта поселений, городских округов в Российской Федерации» согласованные Министерством транспорта Российской федерации 24.07.2018 года
16. ГОСТ Р 70716—2023 "Дороги автомобильные и улицы. Безопасность движения

пешеходов" Каталог национальных стандартов. – М. – URL : https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/standarts

17. Федеральный закон от 24.11.1995 N 181-ФЗ (ред. от 10.07.2023) "О социальной защите инвалидов в Российской Федерации". – М. – URL : https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/standarts/

18. «Методические рекомендации по проведению мероприятий по улучшению условий дорожного движения и повышению безопасности дорожного движения в целях ликвидации мест концентрации дорожно-транспортных происшествий, включающие типовые решения». Утверждены протоколом заседания проектного комитета по национальному проекту «БКАД» от 31.07.2019 №5.

19. «Методические рекомендации по разработке мероприятий по организации дорожного движения. Методы успокоения движения»», согласованные министерством транспорта Российской Федерации 02.07.2017 г.,

References

1. K.S. Bakanov, S.B. Naumov, P.V. Lyakhov, E.D. Nikulin, M.M. Isaev, E.A. Loparev. Analysis of traffic accidents. Methodological recommendations. M. FKU "NC BDD of the Ministry of Internal Affairs of Russia", 2024

2. SP 42.13330-2016 Set of rules. Urban planning. Planning and building of urban and rural settlements. Catalog of national standards. M. URL : https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/standarts/

3. SP 396.1325800.2018 "Streets and roads of settlements. Rules of urban planning design" Catalog of national standards. M. URL : https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/standarts /

4. G.I. Klinkovshtein , M.B. Afanasyev "Organization of traffic"., Organization of traffic: Textbook for universities.– 5th ed., revised Moscow: Transport, 2001 – 247 p

5. Jeff Speck. A city for pedestrians. Publishing house "Art – XXI century", 2015

6. SP 59.13330.2020 "SNiP 35-01-2001 Accessibility of buildings and structures for low-mobility groups of the population". Catalog of national standards. M. URL : https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/standarts/

7. Decree of the Government of the Russian Federation dated March 29, 2019 No. 363 On approval of the State program of the Russian Federation "Accessible Environment". M. URL : https://docs.cntd.ru/document/554102819

8. "Convention on the Rights of Persons with Disabilities". M. URL : https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/disability.shtml

9. GOST 33150-2014 "Public roads. Design of pedestrian and bicycle paths. General requirements" Catalog of national standards. M. URL : https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/standarts /

10. K.S. Bakanov, A.D. Gordeeva, M.M. Isaev. "Review of international and foreign documents of strategic planning in the field of road traffic safety.", Textbook., Moscow State University "Scientific Center of Traffic Safety of the Ministry of Internal Affairs of Russia", 2025

11. Novikov, A.N. Safe and effective traffic flow management in the urban transport system: a monograph / A.N. Novikov, A.G. Shevtsova – Moscow: Akademiya Publishing House, 2022 – 205 p.

12. Decree of the Government of the Russian Federation of 10/23/1993 N 1090 (as amended on 10/24/2022) "On the rules of the road", M, URL https://www.consultant.ru/document/

13. Decree of the Government of the Russian Federation No. 3363 r dated 11/27/2021 "On Approval of the Transport Strategy of the Russian Federation until 2030 with a forecast for the period up to 2035"

14. Federal Law No. 443-FZ dated December 20, 2017 on the Organization of Road Traffic in the Russian Federation and on Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation. M. URL : https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/standarts /

15. "Methodological recommendations for the development and implementation of measures for the organization of traffic. Requirements for planning the development of bicycle transport infrastructure in settlements and urban districts in the Russian Federation" agreed by the Ministry of Transport of the Russian Federation on 24.07.2018

16. GOST R 70716-2023 "Automobile roads and streets. Pedestrian traffic safety" Catalog of national standards. M. URL : https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/standarts

17. Federal Law No. 181-FZ of 11/24/1995 (as amended on 07/10/2023) "On the Social Protection of Persons with Disabilities in the Russian Federation". M. URL : https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/standarts/

18. "Methodological recommendations for measures to improve traffic conditions and improve road safety in order to eliminate the concentration of traffic accidents, including standard solutions." Approved by the minutes of the meeting of the project committee for the national project "BKAD" dated 07/31/2019 No.5.

19. "Methodological recommendations for the development of measures for the organization of road traffic. Methods of calming traffic"", agreed by the Ministry of Transport of the Russian Federation on 02.07.2017,

DOI: 10.58168/MSTT2025_113-117
УДК 004.896

ОСОБЕННОСТИ И ВЫБОР МОБИЛЬНЫХ СИСТЕМ ФИКСАЦИИ УСТАНОВЛЕННЫХ НА ТРЕНОГЕ

Е.А. Николаева[1], А.Н. Лукьянова[2]
[1, 2] Воронежский институт МВД России, г. Воронеж, Россия
[1] e.alexandrovna@bk.ru
[2] annaburavcova @ yandex.ru

Аннотация. Транспортная телематика с использованием «треног» – современное решение для мониторинга и управления транспортными потоками, которая позволяет эффективно отслеживать соблюдение скоростного режима, контролировать соблюдение разметки и других параметров. Тренога обеспечивает мобильность установки, позволяет быстро развертывать эту систему в различных местностях, производить сбор и мониторинг информации.

Ключевые слова. Транспортная телематика, треноги, радар, комплексы фиксации, видеонаблюдение, дорожная полоса.

FEATURES AND SELECTION OF MOBILE FIXATION SYSTEMS MOUNTED ON A TRIPOD

E.A. Nikolaeva[1], A.N. Lukyanova[2]
[1, 2] Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia Voronezh, Russia
[1] e.alexandrovna@bk.ru
[2] annaburavcova @ yandex.ru

Abstract. Transport telematics using tripods is a modern solution for monitoring and managing traffic flows, which allows you to effectively monitor compliance with the speed limit, monitor compliance with markings and other parameters. The tripod ensures the mobility of the installation, allows you to quickly deploy this system in various locations, collect and monitor information.

Keywords: Transport telematics, tripods, radar, fixation complexes, video surveillance, road lane.

Транспортная телематика охватывает область использования возможностей телекоммуникационных технологий и информатики при решении технологических задач на транспорте. Транспортная телематика является элементом технического обеспечения основных функциональных и системных компонентов интеллектуальных транспортных систем (ИТС) (Intelligent Transportation Systems – ITS) [2]. Внедрение автоматизированных систем является важным аспектом в планировании и регулировании транспортными потоками.

Транспортная телематика – совокупность технологий, объединенных в транспортную инфраструктуру, обеспечивающих управление дорожным движением [3]. Транспортная телематика позволяет организовать эффективное функ-

© Николаева Е. А., Лукьянова А. Н., 2025

ционирование транспортных сетей и состоит из специальных комплексов фиксации (рисунок 1).

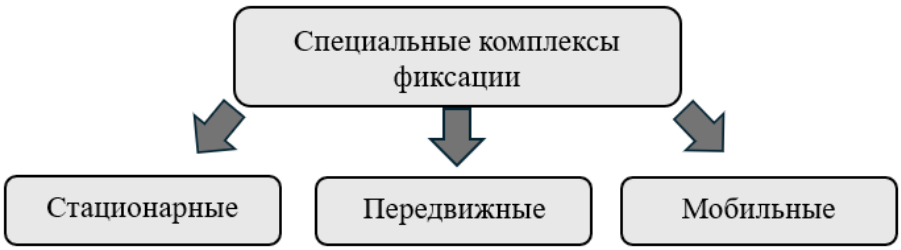


Рисунок 1 – Специальные комплексы фиксации

Телематические системы включают в себя мобильные системы фиксации нарушений дорожного движения, которые состоят из радара и камеры, устанавливаемых на какой-либо основе. Такие конструкции могут присутствовать в формате:

стационарных камер, которые зачастую объединяют в цепочки, для контроля скорости на участке дороги;

– «жирафов» – мобильных комплексов из автомобиля и камеры на нем, к которым подключены все камеры обслуживаемой территории;

– «треног» – конструкция из камеры и радара, устанавливаемых на треноге.

Треноги получили широкое распространение из-за своей надежности, благодаря современным технологиям обеспечивается высокая точность в измерении скорости от 20 до 250 км/ч. Треноги легко и быстро развертываются и перемещаются в различные места контроля и просты в эксплуатации (рисунок 2).

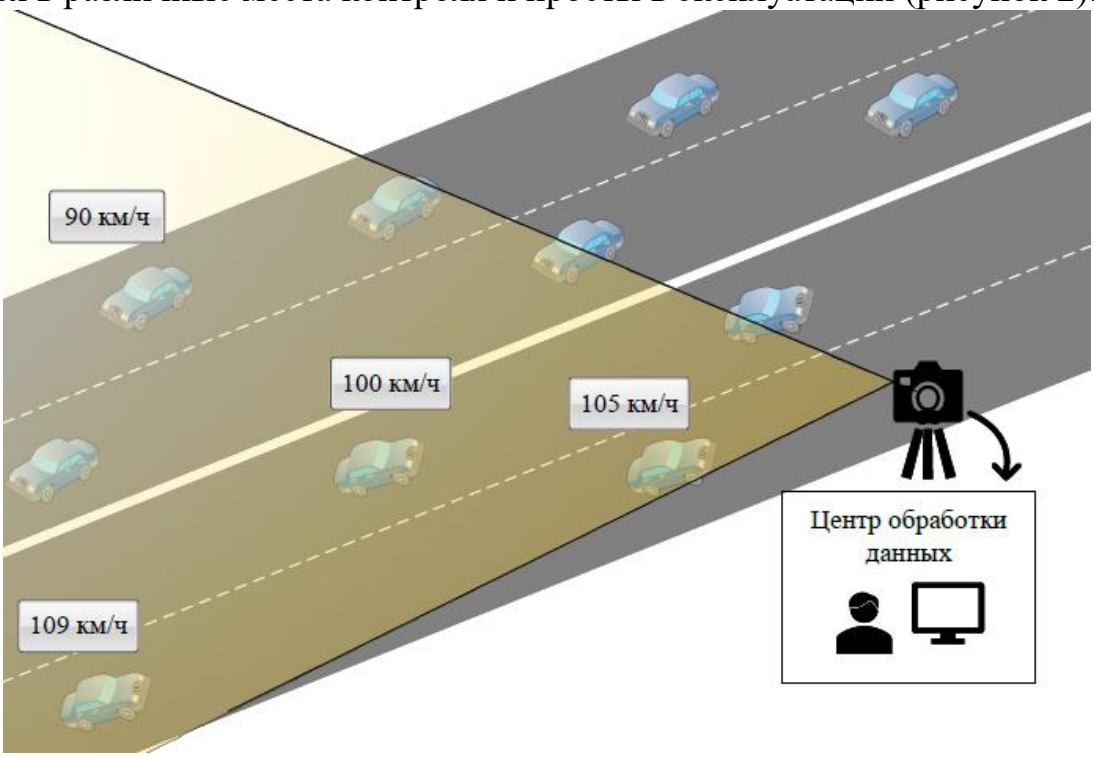


Рисунок 2 – Пример эксплуатации треног на дорогах для фиксации нарушения правил дорожного движения

Треноги работают на основе двух технологий: радара и лазера. Радар использует для измерения электромагнитные волны и работает на основе эффекта Доплера. Технология с использованием радара востребована на широкополосных дорогах, так как такие установки берут несколько объектов во внимание одновременно. Технология лазера измеряет время, требуемое световому лучу, чтобы отразиться от объекта и вернуться обратно. Такие установки используются для получения зафиксированных результатов на больших расстояниях, но при этом берут только один объект во внимание и фиксируют только его.

Рядом с камерой на треноге обычно находится мобильный пост – автомобиль, в котором находится оператор. Оператор, после получения данных, передает их в контролирующий орган, где уже эти данные проходят следующие стадии: сбор, обработку и хранение данных. Это необходимо для дальнейшего преобразования в отчетные формы.

Причины фиксации могут быть следующие:

– превышение скорости;

– выезд на встречную полосу, движение по полосе, предназначенной для общественного транспорта;

– нарушение разметки;

– непредоставление преимущества пешеходу на пешеходном переходе;

– движение по обочине и другие.

Также такие системы необходимы для органов внутренних дел:

– для проверки государственных автомобильных знаков по базам данных;

– для поиска угнанных машин;

– для мониторинга и управления работой всех видов транспорта;

– для повышения безопасности дорожного движения;

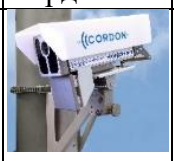
– для повышения эффективности транспортной системы;

– для поиска преступников, передвигающихся на транспортных средствах и тому подобное.

Как было сказано ранее системы фиксации представлены в большом количестве вариаций и конструкций, предназначенных для определенных задач при эксплуатации. В качестве «треноги» могут использоваться такие модели, как: СКАТ-РИФ, Крис-П, Кордон-М2, Арена, Poliscan M1 HP, Садко, Трафик-Сканер-СМ, THOR-X. На основе технологии радара работают следующие модели: Крис-П, Арена, Трафик-Сканер-СМ, THOR-X. На основе лазерной технологии работают модели: СКАТ-РИФ, Кордон-М2, Poliscan M1 HP, Садко.

Все эти модели используются правоохранительными органами и частными организациями. Специалисты осуществляют выбор конкретной модели анализируя различные характеристики моделей фото- и видеофиксации. Для анализа и выбора подходящего оборудования используются сравнительные таблицы, где учитывается технология работы, дальность действия оборудования, особенности и другие факторы.

Таблица 1. Модели систем фото- и видеофиксации, используемых в составе треног

Название модели		СКАТ-РИФ	Кордон-М2	Крис-П	Арена		Садко
Изображение модели							
Характеристики и возможности	работа в ночное время	нет данных			нет данных		нет данных
	контроль полос движения «в лоб и спину» (к-во, шт)						
	контроль средней скорости на участке дороги						
	контроль ремня безопасности	нет данных	нет данных		нет данных	нет данных	нет данных
	дальность действия (м)						
	технология (радар/лазер)	лазер	лазер	радар	радар	лазер	лазер
	заезд на полосу общественного транспорта						
	движение по обочине или тротуару						
	нарушения разметки						
	контроль движения на перекрестке, стоп – линии и светофора	нет данных					

Изучив сравнительную таблицу, можно сделать вывод, что модель Крис-П имеет большое количество измеряемых характеристик, например, такую, как контроль ремня безопасности, чего нет у других моделей, имеет большую дальность действия, но при этом контролирует только две полосы «в лоб и спину». Модель Кордон-М2 может охватывать шесть полос дорожного движения, но при этом имеет меньшую дальность действия.

Таким образом, при выборе оборудования необходимо тщательно анализировать различные характеристики, в этом могут поспособствовать сравнитель-

ные таблицы, позволяя быстро, наглядно и эффективно оценить и выбрать оборудование, соответствующее определенным потребностям и обеспечить контроль за соблюдением дорожного движения.

В заключение, хотелось бы сказать, что треноги для фиксации различных параметров при управлении и контроле за соблюдением правил дорожного движения играют важную роль и являются одним из основных инструментов правоохранительных органов в этой области.

Список литературы

1. Приказ МВД России от 23.08.2017 № 664 (ред. от 21.12.2017) «Об утверждении Административного регламента исполнения Министерством внутренних дел Российской Федерации государственной функции по осуществлению федерального государственного надзора за соблюдением участниками дорожного движения требований законодательства Российской Федерации в области безопасности дорожного движения» (Зарегистрировано в Минюсте России 06.10.2017 № 48459)

2. Транспортная телематика в дорожной отрасли: учеб. пособие / В.М. Власов, Д.Б. Ефименко, В.Н. Богумил. – М.: МАДИ, 2013. – 80 с.

3. Научный журнал «Экономика и социум» Телематика на транспорте 2022/ Хакимов Ш.К., Саматов Р.Г., Ражапова С.С., Абдураззакова Д.А. – С. 77-83.

4. Модели камер фотовидеофиксации: краткая таблица. – URL: https://radarbase.info/forum/topic/151-Modeli_kamer_fotovideofiksatsii_kratkaya_tablitsa (Дата обращения 05.04.25).

References

1. Order of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation № 664 dated 23.08.2017 (as amended on 21.12.2017) «On Approval of the Administrative Regulations for the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation to Perform the State Function of Federal State Supervision over Compliance by Road Users with the Requirements of the Legislation of the Russian Federation in the field of road safety» (Registered with the Ministry of Justice of the Russian Federation on 06.10.2017 № 48459)

2. Transport telematics in the road industry: textbook. manual / V.M. Vlasov, D.B. Efimenko, V.N. Bogumil. – M.: MADI, 2013. – 80 p.

3. Scientific journal "Economics and Society" Telematics in transport 2022/ Khakimov Sh.K., Samatov R.G., Razhapova S.S., Abdurazzakova D.A. – C. 77-83.

4. Models of photo-video cameras: a short table. – URL: https://radarbase.info/forum/topic/151-Modeli_kamer_fotovideofiksatsii_kratkaya_tablitsa (Accessed 05.04.25).

DOI: 10.58168/MSTT2025_118-125
УДК 656.081

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ СБОРА ПЕРВИЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ РАССЛЕДОВАНИИ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ

И.А. Новиков[1], Д.А. Лазарев[2], А.В. Васильченко[3]
[1, 2] Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия
[1] ooows@mail.ru
[2] avtotech31@mail.ru
[3] Министерство транспорта Российской Федерации, г. Москва, Россия, vasilchenkoav@mintrans.ru

Аннотация. При расследовании дорожно-транспортных происшествий (далее ДТП) особое место занимает автотехническая экспертиза. Однако, не всегда собранный первичный материал (протокол осмотра места происшествия, схема места происшествия, фотоснимки и т.д.) является информативным вследствие низкого качества составления или отсутствия достаточной следовой информации, что при водит к отрицательным выводам эксперта. Данную проблему возможно решить не только на стадии первичного сбора материала, но и спустя определенное время в процессе расследования, используя современный научный подход и оборудование.

Ключевые слова. дорожно-транспортное происшествие, исходные данные, экспертиза, инновации.

NNOVATIVE SOLUTIONS FOR PRIMARY INFORMATION COLLECTION IN ROAD ACCIDENT INVESTIGATION

I.A. Novikov[1], D.A. Lazarev[2], A.V. Vasilchenko[3]
[1, 2] Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russia
[1] ooows@mail.ru
[2] avtotech31@mail.ru
[3] Ministry of Transport of the Russian Federation, Moscow, Russia, vasilchenkoav@mintrans.ru

Abstract. A special place in the road traffic accidents investigation is occupied by automotive examination. However, the basic material is not always informative (on-site inspection report, the diagram of the accident scene, photos, etc.) due to the low grade of compilation or lack of sufficient trace information, that leads to negative conclusions of expert. This problem can be solved not only at the stage of accident inquiry, but also after a while in the investigation process, using a modern scientific approach and equipment.

Keywords: road traffic accident, basic data, examination, innovations.

Экспертиза дорожно-транспортных происшествий является основным доказательством при их расследовании. Однако, без тщательного и точного сбора

© Новиков И. А., Лазарев Д. А., Васильченко А. В., 2025

исходных данных (в том числе следовой информации) успешное ее проведение невозможно [1]. Как правило, в экспертной практике расследований ДТП основным источником исходных данных для эксперта был первичный осмотр места происшествия, поскольку значительный объем информации о механизме происшествия собирался в результате проведения первичных следственных мероприятий. Следовая информация на месте происшествия на длительный период времени неустойчивая и трудносохранимая, что предъявляло к качеству первоначального осмотра места происшествия, обнаружению и фиксации следов на месте ДТП повышенные требования [2]. Однако, с увеличением технических, научных и цифровых возможностей пробелы в первичном осмотре, с определенными оговорками, могут быть не настолько проблематичными.

В настоящее время все чаще в различные сферы жизни внедряются беспилотные летательные аппараты (далее БПЛА, дроны). Пример подобного аппарата представлен на рисунке 1.

Рисунок 1 – Пример конструкции беспилотного летательного аппарата.

Использование дронов также не обошли стороной и дорожно-транспортную сферу. Явным преимуществом БПЛА является тот факт, что они позволяют визуально покрывать значительные расстояния на местности, а также производить фото- и видеосъемку с высоты, фиксируя при этом всю дорожную обстановку на месте происшествия в масштабе с привязками и ориентирами различных объектов друг к другу и на местности. При этом данный вид осмотра и фиксации не требуют значительных временных затрат, что оптимизирует время работы следственно-оперативной группы, а также периоды ограничения движения на месте ДТП [3]. Пример, результата использования БПЛА представлен на рисунке 2.

Рисунок 2 – Пример использования БПЛА при осмотре места происшествия.

Также, данный способ возможно применять в комбинации с технологиями Lidar (лазерный локатор, использующий технологию испускания лазером волн оптического диапазона с дальнейшей регистрацией лазерных импульсов) локацию), что также позволяет строить цифровую модель местности с точным отображением особенностей обстановки и рельефа (рисунок 3 – Пример конструкции Lidar, рисунок 4 – пример сканирования с использованием технологии Lidar) [4].

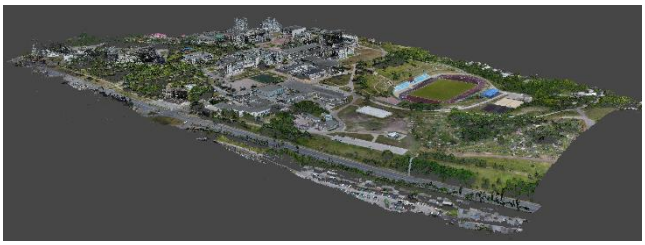
а) 3D сканер местности б) Ручной 3D сканер для объектов

Рисунок 3 – Примеры устройств (сканеров) на базе технологии Lidar.

Рисунок 4 – Пример сканирования при помощи технологии Lidar, с наложением на цифровую модель фотоснимков, изготовленных при помощи БПЛА.

При отсутствии возможности использования технологии Lidar (причины могут быть различны), возможно использование программного продукта Agisoft Metashape. Данный программный комплекс позволяет обрабатывать фотоизображения, полученные в результате съемки с БПЛА или фотоаппаратом, посредством цифровой фотограмметрии. При этом данный программный продукт строит цифровую 3D копию участка местности (рисунок 5) [5, 6].

а) Вид модели сверху



б) Вид модели сбоку

Рисунок 5 – Пример обработки съемки с БПЛА в программном комплексе Agisoft Metashape (ортофотоплан кампуса БГТУ им. В.Г. Шухова).

В плане применения таких технологий в контексте расследования дорожно-транспортных происшествий, то массив фотоснимков объемом до двухсот штук, выполненных правильным алгоритмом, позволяют создавать полную цифровую модель места происшествия и поврежденных транспортных средств. Так на рисунке 6 показан пример создания 3D модели дороги со следовой информацией.

а) Снимок оригинального участка дороги со следами

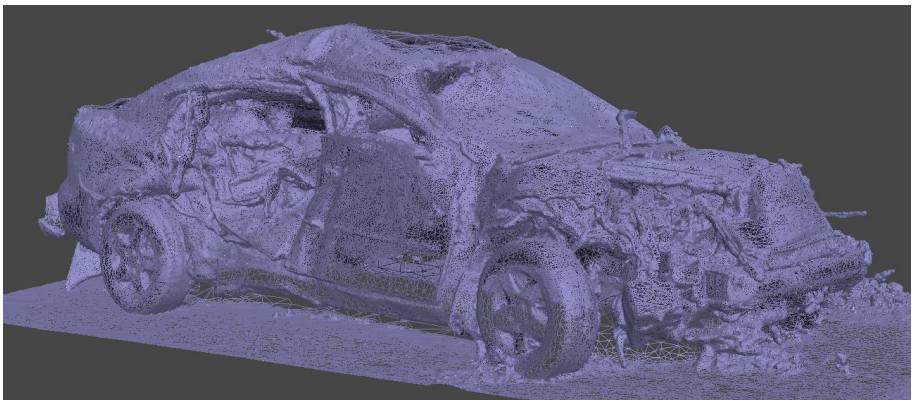
б) Вид 3D модели данной дороги сверху

в) Вид 3D модели данной дороги вдоль

Рисунок 6 – Пример построения 3D модели дороги на месте происшествия со следовой информацией.

Также технологии Lidar и программный продукт Agisoft Metashape позволяют создавать 3D-модели поврежденных транспортных средств (рисунок 7).

а) Снимок оригинального транспортного средства с повреждениями



б) Построение каркасной сетки модели

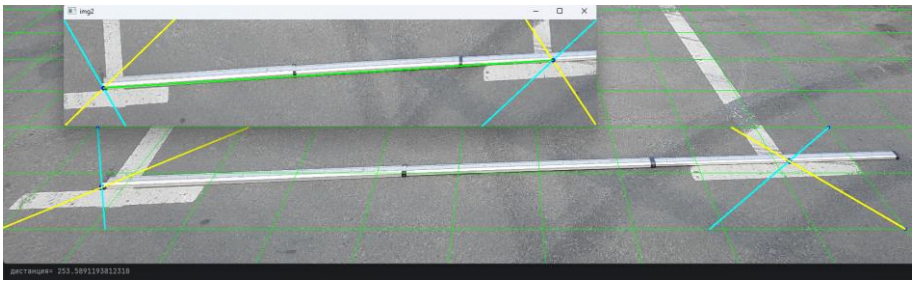
в) 3D модель с наложенной текстурой

Рисунок 7 – Пример построения 3D-модели поврежденного транспортного средства.

В случаях, когда первичный осмотр места происшествия уже проведен и использование приведенных выше возможностей исключены, возможна работа

с фотоснимками с места происшествия для установления размерных характеристик следовых признаков перемещения транспортных средств. Авторами статьи, совместно с Институтом инженерных и цифровых технологий БелГУ был предложен программный продукт, позволяющий измерять расстояния на фотоснимках с использованием средств фотограмметрии и линий надира и горизонта. Пример, использования данной программы приведен на рисунке 8а, 8б [7-10].

а)



б)

Рисунок 7 – Пример измерения расстояний на фотоснимке при помощи предложенного программного продукта.

Данные инновационные решения позволяют с достаточной точностью фиксировать следовую обстановку на месте дорожно-транспортного происшествия, а при невозможности достаточной и качественной фиксации – нивелировать огрехи первичной работы следственно-оперативной группы на месте происшествия путем восстановления следовой информации по фотоснимкам с использованием средств фотограмметрии и линий надира для достоверного определения механизма происшествия по следам.

Список литературы

1. Евтюков, С.А. Судебная автотехническая экспертиза дорожно-транспортных происшествий / С.А. Евтюков, В.А. Пучкин // ИД «Петрополис». – Санкт-Петербург, 2017. – 416 с.

2. Иларионов, В.А. Автотехническая экспертиза. / В.А. Иларионов. – М.: Транспорт, 1989. – 240 с.

3. Моисеев, В.С. Основы теории эффективного применения беспилотных летательных аппаратов: монография. – Казань: Редакционно-издательский центр «Школа», 2015. 444 с.

4. Голов, Е.В. Методика оценки скорости движения автомобилей по их деформациям при проведении дорожно-транспортной экспертизы: диссертация ... кандидата технических наук :

2.9.5. / Голов Егор Викторович; [Место защиты: ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»]. – Санкт-Петербург, 2022. – 202 с.: ил.

5. Лазарев, Д.А. Применение цифровых алгоритмов при оптимизации процесса расследования дорожно-транспортных происшествий/ Д.А. Лазарев, Р.В. Гринякин, Д.П. Стрекалов, Е.В. Шаталов // Воронежский научно-технический вестник. – 2023. – Т. 4, № 4 (46). – С. 107-119. – URL: http://vestnikvglta.ru/gallery/107-119.pdf – DOI: 10.34220/2311-8873-2023-107-119.

6. Novikov, I.A. Experimental Installation for Calculation of Road Adhesion Coefficient of Locked Car Wheel/ I.A. Novikov, D.A. Lazarev// Transportation Research Procedia, v. 20, pp 463-467 (2017).

7. Xueqiu, Wang. BL-YOLOv8: An Improved Road Defect Detection Model Based on YOLOv8 / Xueqiu Wang, Huanbing Gao, Zemeng Jia, Zijian Li // Sensors 2023, 23, 8361. https://doi.org/10.3390/s23208361.

6. Дмитриев, Е.Н. Применение метода цифровой фотографии в криминалистической экспертизе документов. Сб. науч. тр. / Е.Н. Дмитриев – М.: ЭКЦ МВД России, 1995.

7. Система анализа видеозаписей «DTP-Expert» / ОТ Контакт: официальный сайт. – Москва, 2015. – URL: https://timbre.ru/product.php?WHAT=34&lang=ru (дата обращения 04.04.2024).

8. Зинин, А.М. Фототехническая экспертиза: Методические рекомендации. / А.М. Зинин, П.И. Вашко, А.П. Кудалин, Р.С. Юможапов – М.: ЭКЦ МВД России, 2022. – 81 с., 35 ил., 1 табл., 1 прил., 18 ист. литер.

9. Петров С.М. Исследование материалов видеозаписи с целью установления обстоятельств дорожно-транспортного происшествия / Теория и практика судебной экспертизы №4 (32). Изд. РФЦСЭ при МЮ РФ. – М., 2013. – 62-82.

10. Лобанов, А. Н. Фотограмметрия: Учебник для ВУЗов. 2-е изд., перераб. и доп. – М., Недра, 1984, 552 с.

References

1. Evtyukov, S.A. Forensic auto-technical examination of road accidents/S.A. Evtyukov, V.A. Puchkin//Publishing House "Petropolis." – St. Petersburg, 2017. – 416 s.

2. Ilarionov, V.A. Autotechnical expertise ./V.A. Ilarionov. – M.: Transport, 1989. – 240 s.

3. Moiseev, V.S. Fundamentals of the theory of effective use of unmanned aerial vehicles: monograph. – Kazan: Editorial and Publishing Center "School," 2015. 444 pp.

4. Golov, E.V. Methodology for assessing the speed of cars by their deformations during road transport examination: dissertation... Candidate of Technical Sciences: 2.9.5 ./Golov Egor Viktorovich; [Place of protection: FSBEI HE "St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering"]. – St. Petersburg, 2022. – 202 p.: Ill.

5. Lazarev, D.A. Application of digital algorithms in optimizing the road accident investigation process/D.A. Lazarev, R.V. Grinyakin, D.P. Strekalov, E.V. Shatalov//Voronezh Scientific and Technical Bulletin. – 2023. – T. 4, NO. 4 (46). – S. 107-119. – URL: http://vestnikvglta.ru/gallery/107-119.pdf – DOI: 10.34220/2311-8873-2023-107-119.

6. Novikov, I.A. Experimental Installation for Calculation of Road Adhesion Coefficient of Locked Car Wheel/ I.A. Novikov, D.A. Lazarev// Transportation Research Procedia, v. 20, pp 463-467 (2017).

7. Xueqiu, Wang. BL-YOLOv8: An Improved Road Defect Detection Model Based on YOLOv8 / Xueqiu Wang, Huanbing Gao, Zemeng Jia, Zijian Li // Sensors 2023, 23, 8361. https://doi.org/10.3390/s23208361.

6. Dmitriev, E.N. Application of the digital photography method in forensic examination of documents. Sat. scientific. tr ./E.N. Dmitriev – M.: ECC Ministry of Internal Affairs of Russia, 1995.

7. Video analysis system "DTP-Expert "/OT Contact: official website. – Moscow, 2015. – URL: https://timbre.ru/product.php?WHAT=34&lang=ru (date of contact 04.04.2024).

8. Zinin, A.M. Phototechnical expertise: Methodological recommendations ./A.M. Zinin, P.I.

Vashko, A.P. Kudalin, R.S. Yumozhapov – M.: ECC Ministry of Internal Affairs of Russia, 2022. – 81 p., 35 dwg, 1 tbl, 1 ex, 18 ex.

9. Petrov S.M. Study of video recording materials in order to establish the circumstances of a traffic accident/Theory and practice of forensic examination No. 4 (32). Ed. RFCSE at the Ministry of Justice of the Russian Federation. – M., 2013. – 62-82.

10. Lobanov, A.N. Photogrammetry: A textbook for universities. 2nd ed., Revised and add. – M., Nedra, 1984, 552 s.

DOI: 10.58168/MSTT2025_126-129
УДК 656.13

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ «LIDAR» В СИСТЕМЕ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Н.Н. Паринов [1], Д.В. Лихачев[1], А.Ю. Артемов[1], Е.В. Чирков[2], Н.В. Зеликова[1]
[1] Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова, г. Воронеж, Россия, lihachev_dv@mail.ru
[2]Ассоциация «Совет муниципальных образований Воронежской области», chirkov.e.v@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматривается необходимость внедрения интеллектуальных систем управления дорожным движением, способных эффективно перераспределять транспортные потоки и предотвращать нарушения ПДД. Ключевым элементом таких систем является технология LiDAR, которая обеспечивает точные данные о дорожной обстановке.

Ключевые слова: интеллектуальные транспортные системы, LiDAR, предотвращение ДТП.

INTELLIGENT "LIDAR" IN THE ROAD SAFETY IMPROVEMENT SYSTEM

N.N. Parinov[1], D.V. Likhachev[1], A.Yu. Artemov[1], E.V. Chirkov[2], N.V. Zelikova[1]
[1] Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia, e-mail: lihachev_dv@mail.ru
[2]Association "Council of Municipalities of the Voronezh Region", chirkov.e.v@yandex.ru

Annotation. The article discusses the need to introduce intelligent traffic management systems that can effectively redistribute traffic flows and prevent traffic violations. The key element of such systems is LiDAR technology, which provides accurate data on the traffic situation.

Key words: intelligent transport systems, LiDAR, accident prevention.

При рассмотрении темы повышения безопасности дорожного движения в наше время, требуется учесть развитие современных технологий – развитие цифровых систем и системы искусственного интеллекта. Города продолжают расти, и потребность в эффективных системах управления дорожным движением становится все более насущной [1]. Применительно к системам управления дорожным движением можно и нужно рассмотреть интеллектуальное управление системами расположения транспортного средства на дороге и предотвращения нарушения правил дорожного движения водителями транспортных средств.

Что же вложено в суть и понятие «интеллектуальное перераспределение транспортных потоков» связанное в одну сеть исполнительного механизма?

© Паринов Н. Н., Лихачев Д. В., Артемов А. Ю., Чирков Е. В., Зеликова Н. В., 2025

Одной из технологий, которая уже давно внедрена в правила игры этой области, является система LiDAR («Light Identification Detection and Ranging», «система световой идентификации, обнаружения и определения дальности»). LiDAR уже произвел революцию в управлении дорожным движением, предоставляя точные данные о движении транспортных средств, повышая безопасность дорожного движения и обеспечивая реализацию инициатив «умного города». LiDAR – это технология дистанционного зондирования, которая использует лазерный свет для измерения расстояний и создания подробных 3D-карт окружающей среды. Он работает, излучая лазерные импульсы и измеряя время, необходимое свету для отражения обратно после попадания на объект. Анализируя эти отражения, LiDAR может точно определить расстояние, форму, размер и движение объектов в поле зрения [1].

Сама технология светового обнаружения и определения дальности не является новой. Несмотря на многочисленные усовершенствования, принцип работы LiDAR остается прежним с момента его появления в 1960-х годах [2].

LiDAR работает по принципу, который похож на работу радара, но вместо радиоволн использует лазерные импульсы. В общем, процесс выглядит следующим образом:

1. Излучение импульса лазером: Лидарная система излучает лазерный импульс, который направляется на объект.
2. Отражение света: Лазерный импульс отразится от объекта, например, автомобиля, пешехода или дерева.
3. Время возвращения импульса: Измеряется время, за которое импульс возвращается в датчик. Это время позволяет вычислить точное расстояние до объекта.
4. Создание 3D-карты: Повторяя этот процесс для множества точек в окружающей среде, LiDAR строит трехмерную карту, которая помогает автомобилю ориентироваться в пространстве [3].

В настоящее время в автомобилях класса «Люкс» есть не только LiDAR, но и системы экстренного торможения и предотвращения столкновения с пешеходом или препятствием в автоматическом режиме, система оценки происходящего вокруг автомобиля «датчиками дистанции и обнаружения препятствий», «слепых зон» и система кругового обзора, основанного на камерах находящихся с правой, левой, передней, задней и нижней проекции камеры на днище автомобиля и, дающая возможность, мониторинга автомобиля на экране мультимедиа, в так называемом «прозрачном» режиме [4]. Но этого недостаточно. Нужно, чтобы этими системами были оборудованы все автомобили: легковые, грузовые, автобусы. При наличии данной системы на каждом транспортном средстве, кратно увеличиваются шансы для предотвращения дорожно-транспортных происшествий с другим автомобилем, повышается процент избежания столкновения с пешеходом или другим биологическим видом переходящим или перебегающим проезжую часть в неположенном месте или при отвлекающих, внезапно появившихся факторах, внимание водителя, пресловутый «человеческий фактор». Но мало только обеспечить установку систем помощи водителю (ассистентов) на каждый автомобиль – в реалиях сегодняшней жизни данные системы должны

коммуницироваться между собой. Обратим свой взгляд на общедоступную для простого обывателя программу такую, как навигатор. Предположим, что при выпуске каждого нового автотранспорта автозаводом, встраивается система спутникового позиционирования каждого автомобиля с уникальным кодом. При продаже конечному пользователю автомобиль регистрируется в реестре спутника позиционирования и вносится в базу данных. Использование программы искусственного интеллекта позволит каждому автотранспортному средству обмениваться информацией с другими автомобилями и системами управления дорожно-транспортным движением, что позволит в автоматическом режиме соблюдать и выполнять в полном объеме правила дорожного движения и неукоснительно соблюдать скоростной режим, установленный в зависимости от погодных и дорожных условий. При обмене информацией с другими автомобилями система интеллектуального «LiDAR» будет отслеживать проблемные участки автодороги и предлагать изменить маршрут на более благоприятный с точки зрения мониторинга изменений условий уже во время движения автомобиля. Также информировать водителя о возможности объезжать участки с неработающими системами регулировки движения (например, светофоры), дорожные работы, увеличивающие время в пути, находить кратчайшие пути объезда при возникновении аварийной ситуации в момент движения автомобиля по маршруту. Это значит, что внедрение в систему управления дорожным движением искусственного интеллекта позволит избежать многокилометровых заторов на дорогах густонаселенных городов и многочисленных аварий автотранспорта, связанных с нетерпеливостью водителей и другими жизненными ситуациями.

Несмотря на многочисленные преимущества, есть несколько проблем, связанных с LiDAR в управлении дорожным движением [1]. Главная проблема, о которой нужно сказать, и по которой производители автомобилей и транспортные компании до сих пор не внедрили все это – высокая стоимость таких систем. Однако компании работают над тем, чтобы снизить стоимость до уровня массового рынка и разработать надежные продукты, которые будут работать в реальных условиях [4]. Как видно из аналитических отчетов – рынок систем предотвращения столкновений был оценен в 61,3 миллиарда долларов в 2023 году и, по оценкам, вырастет более чем на 5% в период с 2024 по 2032 год. Быстрая урбанизация и расширение автомобильных производственных центров в Азиатско-Тихоокеанском регионе в значительной степени способствуют росту рынка. Такие страны, как Китай, Япония и Южная Корея, являются крупными производителями автомобилей с передовыми технологическими возможностями, что приводит к высоким темпам внедрения систем предотвращения столкновений. Кроме того, строгие нормативные стандарты и правила безопасности в странах Азиатско-Тихоокеанского региона способствуют интеграции передовых функций безопасности в транспортные средства. Растущая осведомленность потребителей о безопасности дорожного движения и растущие инвестиции в исследования и разработки региональных автомобильных гигантов еще больше укрепляют рынок [5].

Данные доводы в пользу безопасности человека могут подтолкнуть законодательные органы власти на федеральном уровне принять соответствующий

закон, устанавливающий регламент производства новых автомобилей с соответствующими системами безопасности. Так, в свое время, была принята государством программа по обязательной установке системы «Глонасс» при производстве и продаже каждого нового автомобиля. Это позволит качественно снизить количество дорожно-транспортных происшествий и обезопасит в процентном соотношении от столкновений с пешеходами.

Список литературы

1. Приложения LiDAR для улучшения управления дорожным движением и безопасности – URL: https://www.neuvition.com/ru/media/blog/lidar-applications-for-enhanced-traffic-management-and-safety
2. Safety Considerations for LiDAR Sensors. Оригинальный текст: Technical Article March 22, 2021 by Antonio Armenta, – URL: https://control.com/technical-articles/safety-considerations-for-lidar-sensors
3. Лидары в автомобилях: Как они меняют дороги и что нас ждёт в будущем? 31 января 2025, – URL: https://dzen.ru/a/Z5vQtjDOJCy2tcHE
4. Lidar Technology is Working to Enhance Trucking Safety. Оригинальный текст: By Jeff Zurschmeide Published April 25, 2023 – URL: https://www. digitaltrends.com/cars/lidar-tech-truck-safety
5. Статистика рынка систем предотвращения столкновений, 2024-2032 Доклад, – URL: https://www.gminsights.com/ru/industry-analysis/collision-avoidance-system-market

References

1. LiDAR applications to improve traffic management and safety – URL: https://www.neuvition.com/ru/media/blog/lidar-applications-for-enhanced-traffic-management-and-safety
2. Safety Considerations for LiDAR Sensors. The original text: Technical Article March 22, 2021 by Antonio Armenta, – URL: https://control.com/technical-articles/safety-considerations-for-lidar-sensors
3. Lidars in cars: How are they changing the roads and what awaits us in the future? January 31, 2025, – URL: https://dzen.ru/a/Z5vQtjDOJCy2tcHE
4. Lidar Technology is Working to Enhance Trucking Safety. The original text: By Jeff Zurschmeide Published April 25, 2023 – URL: https://www. digitaltrends.com/cars/lidar-tech-truck-safety
5. Collision Avoidance Systems Market Statistics, 2024-2032 Report, – URL: https://www.gminsights.com/ru/industry-analysis/collision-avoidance-system-market

DOI: 10.58168/MSTT2025_130-134
УДК 625.734

АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ СВЕТОФОРОВ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

К.О. Румянцева[1], А.С. Семыкина[2]
[1, 2] Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия
[1]rumiantseva.kam@yandex.ru
[2] fantarock@mail.ru

Аннотация. В статье представлен анализ эффективности автоматического регулирования светофоров (АРС) в условиях крупного города. Исследованы различные методы управления светофорным движением, включая фиксированные циклы и адаптивные системы. Проведен сравнительный анализ эффективности адаптивных систем на примере нескольких перекрестков с высокой интенсивностью трафика.

Ключевые слова. Автоматическое регулирование светофоров, адаптивные системы, интенсивность трафика, транспортное моделирование, интеллектуальные транспортные системы.

AUTOMATIC REGULATION OF TRAFFIC LIGHTS: CURRENT STATE, PROBLEMS AND DEVELOPMENT PROSPECTS

K.O. Rumyantseva[1], A.S. Semykina[2]
[1, 2] Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russia
[1] rumiantseva.kam@yandex.ru
[2] fantarock@mail.ru

Annotation. The article presents an analysis of the effectiveness of automatic traffic light control in a large city. Various traffic light control methods, including fixed cycles and adaptive systems, have been investigated. A comparative analysis of the effectiveness of adaptive systems is carried out using the example of several intersections with high traffic intensity.

Keywords. Automatic control of traffic lights, adaptive systems, traffic intensity, transport modeling,intelligent transport systems.

Современные мегаполисы и даже средние города сталкиваются с колоссальной проблемой – увеличенным количеством транспортных средств на дорогах. Высокая плотность населения, стремительный рост числа автомобилей и недостаточная пропускная способность дорожной сети приводят к образованию многокилометровых заторов, которые снижают эффективность организации дорожного движения. Более того, заторы становятся причиной значительного ухуд-

© Румянцева К. О., Семыкина А. С., 2025

шения экологической обстановки, поскольку автомобили в режиме простоя выбрасывают в атмосферу огромное количество вредных веществ, усугубляя проблемы со здоровьем населения и повышая уровень загрязнения воздуха. Нельзя забывать и о безопасности дорожного движения: заторенные улицы – это повышенный риск аварий и столкновений, особенно в условиях плохой видимости или ограниченного пространства. Всё это подчёркивает критическую необходимость эффективного управления транспортной инфраструктурой, призванного не просто улучшить ситуацию, а кардинально ее изменить [1].

Одним из наиболее перспективных инструментов решения данной проблемы является автоматическое регулирование светофоров (АРС). В отличие от устаревших систем с жестко заданными временными циклами работы светофоров, АРС представляет собой сложную, интеллектуальную систему, способную динамически адаптироваться к изменяющимся условиям дорожного движения. Эта система – это не просто набор светофоров, а целый комплекс технических средств, включающий в себя разнообразные датчики, высокопроизводительные компьютеры для обработки данных и специализированное программное обеспечение, управляющее работой светофоров в режиме реального времени.

Датчики, установленные на дорогах и перекрестках, собирают огромное количество информации, которая используется для принятия решений. Эти датчики фиксируют интенсивность транспортных потоков в каждом направлении, скорость движения автомобилей, тип транспортного средства (легковой автомобиль, грузовик, автобус), наличие пешеходов и велосипедистов. Более того, современные системы АРС часто интегрируются с другими городскими системами, например, с системами общегородского видеонаблюдения, что позволяет учитывать ещё больше факторов, влияющих на дорожную обстановку. Полученные данные обрабатываются сложными алгоритмами интеллектуального управления трафиком (ИУТ), которые, анализируя текущую ситуацию, вычисляют оптимальные временные параметры для каждого светофора.

Для оценки эффективности АРС было проведено исследование на нескольких перекрестках с высокой интенсивностью трафика в центре города. На этих перекрестках были установлены датчики, фиксирующие интенсивность движения по каждому направлению. Данные, полученные с датчиков, использовались для работы адаптивных алгоритмов, которые динамически корректировали время работы светофоров.

В сравнении с ситуацией, когда на этих же перекрестках работали светофоры с фиксированными циклами, работа в системе автоматического регулирования светофоров показало следующие результаты:

Время задержки транспортных средств на перекрестках снизилось в среднем на 15-20%. Водители стали меньше времени проводить в ожидании зеленого сигнала светофора.

- Пропускная способность перекрестков увеличилась на 10-12%. Больше автомобилей проезжало перекрестки за единицу времени.

- Благодаря уменьшению времени работы двигателей автомобилей на холостом ходу, произошло снижение уровня выбросов вредных веществ в атмосферу.

Стоит отметить, что результаты исследования варьировались в зависимости от конкретного перекрестка и времени суток. Эффективность адаптивных систем была наиболее высокой в часы пик, когда интенсивность движения была наиболее высокой [2].

Внедрение и эксплуатация АРС сопряжены с рядом проблем, связанных с необходимостью точного моделирования транспортных потоков, адаптации к меняющимся условиям трафика, обеспечения безопасности и устойчивости системы. Воспроизведение транспортных потоков с высокой степенью точности – это сложная задача. На точность предсказаний оказывают значительное влияние действия водителей и непредсказуемые обстоятельства, такие как дорожно-транспортные происшествия или ремонтные работы. Ключевым моментом является наличие в системе достаточной адаптивности, чтобы учитывать различные сценарии: от традиционных утренних и вечерних пиковых часов до более редких ситуаций, таких как природные катастрофы или крупные общественные мероприятия.

Несмотря на это, потенциальные выгоды от использования АРС, включающие сокращение времени в пути, снижение заторов и улучшение экологической обстановки, делают данную технологию перспективной для развития транспортной инфраструктуры современных городов.

Существует несколько основных подходов к управлению светофорным движением, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки [3]:

1. **Метод фиксированного цикла.** Самый простой и распространенный метод регулирования дорожного движения, при котором время работы светофоров задано заранее и не изменяется в зависимости от текущей дорожной обстановки. Данный метод эффективен при стабильном и предсказуемом трафике дорожного движения, но не способен адаптироваться к меняющимся дорожным условиям, что приводит к увеличению заторов и времени в пути в периоды пиковой нагрузки.

2. **Метод ручного управления**. Управление светофорами производится оператором на основе данных, получаемых с камер видеонаблюдения в режиме реального времени, обеспечивая гибкость управления дорожным трафиком. Однако, недостатком является то, что существенна зависимость от человеческого фактора и ограниченна пропускная способность.

3. **Метод управления с помощью адаптивных систем.** Этот метод использует данные о текущей дорожной обстановке, полученные с помощью датчиков, камер видеонаблюдения и других средств мониторинга, для динамической корректировки параметров светофорного цикла. Адаптивное управление эффективно распределяет транспортные потоки и минимизирует задержки на перекрестках, особенно в условиях меняющегося трафика. Существуют различные алгоритмы адаптивного управления, такие как SCOOT (Split Cycle Offset Optimization Technique), SCATS (Sydney Coordinated Adaptive Traffic System) и MOTION (Method for the Optimization of Traffic in Networks).

4. **Метод управления с помощью адаптивных систем** в свою очередь подразделяется на:

- **управление с помощью локальных адаптивных систем**: управление каждым светофором независимо, на основе данных, получаемых с датчиков, расположенных непосредственно перед перекрестком.

- **управление с помощью координированных адаптивных систем:** согласованная работа нескольких светофоров, расположенных вдоль магистрали или в сети улиц, для обеспечения «зеленой волны» для транспортных потоков, движущихся в определенном направлении. При этом, светофоры обмениваются между собой данными о трафике. Это позволяет снизить задержки и увеличить пропускную способность магистрали, но требует точной синхронизации светофоров и может быть неэффективным при высокой интенсивности трафика в поперечном направлении.

- **управления на основе прогнозирования трафика:** использование данных о прошлых и текущих транспортных потоках для прогнозирования будущего трафика и предварительной корректировки параметров светофорного цикла позволяет более эффективно управлять движением в условиях предсказуемых изменений, таких как часы пик или проведение массовых мероприятий.

Алгоритмы ИУТ – это сложные математические модели, учитывающие множество переменных. Они способны предсказывать изменения в транспортных потоках, оптимизируя работу светофоров не только в данный момент, но и на перспективу, минимизируя задержки и повышая пропускную способность перекрестков. Например, в часы-пик система может увеличить время зелёного сигнала для наиболее загруженных направлений, а в периоды низкой интенсивности движения перевести светофоры в режим мигающего желтого или вовсе выключить их. Кроме того, современные алгоритмы ИУТ учитывают приоритеты различных типов транспортных средств, например, давая преимущество общественному транспорту или машинам экстренных служб [4].

Выбор оптимальной стратегии регулирования светофорного движения – это задача, требующая комплексного подхода. Она зависит от множества факторов, включая размеры города и его планировку, плотность застройки, интенсивность и характер транспортных потоков (например, наличие крупных транспортных магистралей или узких улочек), географическое расположение и климатические условия, а также, конечно же, доступные финансовые ресурсы и существующие технические возможности [5]. В небольшом городе может быть достаточно простой системы АРС, тогда как для мегаполиса потребуется сложная многоуровневая система, интегрированная с другими городскими системами управления.

Реализация и внедрение АРС требуют значительных инвестиций. Необходимо приобрести и установить датчики, создать и настроить программное обеспечение, обеспечить квалифицированное обслуживание системы. Однако, выгоды от внедрения АРС значительно перевешивают затраты.

Снижение времени простоя в пробках, улучшение экологической ситуации, повышение безопасности дорожного движения – всё это приносит ощутимую экономическую и социальную выгоду для городской агломерации [6]. В итоге, автоматическое регулирование светофоров – это не просто модернизация транспортной инфраструктуры, а необходимый шаг к созданию комфортной и

безопасной городской среды. Именно поэтому разработка и внедрение все более совершенных систем АРС является одной из приоритетных задач для современных городов [7].

Список литературы

1) Васильев, В. Н. Моделирование транспортных потоков для оптимизации управления светофорным движением / В. Н. Васильев, А. П. Смирнов // Автоматика и телемеханика. – 2023. – № 10. – С. 87-98.

2) Кузнецов, С. И. Адаптивное управление светофорным движением на основе нейронных сетей / С. И. Кузнецов // Информационные технологии в управлении. – 2022. – № 4. – С. 35-42.

3) Лебедев, А. А. Анализ эффективности различных алгоритмов управления светофорным движением / А. А. Лебедев // Мир транспорта. – 2021. – Т. 19, № 5. – С. 56-65.

4) Адаптивное управление светофорами: как это работает. – URL: https://habr.com/ru/articles/448358/ (дата обращения: 8.04.2025).

5) Паращук, Е. М., Горшкова, Н. Г. Алгоритм адаптивного регулирования дорожного движения : учебное пособие / Е. М. Паращук, Н. Г. Горшкова. – Белгород : Изд-во БГТУ , 2016. – С. 155-164.

6) Семыкина А.С. Повышение безопасности дорожного движения за счет снижения тяжести последствий ДТП / А.С. Семыкина, Н.А. Загородний // Мир транспорта и технологических машин. – № 3(62) 2018. – С. 88-96.

7) Андреева, С.О. Обеспечение безопасности транспортных средств / С.О. Андреева, Д.В. Петрова, А.С. Семыкина // В сборнике: Образование. Наука. Производство. Сборник докладов XVI Международного молодежного форума. Белгород, 2024. С. 3-7.

References

1. Vasiliev, V. N. Modeling of traffic flows for optimizing traffic light control / V. N. Vasiliev, A. P. Smirnov // Automation and telemechanics. – 2023. – No. 10. – pp. 87-98.

2. Kuznetsov, S. I. Adaptive traffic light control based on neural networks / S. I. Kuznetsov // Information technologies in management. – 2022. – No. 4. – pp. 35-42.

3. Lebedev, A. A. Analysis of the effectiveness of various traffic light control algorithms / A. A. Lebedev // The world of transport. – 2021. – Vol. 19, No. 5. – pp. 56-65.

4. Adaptive traffic light control: how it works. – URL: https://habr.com/ru/articles /448358 / (date of access: 04/08/2025).

5. Paraschuk, E. M., Gorshkova, N. G. Algorithm of adaptive traffic regulation : a textbook / E. M. Paraschuk, N. G. Gorshkova. Belgorod : Publishing House of BSTU, 2016. pp. 155-164.

6. Semykina A.S. Improving road safety by reducing the severity of the consequences of an accident / A.S. Semykina, N.A. Zagorodny // The world of transport and technological machines. – No. 3(62) 2018. pp. 88-96.

7. Andreeva, S.O. Ensuring the safety of vehicles / S.O. Andreeva, D.V. Petrova, A.S. Semykina // In the collection: Education. Science. Production. Collection of reports of the XVI International Youth Forum. Belgorod, 2024. pp. 3-7.

DOI: 10.58168/MSTT2025_135-140
УДК 656.021.8

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТЬЮ

П.В. Тихомиров[1], К.С. Кухарев[2]
[1, 2] Брянский государственный инженерно-технологический университет,
г. Брянск, Россия,
[1] pro_nauka@bgitu.ru
[2] kk1459@ya.ru

Аннотация. Авторы статьи рассматривают различные способы, с помощью которых появляется возможность повышения эффективности систем управления улично-дорожной сетью Орловской городской агломерации. Будут рассмотрены уже существующие технологии, использующиеся на улицах города, и теоретически возможные способы управления.

Ключевые слова: архитектура подсистем управления, подсистема, транспортная система, улично-дорожная сеть, управление дорожным движением, светофорный объект.

WAYS TO IMPROVE THE EFFICIENCY AND SAFETY OF ROAD NETWORK MANAGEMENT SYSTEMS

P.V. Tikhomirov[1], K.S. Kukharev[2]
[1, 2] Bryansk State University of Engineering and Technology,
Bryansk, Russia
[1] pro_nauka@bgitu.ru
[2] kk1459@ya.ru

Abstract. The authors of the article consider various ways in which it becomes possible to increase the efficiency of the management systems of the Oryol urban agglomeration's road network. The existing technologies used on the streets of the city and theoretically possible management methods will be considered. The control programs at individual traffic light facilities installed in the city and their principles of operation, as well as ways to increase throughput with their help, are considered in detail. The pros and cons of each method are described in detail.

Keywords: architecture of control subsystems, subsystem, transport system, road network, traffic management, traffic light facility.

Введение

Город Орел находится в Центральном Федеральном Округе Российской Федерации, административный центр Орловской области. Население город (по данным на 2023 год) – 311 тысяч человек. Площадь – 127 квадратных километров. Город насчитывает более 500 улиц и переулков. Общая протяженность улично-дорожной сети города составляет около 300 км. В 2020 году, согласно распоряжению Министерства транспорта Российской Федерации от 25 марта 2020 г. № АК-60-р [7] на территории Орловской городской агломерации введена в эксплуатацию интеллектуальная транспортная система (ИТС) [3, 4].

Основной этап развития ИТС в Орловской городской агломерации произошел согласно распоряжению Минтранса России от 21 марта 2022 г. № АК-74-р [8].

© Тихомиров П. В., Кухарев К. С., 2025

По данным Росстата в городе Орле на 1000 человек приходилось 350-400 автомобилей. При этом количество полос для движения по улично-дорожной сети города Орла редко доходит и превышает количество в 4 полосы. Пропускная способность четырёхполосной дороги составляет:

1. без разделительной полосы – 2100 легковых автомобилей в час по одной полосе;

2. с разделительной полосой – 2200 легковых автомобилей в час по одной полосе.

Материал и методы

Пропускную способность оценивают путём расчёта для каждой полосы в отдельности с учётом состава потока и дорожных условий для обоих направлений движения [5].

Общая пропускная способность автомобильной магистрали с четырьмя полосами движения определяется по формуле: РЯ = Р1 + Р2 + Р1' + Р2', где Р1, Р2 и Р1', Р2' – пропускная способность первой и второй полос соответственно одного и другого направления движения (авт./ч) [2]. В городе Орле присутствуют проблемные участки на УДС, на которых 4 полосы для движения переходят в 2, создавая эффект «бутылочного горлышка», что в свою очередь прямо пропорционально влияет на уменьшение пропускной способности за счет увеличения плотности транспортного потока [6].

Исходя из вышесказанного специалистами ситуационного отдела ИТС города Орла проводится ряд экспериментов по увеличению пропускной способности на улично-дорожной сети. Ниже будут представлены некоторые примеры [1].

Теория/Расчет

Выделение пешеходной фазы на цикличном светофорном объекте при использовании вызывного пешеходного табло (ТВП). Были проведены экспериментальные изыскания по возможности совмещения работы на циклично работающем светофорном объекте с светофорным объектом, работающим посредством ТВП для пешеходов. Основная трудность при проведении эксперимента заключалась в том, что контроллеры для цикличных светофорных объектов и контроллеры для объектов с ТВП программируются разными методами. Поэтому была применена «спящая» пешеходная фаза, сигнал о включении которой подавался после активации ТВП. Примеры циклограмм для светофорного объекта с ТВП и стандартного цикличного объекта будут представлены на рисунке 1 соответственно.

Следующим шагом для улучшения проезда на отдельных перекрестках и уменьшение времени простоя была разработана управляющая программа с исключением выделенной пешеходной фазы и совмещение ее с основными транспортными. Для повышения безопасности пешеходов при переходе необходима установка дополнительных технических средств на объекте, таких как дополнительная информационная секция «ИС300-Л/П» и дополнительных секций «стрелка налево/направо» для транспортных светофоров тип Т.1п2 и Т.1л2.

Одним их наиболее действенных примеров данного эксперимента стала изменение светофорной программы на пересечении улиц Октябрьская и Андрианова города Орла.

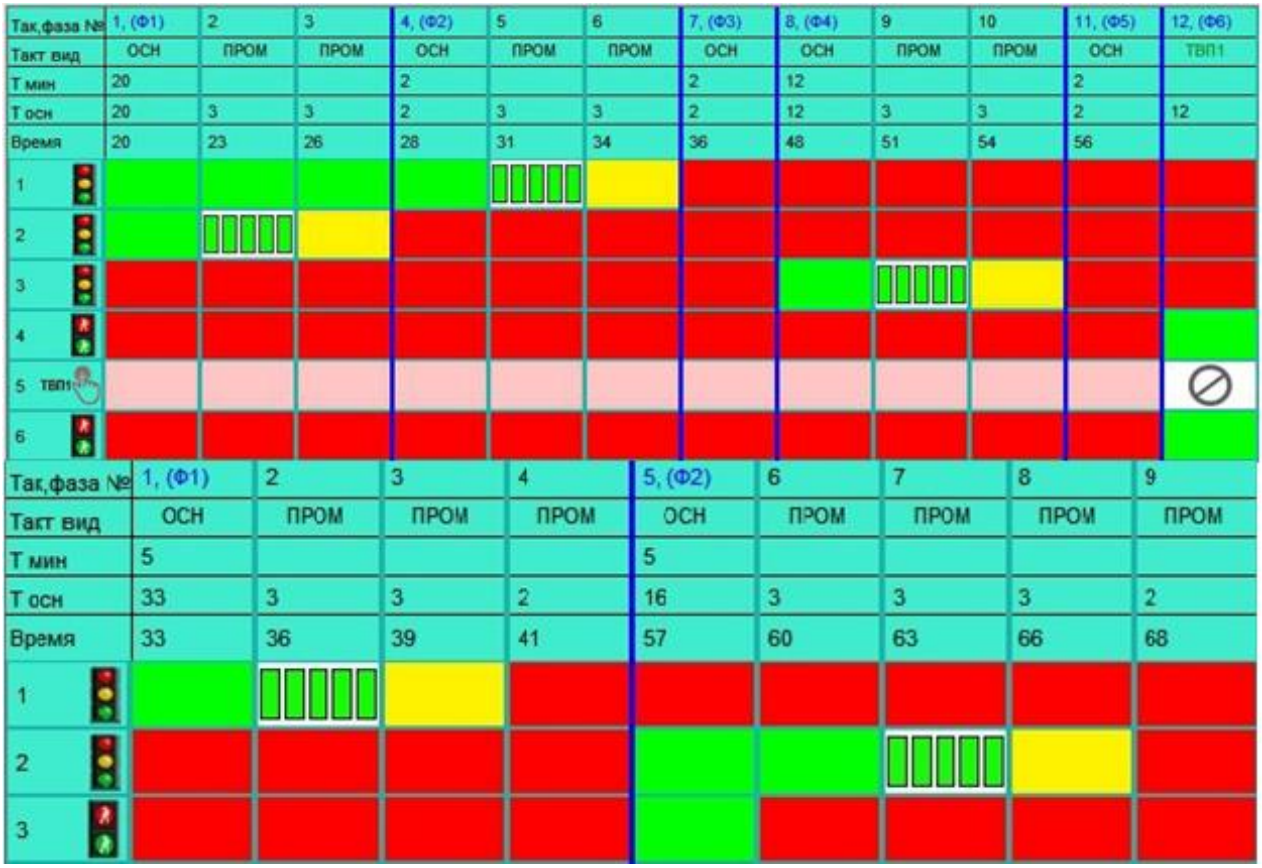


Рисунок 1 – Сравнение циклограмм с «Спящей» пешеходной программой и стандартная циклическая программа

До изменения управляющей светофорной программы средняя скорость проезда данного перекрестка, согласно данным с радиолокационных детекторов, составляла 28,16 км/ч к детектору и 35,79 км/ч от детектора. После введения измененной программы средняя скорость проезда перекрестка выросла до показателей 40.73 км/ч к детектору и 38.25 км/ч от детектора (рисунок 2).

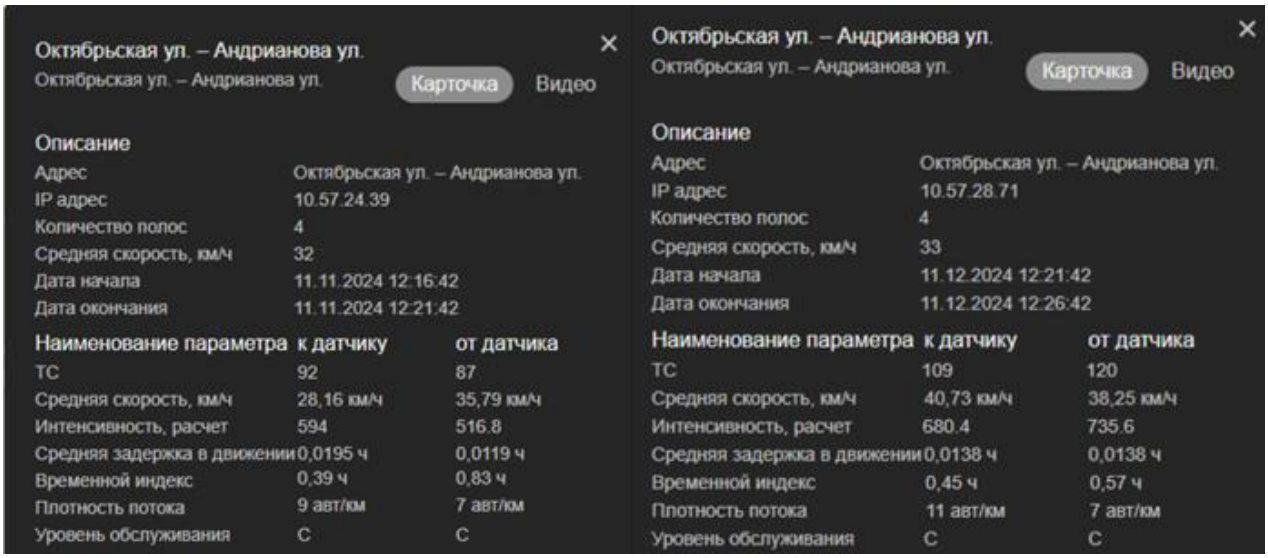


Рисунок 2 – Сравнение транспортных показателей, до и после введения измененной программы

Внесение изменений в действующую программу увеличило пропускную способность, благодаря чему данную схему было решено оставить на данному перекрестке.

В рамках следующего эксперимента была предпринята попытка выделения отдельной фазы пешеходной фазы на циклично работающем светофорном объекте в программу «1 в 2» (Рисунок 3). Данная программа подразумевает единоразовое включение выделенной пешеходной фазы после двух последовательно отработанных транспортных фаз. Данный эксперимент можно считать неудачным, по следующим причинам:

Длительное время ожидания пешеходами разрешающего сигнала светофора для пересечения УДС;

Отсутствие времени на таймере обратного отсчета времени (ТООВ) на всех светофорных панелях (данная программа решается подключением светофорных панелей к управляющему контроллеру через разъем RS-485).

	Фаза 1					Фаза 2					Фаза 3					Фаза 4					Фаза 5			
	31					89					31					89					110			
	19	5	3	3	1	10	39	3	3	3	19	5	3	3	1	10	39	3	3	3	14	3	3	1
Направление 1	К	К	К	К	К	З	З	М З	Ж	К	К	К	К	К	К	З	З	М З	Ж	К	К	К	К	К
Направление 2	З	З	З	З	З	З	З	М З	Ж	К	З	З	З	З	З	З	З	М З	Ж	К	К	К	К	К
Направление 3	З	З	М З	Ж	К	К	К	К	К	К	З	З	М З	Ж	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К
Направление 4	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	З	К З	Ж	К
Направление 5	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	К	З	К З	К	К
Направление 6	К	К	К	К	К	К	З	М З	Ж	К	К	К	К	К	К	К	З	М З	Ж	К	К	К	К	К
Направление 7	К	З	З	З	З	З	З	М З	Ж	К	К	З	З	З	З	З	З	М З	Ж	К	К	К	К	К

Рисунок 3 – Циклограмма с экспериментальной программой «1 в 2»

Так как ширина УДС города Орла недостаточная, а именно от двух до четырех полос движения, были введены в опытную, а затем и в постоянную эксплуатацию, светофорные программы, предоставляющие приоритет при проезде перекрестка в прямом и поворотных направлениях. Целью проведения данных экспериментов было повышение пропускной способности при проезде перекрестков на отдельных направлениях, в местах, где затруднен поворот налево. Данные способы получили рабочие названия «задержка» и «отсечка».

«Задержка» – предоставление приоритета в проезде Х-образного перекрестка определенному направлению в начале светофорной фазы при движении прямо и налево (рисунок 5);

«Отсечка» – предоставление приоритета в проезде Т-образного перекрестка определенному направлению в конце светофорной фазы при движении прямо и налево.

Результаты и обсуждение

Данные схемы внедряются на большем количестве пересечений на УДС города Орла в связи с тем, что данный метод предполагает изменения программы взамен установки дополнительных секций «Стрелка налево». При установке дополнительных секций транспортные средства, поворачивающие налево, обязаны

дожидаться разрешающего сигнала «стрелки». При отсутствии встречного потока на запрещающем сигнале дополнительной секции увеличивается число транспорта с поворотом, что создает заторовые ситуации. При организации «задержек» и «отсечек» помимо возможности для поворота в начале или в конце фазы соответственно. Дополнительно возникает возможность для поворота налево при отсутствии встречного движения ТС при разрешающем сигнале светофора.

Предоставление приоритета в проезде каждому направлению. Данный эксперимент планировался как сопоставимая и безопасная альтернатива дополнительной секции «стрелка налево» для всех направлений на Х-образном перекрестке. Суть эксперимента заключалась в создании двух светофорных неразрывно связанных программ, которые активировали бы «задержку» для каждого из направлений поочередно. Данный эксперимент оказался неудачным по причине отсутствия времени на таймере обратного отсчета времени (ТООВ) на всех светофорных панелях (данная программа решается подключением светофорных панелей к управляющему контроллеру через разъем RS-485).

Выводы

Большинство проводимых экспериментов, проводимых ситуационным отделом ИТС города Орла, оказались удачными. Было достигнуто значительное увеличение пропускной способности на отдельно взятых участках УДС и целых улицах города Орла. Дальнейшая экспериментальная работа, по увеличению пропускной способности в городе Орле, продолжается.

Список литературы

1. Беляев, Э. И., Макарова, И. В., Хабибуллин, Р. Г. Применение современных методов оптимизации транспортной системы // Инновации в науке: материалы науч.-практ. конф. / под ред. Я. А. Полонского. – Новосибирск: Сибирская ассоциация консультантов, 2012. – 110 с.

2. Дегтяренко В.Н. Автомобильные дороги и автомобильный транспорт. Ростов н/Д: Рост. гос. акад. стр-ва, 2011. – 185 с.

3. Евстегнеев, И.А. Основы создания интеллектуальных транспортных систем в городских агломерациях России. – М.: Издательство «Перо», 2021. – 294 с.

4. Жанказиев, С.В. Разработка концепции создания интеллектуальной транспортной системы на автомобильных дорогах федерального значения / С.В. Жанказиев, Д.Б. Ефименко, А.И. Воробьев, А. В. Багно, А.Е. Росланов // Отчет по государственному контракту № УД-47/261 от 07.10.2016 г.

5. Клинковштейн, Г.И. Организация дорожного движения / Г.И. Клинковштейн, М.Б. Афанасьев. – М.: Транспорт, 2015. – 247 с.

6. ГОСТ Р 56294-2014. «Интеллектуальные транспортные системы. Требования к функциональной и физической архитектурам интеллектуальных транспортных систем». Введ. 2015-07-01.

7. Распоряжение Министерства транспорта Российской Федерации от 25 марта 2020 г. n АК-60-р «Об утверждении методики оценки и ранжирования локальных проектов в целях реализации мероприятия «Внедрение интеллектуальных транспортных систем, предусматривающих автоматизацию процессов управления дорожным движением в городских агломерациях, включающих города с населением свыше 300 тысяч человек» в рамках федерального проекта «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства» национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги», 2020.

8. Методические рекомендации по разработке заявок (включая локальные проекты по созданию и модернизации интеллектуальных транспортных систем) субъектов Российской Федерации на получение иных межбюджетных трансфертов из федерального бюджета бюджетами субъектов Российской Федерации в целях реализации мероприятия «Внедрение интеллектуальных транспортных систем, предусматривающих автоматизацию процессов управления дорожным движением в городских агломерациях, включающих города с населением свыше 300 тысяч человек» в рамках федерального проекта «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства» государственной программы Российской Федерации «Развитие транспортной системы» (Распоряжение Минтранса РФ АК-74-р от 21.03.2022г.)

References

1. Belyaev, E. I., Makarova, I. V., Khabibullin, R. G. Application of modern methods of optimization of the transport system // Innovations in science: materials of scientific and practical conference / edited by Ya. A. Polonsky. Novosibirsk: Siberian Association of Consultants, 2012. 110 p.

2. Degtyarenko V.N. Highways and automobile transport. Rostov n/A: Rostov State Academy. Moscow, 2011. 185 p.

3. Evstegneev, I.A. Fundamentals of creating intelligent transport systems in urban agglomerations of Russia. Moscow: Pero Publishing House, 2021. 294 p.

4. Zhankaziev, S.V. Development of the concept of creating an intelligent transport system on federal highways / S.V. Zhankaziev, D.B. Efimenko, A.I. Vorobyev, A.V. Bagno, A.E. Roslanov // State Contract Report No. UD-47/261 dated 07.10.2016

5. Klinkovshtein, G.I. Organization of traffic / G.I. Klinkovshtein, M.B. Afanasyev. – M.: Transport, 2015. – 247 p.

6. GOST R 56294-2014. "Intelligent transport systems. Requirements for functional and physical architectures of intelligent transport systems". Introduction. 2015-07-01.

7. Decree of the Ministry of Transport of the Russian Federation No. AK-60-r dated March 25, 2020 "On Approval of the Methodology for evaluating and Ranking local projects in order to implement the event "Introduction of intelligent transport systems providing automation of traffic management processes in urban agglomerations, including cities with populations over 300 thousand people" within the framework of the federal project "System-wide measures for road infrastructure development" of the national project "Safe and high-quality highways", 2020.

8. Methodological recommendations for the development of applications (including local projects for the creation and modernization of intelligent transport systems) of the subjects of the Russian Federation for other inter-budgetary transfers from the federal budget to the budgets of the subjects of the Russian Federation in order to implement the event "Introduction of intelligent transport systems providing automation of traffic management processes in urban agglomerations, including cities with a population of over 300,000 people" within the framework of the federal project "System-wide measures for the development of road facilities" of the state program of the Russian Federation "Development of the Transport System" (Decree of the Ministry of Transport of the Russian Federation AK-74-r dated 03/21/2022)

DOI: 10.58168/MSTT2025_141-144
УДК 629.056

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ НАВИГАЦИОННОЙ АППАРАТУРЫ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В ИНТЕРЕСАХ ВЕДОМСТВЕННЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

Е.Д. Утенкова[1], А.С. Лукьянов[2]
[1, 2] Воронежский институт МВД России, г. Воронеж, Россия
[1] Utionkova.liza@gmail.com
[2] las92@yandex.ru

Аннотация. Анализ навигационной аппаратуры потребителей и способы применения в интересах органов внутренних дел, позволяющие эффективное применение спутниковых навигационных систем в целях осуществления сбора и мониторинга данных. Современное решение применения навигационной аппаратуры потребителей позволяет улучшить оперативность и эффективность мониторинга и управления транспортными средствами ведомственных подразделений.

Ключевые слова: навигационная аппаратура потребителей, геопозиционирование, местоположение, технологии.

PROPOSALS FOR THE USE OF CONSUMER NAVIGATION EQUIPMENT IN THE INTERESTS OF DEPARTMENTAL DEPARTMENTS

E.D. Utenkova1, A.S. Lukyanov2
[1, 2] Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia Voronezh, Russia
[1] Utionkova.liza@gmail.com
[2] las92@yandex.ru

Abstract. Analysis of consumer navigation equipment and ways of using it in the interests of law enforcement agencies, allowing the effective use of satellite navigation systems for data collection and monitoring. A modern solution for the use of consumer navigation equipment makes it possible to improve the efficiency and effectiveness of monitoring and controlling vehicles of departmental departments.

Keywords: consumer navigation equipment, geo-positioning, location, technology.

В настоящее время навигационная аппаратура, такая как GPS-навигаторы, мобильные приложения и другие геопозиционные устройства, стали неотъемлемой частью повседневной жизни людей. Они обеспечивают пользователям информацию о местоположении, маршрутах, пробках и других важных деталях для успешной навигации и возможность передачи данных в режиме реального времени для оперативного реагирования. Вместе с тем, навигационная аппаратура может быть полезной не только для повседневных задач, но и для организаций, занимающихся обеспечением безопасности и правопорядка.

Навигационная аппаратура используется в различных аспектах работы МВД России: специально оборудованные патрульные автомобили оснащены

© Утенкова Е. Д., Лукьянов А. С., 2025

GPS-навигаторами, которые помогают сотрудникам выбирать наиболее эффективные маршруты и быстро реагировать на вызовы; навигационная аппаратура позволяет оперативно отследить местоположение угнанных автомобилей или подозреваемых лиц; в случае ЧС или массовых беспорядков, система навигации помогает организовать скоординированные действия сотрудников, минимизируя время на реагирование; навигация в сочетании с видеонаблюдением позволяет более эффективно отслеживать ситуацию на улицах и в местах массового скопления людей.

В данном материале представлен анализ существующих возможностей использования навигационных устройств в органах внутренних дел. Рассмотрим наиболее эффективные способы применения навигационной аппаратуры потребителей (НАП) для повышения оперативности деятельности МВД России.

Осуществлен анализ научных публикаций и статистических данных, которые были проанализированы и обобщены для выработки рекомендаций. Результаты анализа навигационной аппаратуры потребителей представлены в таблице 1.

Таблица 1.

НАП	АРКО-ТМ1	ПНИК-Т	Навик Про	Навик Про С
Процессор	ARM7, 48 MHz	-	Ryzen7 7800X3D	I5-12400
Аналоговые и дискретные входы	до 10 шт.	до 8 шт.	до 16 шт.	до 8 шт.
Скорость передачи в канале УКВ	2400-9600 бод	1200-6800 бод	9600 бит/с	9600 бит/с
Плотность передачи	до 12 бортов/сек	до 10 бортов/сек	до 10 бортов/сек	до 10 бортов/сек
Датчик уровня топлива	0-6 В или 0-36 В, 10 бит	0-24 В	12-27 В	12-27 В
Аккумулятор	2-4 ч автономной работы	2 ч автономной работы	4,5 ч автономной работы	9,5 ч автономной работы
Диапазон рабочих температур	от -25 до +55°С	от -30 до +55°С	от -40 до +85°С	от -40 до +85°С
Габаритные размеры	181x52x140 мм	188x60x168 мм	80×90×15 мм	80×90×15 мм
Питание терминала	от 8 до 36 В	12, 24 и 27 В	12…27 В	12…27 В
Масса	не более 1 кг	750 г	300 г	100 г

Эффективное использование спутниковой навигации в борьбе с преступностью требует соблюдения ключевых характеристик этих систем: глобальности, независимости от внешних факторов, непрерывности, помехозащищенности и компактности оборудования. Благодаря тому, что система отвечает всем необходимым условиям, определение местоположения объекта, в том числе для борьбы с преступностью, возможно всегда, везде и при любой погоде. Требуемые данные к спутниковым навигационным системам обеспечивают соответствие условиям, которые приводят к получению объективной информации, а именно: высокая точность и надежность базы пространственно-временных данных достигается

благодаря автоматизированному сбору информации о метеоусловиях и рельефе местности, что минимизирует влияние человеческого фактора.

В настоящее время перечень нормативно-правовых документов, регламентирующих применение геоинформационных технологий на территории Российской Федерации достаточно широк. Представим часть из этого перечня: ФЗ РФ от 14.02.2009 № 22 «О навигационной деятельности», ФЗ РФ от 28.12.2013 № 395 «О государственной автоматизированной информационной системе «ЭРА-ГЛОНАСС», Приказ МВД России от 26.09.2009 № 737, ГОСТ Р 52457-2005, ГОСТ Р 56497-2015.

По предложениям отметим следующее:

1. Внедрение современных навигационных технологий в автомобили полиции позволит оптимизировать работу сотрудников. GPS-навигаторы помогут оперативно выбирать наиболее быстрые маршруты, обходя пробки и обеспечивая своевременное прибытие на место вызова.

2. Обучение сотрудников использованию навигационной аппаратуры: Регулярное обучение сотрудников использованию GPS-навигаторов и других геопозиционных устройств поможет им более эффективно использовать возможности такой аппаратуры в своей работе.

3. Сотрудничество с разработчиками мобильных приложений: установка специальных мобильных приложений на служебные смартфоны полиции позволит получать актуальную информацию о местоположении коллег, обновлениях в работе и прочих оперативных данных.

4. Внедрение систем геопозиционирования позволит оперативным службам МВД в режиме реального времени отслеживать передвижение служебного транспорта и оперативно координировать действия ближайших нарядов.

5. Обмен информацией о местонахождении, маршрутах и другими правоохранительными органами позволит оптимизировать совместные операции и улучшить координацию действий между ведомствами.

Представленные предложения по использованию навигационной аппаратуры в интересах МВД России позволят улучшить оперативность и эффективность полицейской деятельности. Внедрение современных технологий в работу правоохранительных органов является необходимым шагом для обеспечения безопасности и поддержания правопорядка в обществе.

Список литературы

ОСТ 31380-2009. Глобальные навигационные спутниковые системы. Аппаратура потребителей. Классификация. – Введ. 2011-10-01. – Москва : Стандартинформ, 2012. – 3 с.

нформационно-аналитические материалы по научно-исследовательской работе «Информационно-коммуникационная технология «Цифровая полиция» (в части навигационного обеспечения)», шифр: «ИКТ «Цифровая полиция» / Д.В. Дьяченко [и др.]. – Калуга : КФ ФКУ НПО «СТиС» МВД России, 2020. – 95 с.

ыкольников Я. В. Применение аппаратуры спутниковой навигации ГЛОНАСС/GPS сотрудниками органов внутренних дел и военнослужащими внутренних войск МВД России : учебное пособие / Я. В. Мыкольников, Ю. И. Базаров ; под ред. И. Б. Власова. – Москва : Полисервис, 2016. – 315 с.

References

1. GOST 31380-2009. Global navigation satellite systems. Consumer equipment. Classification. – Introduction. 2011-10-01. – Moscow : Standartinform, 2012. – 3 p .

2. Information and analytical materials on the research work "Information and communication technology "Digital police" (in terms of navigation support)", code: "ICT "Digital police" / D.V. Dyachenko [et al.]. – Kaluga: CF FKU NPO STIs of the Ministry of Internal Affairs of Russia, 2020. 95 p.

3. Mykolnikov Ya. V. The use of GLONASS/GPS satellite navigation equipment by law enforcement officers and military personnel of the internal troops of the Ministry of Internal Affairs of Russia : a textbook / Ya. V. Mykolnikov, Yu. I. Bazarov ; edited by I. B. Vlasov. Moscow : Poliservice Publ., 2016. 315 p.

DOI: 10.58168/MSTT2025_145-148
УДК 656.1/5

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ И АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

А.А. Штепа[1], Р.А. Кораблев[1], М.С. Соломатин[1]
[1] Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, г. Воронеж, Россия, alexei_shtepa@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается изменение дорожной инфраструктуры и автомобильного парка России в период с 2010 по 2023 годы, опираясь на информацию от Росстата и ФДА. Главные результаты показывают нехватку автомагистралей, устаревание автотранспорта и недостаточное использование альтернативных способов транспортировки. В связи с этим тезисно предложены меры для обновления транспортной системы страны.

Ключевые слова. дорожная инфраструктура, автомобильный транспорт, логистика, альтернативное топливо, транспортная политика.

CONTEMPORARY TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF ROAD INFRASTRUCTURE AND AUTOMOTIVE TRANSPORT IN THE RUSSIAN FEDERATION

A.A. Shtepa[1], R.A. Korablev[1], M.S. Solomatin[1]
[1] Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia, alexei_shtepa@mail.ru

Abstract. The article examines the changes in Russia's road infrastructure and vehicle fleet from 2010 to 2023, based on information from Rosstat and the Federal Highway Administration. The main results show a shortage of highways, obsolescence of motor vehicles and insufficient use of alternative modes of transportation. In this regard, measures for the renewal of the country's transportation system are proposed in thesis.

Keywords: road infrastructure, automotive transport, logistics, alternative fuels, transportation policy.

Ключевым элементом транспортной инфраструктуры и важным фактором развития социально-экономической сферы Российской Федерации является транспортная отрасль, которая создает возможности для удовлетворения постоянно растущих нужд населения в автомобильных перевозках. [2] Транспортная отрасль имеет значительное влияние на экономику страны, обеспечивая интеграцию регионов и способствуя эффективным грузовым и пассажирским перевозкам. [2, 3] Тем не менее, развитие этой области сталкивается с рядом современных вызовов, среди которых износ транспортной инфраструктуры, соблюдение экологических норм и потребность в цифровизации. Цель тезисного изложения

© Штепа А. А., Кораблев Р. А., Соломатин М. С., 2025 г.

заключается в анализе текущего состояния дорожного хозяйства и автомобильного транспорта, основанного на актуальных статистических данных, что позволит разработать меры для повышения их эффективности.

Для достижения поставленной цели исследования были использованы данные из официальных источников, таких как Федеральный закон № 257-ФЗ «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации», отчеты Росстата за период 2010-2023 годов и материалы Росавтодора. Для анализа использовались методы сравнительного анализа и статистической обработки данных, что обеспечило всесторонний подход к исследованию.

К 2023 году общая длина автомобильных дорог составила 1750 тыс. км, из которых 71,2% имеют твердое покрытие (рисунок 1). [1]

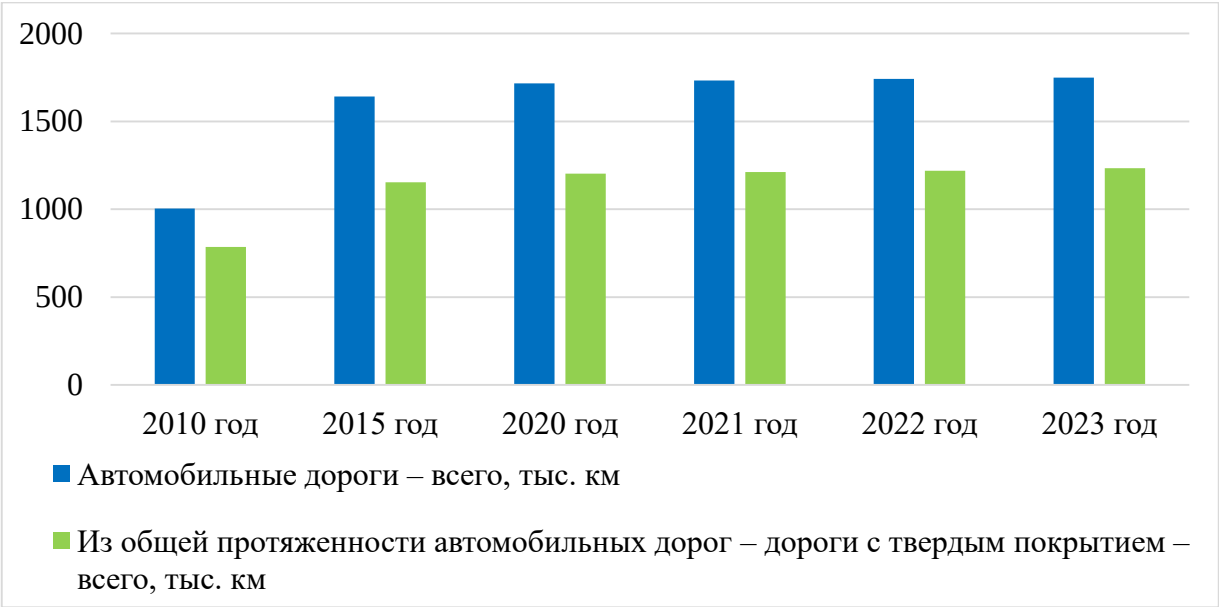


Рисунок 1 – Протяженность автомобильных дорог в Российской Федерации

Тем не менее, доля автомагистралей составляет всего 0,3%, что в целом отрицательно сказывается на скорости и эффективности как пассажирских, так и грузовых перевозок. В то же время фиксируется значительное увеличение количества автозаправочных станций, включая объекты для альтернативных топливных источников: к 2023 году было зарегистрировано 1062 электрозаправочные станции и 532 станции со сжатым газом, что свидетельствует о положительной тенденции в области экологии транспортного сектора.

Общее количество грузовых автомобилей в России возросло с 5414 тыс. в 2010 году до 6796 тыс. в 2023 году. Этот рост автопарка, безусловно, говорит о состоянии экономики и увеличении объема грузоперевозок в стране. Однако более 53% грузовиков используются более 10 лет, что повышает риск возникновения дорожно-транспортных происшествий. Старые транспортные средства часто менее надежны и склонны к частым неисправностям, что может вызвать задержки в доставке и, соответственно, привести к экономическим потерям для компаний по перевозке и потребителей (рисунок 2). [1]

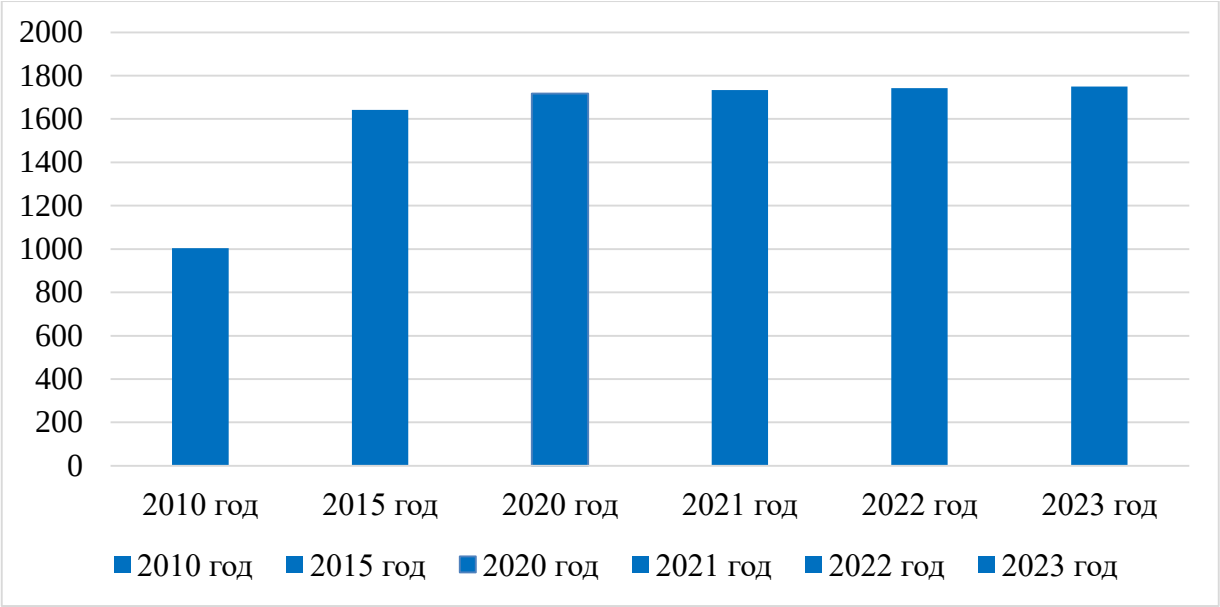


Рисунок 2 – Количество зарегистрированных автомобилей

Кроме того, устаревшие транспортные средства часто не соответствуют современным критериям экологии и безопасности, что усугубляет ситуацию с загрязнением окружающей среды. Согласно статистическим данным, автомобили, находящиеся в эксплуатации больше 10 лет, демонстрируют значительно более высокие уровни выбросов вредных веществ в воздух. Поэтому обновление автопарка с применением новых технологий, таких как альтернативное топливо и электрические автомобили, становится всё более важным. Следует подчеркнуть, что вложения в модернизацию и технологическое обновление автопарка могут не только повысить безопасность на дорогах, но и содействовать формированию более устойчивой и экологически чистой транспортной системы в России.

Доля автобусов, работающих на газомоторном топливе, значительно увеличилась – с 6% в 2015 году до 32% в 2023 году, что соответствует государственной стратегии по уменьшению выбросов углекислого газа (CO_2).

В 2023 году объем грузоперевозок составил 362,2 млрд т-км, при этом 74% грузов доставляется специализированными компаниями. Международные перевозки остаются на низком уровне, составив всего 6,1 млн тонн, что подчеркивает необходимость активизации развития трансграничной логистики.

Несмотря на прогресс, существует значительный дисбаланс между федеральными и региональными транспортными маршрутами. Небольшая доля автомагистралей (0,3%) и большая доля местных дорог (64,1%) создают трудности для межрегиональных перевозок и замедляют экономический рост. Усугубляет обстановку также старение автопарка, что подчеркивает необходимость обновления подвижного состава, особенно в области грузового транспорта.

В нынешних условиях для улучшения работы транспортной системы России требуется увеличить вложения в строительство магистралей и обновление региональных дорог, содействовать переходу на газомоторное топливо и электромобили (путем налоговых послаблений и субсидий), а также внедрить циф-

ровые решения для оптимизации логистики и повышения оперативности в перевозках. В итоге эти меры приведут к положительному социально-экономическому результату.

Список литературы

1. Транспорт в России. 2024 : статистический сборник / Федеральная служба государственной статистики (Росстат). – М. : Росстат, 2024. – 62 с.

2. Штепа, А. А. Анализ состояния и перспективы развития автодорожной сети Воронежской области / А. А. Штепа // Наука и инновации: исследование и достижения : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Пенза, 21-22 января 2019 года / Под редакцией Б.Н. Герасимова. – Пенза: Автономная некоммерческая научно-образовательная организация «Приволжский Дом знаний», 2019. – С. 75-79.

3. Штепа, А. А. Анализ и перспективы развития городского пассажирского транспорта Воронежа / А. А. Штепа // Организация и безопасность дорожного движения : материалы XI международной научно-практической конференции: в 2-х томах, Тюмень, 15 марта 2018 года. Том 2. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2018. – С. 122-126.

References

1. Transport in Russia. 2024: Statistical Compendium. Federal State Statistics Service (Rosstat). Moscow: Rosstat, 2024. 62 p.

2. Shtepa, A.A. Analysis of the Current State and Development Prospects of the Road Network in the Voronezh Region. Science and Innovations: Research and Achievements. Proceedings of the International Scientific-Practical Conference, Penza, January 21-22, 2019. Ed. by B.N. Gerasimov. Penza: Autonomous Non-Profit Scientific and Educational Organization «Privolzhsky House of Knowledge», 2019. Pp. 75-79.

3. Shtepa, A.A. Analysis and Prospects for the Development of Urban Passenger Transport in Voronezh. Organization and Safety of Road Traffic: Proceedings of the XI International Scientific-Practical Conference (2 Volumes), Tyumen, March 15, 2018. Vol. 2. Tyumen: Tyumen Industrial University, 2018. Pp. 122-126.

DOI: 10.58168/MSTT2025_149-151
УДК 656.09

МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ ДЕТСКОГО ТРАВМАТИЗМА ОТ ДТП С СИМ

А.В. Шурупова[1], И.А. Кондратенко[1], С.В. Дорохин[1], Р.Р. Жидков[1]
Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,
г. Воронеж, Россия, shurupova.a3@gmail.com

Аннотация. В статье рассматриваются основные меры по снижению детского травматизма в дорожно-транспортных происшествиях с участием средств индивидуальной мобильности (СИМ). Анализируются ключевые направления профилактики, включая обучение детей правилам безопасности, роль родителей в формировании ответственного поведения, инфраструктурные улучшения, вклад производителей СИМ и возможные законодательные инициативы.

Ключевые слова: детский травматизм, ДТП с СИМ, средства индивидуальной мобильности, безопасность детей, электросамокаты, профилактика травматизма, дорожная безопасность, защитная экипировка, инфраструктура для СИМ, законодательство о СИМ.

MEASURES TO REDUCE CHILD INJURIES FROM PMD-RELATED TRAFFIC ACCIDENTS

A.V. Shurupova[1], I.A. Kondratenko[1], S.V. Dorokhin[1], R.R. Zhidkov[1]
[1]Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, shurupova.a3@gmail.com

Abstract: The article examines key measures to reduce child injuries in road traffic accidents involving personal mobility devices (PMDs). It analyzes the main prevention strategies, including teaching children safety rules, the role of parents in fostering responsible behavior, infrastructure improvements, contributions from PMD manufacturers, and potential legislative initiatives.

Keywords: child injury rates, PMD-related traffic accidents, personal mobility devices (PMDs), children's safety, electric scooters, injury prevention, road safety, protective gear, PMD infrastructure, PMD regulations.

Детский травматизм в дорожно-транспортных происшествиях с участием средств индивидуальной мобильности (СИМ) остается серьезной проблемой современного общества. Электросамокаты, гироскутеры, моноколеса и другие устройства становятся все популярнее среди детей и подростков, однако их использование нередко приводит к травмам из-за недостаточной осведомленности о правилах безопасности. Эта проблема требует комплексного решения, объединяющего усилия родителей, педагогов, законодателей и производителей устройств. Современные исследования показывают, что традиционные методы профилактики часто оказываются малоэффективными для поколения, воспринимающего электросамокаты и гироскутеры скорее, как развлечение, чем как транспортное средство.

© Шурупова А. В., Кондратенко И. А., Дорохин С. В., Жидков Р. Р., 2025

Одним из ключевых направлений является обучение детей правилам безопасного использования СИМ. Школы и детские сады могут включать в программу уроки по основам дорожной безопасности, где особое внимание уделяется передвижению на электросамокатах и других устройствах. Важно объяснять, что кататься следует только в разрешенных местах, использовать защитную экипировку и соблюдать скоростной режим. Практические занятия с моделированием опасных ситуаций помогут детям лучше усвоить правила [1].

Не менее важна роль родителей в формировании культуры безопасного поведения. Взрослые должны не только контролировать, где и как ребенок использует СИМ, но и подавать личный пример. Покупка защитного шлема, налокотников и наколенников должна быть обязательным условием перед использованием устройства. Кроме того, родителям стоит ограничивать поездки в темное время суток и в местах с интенсивным движением транспорта.

Особую тревогу вызывает статистика: по данным ГИБДД, более 60% пострадавших детей не использовали защитную экипировку, а каждый третий случай травматизма связан с выездом на проезжую часть. При этом характер повреждений становится все более тяжелым – врачи отмечают рост черепно-мозговых травм и сложных переломов. Психологи объясняют это особенностями детского восприятия: большинство школьников младшего и среднего возраста не способны адекватно оценивать скорость и расстояние, а подростки часто переоценивают свои возможности [2].

Производители СИМ также вносят свой вклад в обеспечение безопасности. Новое поколение устройств оснащается интеллектуальными системами: автоматическими ограничителями скорости, датчиками препятствий, функциями родительского контроля. Особого внимания заслуживают "умные" шлемы с GPS-трекерами и сигнализацией падения, использование которых снижает риск тяжелых травм более чем вдвое. Параллельно развивается и городская инфраструктура – выделенные полосы для СИМ, специальные площадки с мягким покрытием, предупреждающие знаки возле школ и парков.

Однако технологические решения – лишь часть комплексного подхода. Не менее важна последовательная законодательная работа: введение возрастных ограничений, обязательное использование защиты, четкое определение мест, где можно передвигаться на СИМ. Как показывает международный опыт, наибольшего эффекта удается достичь там, где образовательные программы сочетаются с техническими инновациями и продуманной градостроительной политикой.

Органы местного самоуправления должны создавать безопасные зоны для катания, отделенные от проезжей части, а также размещать предупреждающие знаки в местах скопления детей. Улучшение освещения дорожек и установка искусственных неровностей возле школ и парков помогут снизить скорость движения как СИМ, так и автомобилей [3].

Производители средств индивидуальной мобильности могут внести свой вклад, разрабатывая устройства с ограничителями скорости, устойчивыми конструкциями и системами оповещения об опасности. Дополнительные меры, такие как встроенные фары и светоотражающие элементы, повысят видимость ребенка на дороге.

Наконец, ужесточение законодательства в отношении использования СИМ может стать дополнительным стимулом для соблюдения правил. Введение возрастных ограничений, обязательное использование защитной экипировки и штрафы за нарушения помогут дисциплинировать как детей, так и взрослых.

Снижение детского травматизма от ДТП с СИМ требует системного подхода и совместных усилий всех участников процесса. Только объединив просвещение, контроль, инфраструктурные улучшения и технологические решения, можно создать безопасную среду для подрастающего поколения.

Список литературы

1. Обучение детей безопасному поведению на дорогах как фактор повышения дорожной безопасности в РФ / Е. В. Печатнова // Личность в изменяющихся социальных условиях : сборник статей II Международной научно-практической конференции, Красноярск, 06–08 ноября 2013 года / Ответственный редактор Е.В. Гордиенко; Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева. Том 2. – Красноярск: Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева, 2013. – С. 506–509.

2. Анализ существующей ситуации и разработка предложений по организации и безопасности движения средств индивидуальной мобильности / Р. А. Кораблев, В. П. Белокуров, Э. Н. Бусарин, А. Д. Голев, А. А. Штепа // Перспективы развития, инновации и информационные технологии на транспорте : материалы Международной молодежной научно-практической конференции, Воронеж, 17-18 октября 2024 г. / отв. ред. Д. А. Жайворонок ; ВГЛТУ. – Воронеж,

3. Анализ существующей ситуации и разработка предложений по организации и безопасности движения средств индивидуальной мобильности / Э. Н. Бусарин, Р. А. Кораблев, Ю. В. Струков, В. П. Белокуров // Перспективы развития, инновации и информационные технологии на транспорте : материалы Международной молодежной научно-практической конференции, Воронеж, 17-18 октября 2024 г. / отв. ред. Д. А. Жайворонок ; ВГЛТУ. – Воронеж, 2024. – С. 59–62.

References

1. Teaching Children Road Safety as a Factor in Improving Traffic Safety in the Russian Federation / E. V. Pechatnova // Personality in Changing Social Conditions: Proceedings of the 2nd International Scientific-Practical Conference, edited by Elena V. Gordienko, vol. 2, Krasnoyarsk State Pedagogical U, 2013, pp. 506–09.

2. Analysis of current conditions and development of proposals for organizing and ensuring safety of personal mobility device traffic / R. A. Korablev, V. P. Belokurov, E. N. Busarin, A. D. Golev, A. A. Shtepa // Development Prospects, Innovations and Information Technologies in Transport: Proceedings of the International Youth Scientific-Practical Conference, edited by Dmitry A. Zhayvoronok, Voronezh, October 17-18, 2024 (pp. 204–208), Voronezh State University of Forestry and Technologies.

3. Analysis of current conditions and development of proposals for organizing and ensuring safety of personal mobility device traffic / E. N. Busarin, R. A. Korablev, Yu. V. Strukov, V. P. Belokurov // Development Prospects, Innovations and Information Technologies in Transport: Proceedings of the International Youth Scientific-Practical Conference, edited by Dmitry A. Zhayvoronok, Voronezh, October 17-18, 2024 (pp. 59-62), Voronezh State University of Forestry and Technologies.

DOI: 10.58168/MSTT2025_152-155
УДК 656.085

СТАТИСТКА И АНАЛИЗ ДТП С УЧАСТИЕМ ЖЕНЩИН-ВОДИТЕЛЕЙ

А.В. Шурупова[1], И.А. Кондратенко[1], Н.И. Злобина[1], В.А. Зеликов[1], Д.А. Жайворонок[1]
[1] Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова, г. Воронеж, Россия, shurupova.a3@gmail.com

Аннотация: В статье представлен комплексный анализ дорожно-транспортных происшествий с участием женщин-водителей на основе актуальной статистики и психофизиологических исследований. Рассматриваются ключевые особенности женского стиля вождения, распространенные причины ДТП и их последствия. Особое внимание уделено возрастной динамике аварийности, опровержению устойчивых стереотипов и современным тенденциям. Приводятся данные о влиянии психологических, социальных и биологических факторов на поведение женщин за рулем. Материал основан на официальной статистике ГИБДД, результатах нейрофизиологических исследований и данных международных исследований в области безопасности дорожного движения.

Ключевые слова: статистика ДТП, женщины-водители, безопасность дорожного движения, причины аварий, психология вождения, нейрофизиология водителей, стиль вождения, анализ аварийности, транспортная психология.

STATISTICS AND ANALYSIS OF TRAFFIC ACCIDENTS INVOLVING FEMALE DRIVERS

A.V. Shurupova[1], I.A. Kondratenko[1], N. I. Zlobina[1], V.A. Zelikov[1], D.A. Zhayvoronok[1]
[1] Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia, shurupova.a3@gmail.com

Abstract: The article presents a comprehensive analysis of road traffic accidents involving female drivers, based on current statistics and psychophysiological research. It examines key characteristics of women's driving styles, common causes of accidents, and their consequences. Special attention is given to age-related accident dynamics, debunking persistent stereotypes, and modern trends. The study provides data on the influence of psychological, social, and biological factors on women's driving behavior. The research draws on official traffic police statistics, neurophysiological studies, and international road safety research findings.

Keywords: traffic accident statistics, female drivers, gender differences, road safety, accident causes, driving psychology, driver neurophysiology, driving style, accident analysis, traffic psychology

Современная дорожная статистика представляет интересную динамику в вопросе участия женщин-водителей в дорожно-транспортных происшествиях. Несмотря на постоянный рост числа женщин за рулем, которые сегодня составляют около 38% от общего количества водителей в России, их доля в дорожно-транспортных происшествиях остается на удивление стабильной – в пределах

© Шурупова А. В., Кондратенко И. А., Злобина Н. И., Зеликов В. А., Жайворонок Д. А., 2025

15–20% от общего числа аварий. Однако эти цифры требуют более детального рассмотрения с учетом множества факторов и нюансов [1].

Психологические исследования выявили существенные различия в манере вождения между мужчинами и женщинами. Женщины в целом демонстрируют более осторожный стиль езды, реже идут на рискованные маневры, строже соблюдают скоростной режим и практически не садятся за руль в состоянии усталости или алкогольного опьянения. Однако нейрофизиологические исследования показывают, что у женщин в среднем на 10–15% ниже показатели пространственного мышления, несколько замедлена скорость принятия решений в критических ситуациях и более выражена эмоциональная реакция на стрессовые обстоятельства на дороге [2,3].

Анализ типичных причин аварий с участием женщин-водителей показывает определенную специфику. Около 23% ДТП происходят из-за неправильной оценки габаритов автомобиля, 18% – из-за ошибок при перестроении, 15% – вследствие неверного расчета дистанции. Еще 14% аварий случаются из-за отвлечения внимания, а 12% – из-за затруднений при парковке. Примечательно, что с возрастом показатели аварийности среди женщин заметно улучшаются. Если среди молодых водительниц 18–24 лет женщины становятся виновницами ДТП в 28% случаев, то в возрастной группе старше 40 лет этот показатель снижается до 9% (рис. 1).

Рисунок 1 – Анализ типичных причин аварий с участием женщин-водителей

Современные данные опровергают несколько распространенных стереотипов о женщинах за рулем. Например, миф о "женской нерешительности" не подтверждается статистикой – лишь 4% аварий происходят по этой причине. Утверждение о худшей пространственной ориентации также теряет актуальность с повсеместным использованием навигационных систем. А переход на автоматические коробки передач сделал несущественным ранее существовавшее преимущество мужчин в управлении механической трансмиссией.

Особого внимания заслуживает анализ тяжести последствий ДТП с участием женщин. Хотя они реже становятся виновницами аварий, последствия таких происшествий часто оказываются серьезнее. Это объясняется несколькими факторами: меньшим опытом действий в экстремальных дорожных ситуациях,

частым выбором компактных автомобилей с меньшей степенью пассивной безопасности, а также особенностями психофизиологической реакции в критических моментах [4].

Перспективным направлением современных исследований становится изучение влияния личностных факторов на стиль вождения женщин. Некоторые научные работы указывают на определенные изменения в манере езды в разные периоды биологических циклов, однако эти данные пока требуют дополнительных подтверждений и более тщательной проверки. В целом, анализ аварийности с участием женщин-водителей показывает сложную картину, где различные человеческие факторы тесно переплетаются с социальными и психологическими аспектами, формируя уникальный стиль вождения, который продолжает эволюционировать вместе с изменением роли женщины в современном обществе [5].

Список литературы

1. Зеликов, В. А. Экспертиза ДТП – важный этап в обеспечении безопасности дорожного движения / В. А. Зеликов, Н. И. Злобина, Г. А. Денисов // Перспективы развития, инновации и информационные технологии на транспорте : Материалы Международной молодежной научно-практической конференции, Воронеж, 17–18 октября 2024 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2024. – С. 77-80.

2. Анализ факторов, отражающих поведение водителей в сложной дорожной обстановке / В. А. Зеликов, Ю. В. Струков, Г. Н. Климова [и др.] // Воронежский научно-технический Вестник. – 2024. – Т. 3, № 3(49). – С. 41-52.

3. О стабилизации психофизиологического состояния водителя при управлении транспортным средством / Г. Н. Климова, В. А. Зеликов, Ю. В. Струков [и др.] // Наука и инновации в современном мире : Материалы Национальной научно-практической конференции, Воронеж, 22 января 2024 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2024. – С. 30-34.

4. Женщина за рулем и безопасность дорожного движения / А. В. Пашкевич // Сборник тезисов докладов научно-практической конференции студентов Курганского государственного университета : Тезисы докладов, Курган, 22 марта – 02 апреля 2021 года. Том Выпуск XXII. – Курган: Курганский государственный университет, 2021. – С. 264.

5. Гранская, Ю. В. Совладание со стрессом водителей-мужчин и водителей-женщин в ситуации дорожно-транспортного происшествия / Ю. В. Гранская, В. И. Пономарева // Психология и право. – 2022. – Т. 12, № 4. – С. 212-225.

References

1. Traffic accident investigation as a critical component of road safety enhancement / V.A .Zelikov, N. I. Zlobina, G. A. Denisov // In Development Prospects, Innovations and Information Technologies in Transport: Proceedings of the International Youth Scientific-Practical Conference, 2024 (pp. 77-80). Voronezh State University of Forestry and Technologies.

2. Analysis of factors influencing driver behavior in complex traffic situations / V. A. Zelikov, Yu. V. Strukov, G. N. Klimova, et al. // Voronezh Scientific and Technical Bulletin, 2024, 3(3), 41–52.

3. Stabilizing drivers' psychophysiological state during vehicle operation / G. N. Klimova, V. A. Zelikov, Yu. V. Strukov, et al. // In Science and Innovations in the Modern World: Proceedings of the National Scientific-Practical Conference, 2024 (pp. 30-34). Voronezh State University of Forestry and Technologies.

4. Women Behind the Wheel and Road Traffic Safety /A. V. Pashkevich // Proceedings of the Student Research Conference at Kurgan State University, vol. XXII, Kurgan State U, 2021, p. 264.

5. Coping with Stress Among Male and Female Drivers in Road Traffic Accidents / I. V. Granskaya, V. I. Vera I. Ponomareva // Psychology and Law, vol. 12, no. 4, 2022, pp. 212–25.

DOI: 10.58168/MSTT2025_156-159
УДК 656

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В МЕСТАХ ПРОИЗВОДСТВА КРАТКОСРОЧНЫХ РАБОТ

А.В. Юннинен[1], С.С. Евтюков[2]
[1, 2] Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Россия,
[1] ololoshev98@mail.ru
[2] ese-89@yandex.ru

Аннотация. Статья посвящена оценке статистики, анализу нормативно-технической документации и системы организации дорожного движения в местах производства краткосрочных работ на предмет выявления вопросов и проблем, по результатам анализа предложены пути решения выявленных проблем.

Ключевые слова: места производства краткосрочных работ, безопасность дорожного движения, стационарные дорожные работы, передвижные дорожные работы, нормативно-техническая документация по организации дорожного движения, дорожно-транспортные происшествия, тяжесть последствий, дорожные работы.

IMPROVING ROAD SAFETY IN PLACES WHERE SHORT-TERM JOBS ARE PERFORMED

A.V. Iunninen[1], S.S. Evtyukov[2]
[1, 2] Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint Petersburg, Saint Petersburg, Russia
[1] ololoshev98@mail.ru
[2] ese-89@yandex.ru

Abstract. The article is devoted to the assessment of statistics, analysis of regulatory and technical documentation and the traffic management system in places of short-term work in order to identify problems and discrepancies, based on the results of the analysis, solutions to the identified problems are proposed.

Keywords: places of short-term work, road safety, stationary road works, mobile road works, regulatory and technical documentation on traffic management, road accidents, severity of consequences, road works.

Сегодня безопасность дорожного движения в Российской Федерации остается одной из наиболее важных проблем. Ежегодно на дорогах погибает недопустимо большое количество людей разных возрастов. Кроме смертности негативными последствиями опасности на дорогах является высокий уровень травматизма всех участников движения. Такое положение дел отрицательным образом сказывается на социально-экономическую сферу жизнедеятельности общества.

© Юннинен А. В., Евтюков С. С., 2025

Снижение смертности и травматизма на дорогах является одной из наиболее приоритетных задач государства.

Самыми опасными участками на всей сети автомобильных дорог являются места производства работ. Для таких мест характерно изменение привычной схемы движения транспорта, что негативно влияет на восприятие дорожной обстановки водителями, как следствие дорожно-транспортные происшествия здесь (далее – ДТП) отличаются высокой степенью тяжести последствий. Смежным отрицательным следствием являются экономические потери и издержки, которые несут граждане и дорожно-строительные организации в результате дорожно-транспортных происшествий.

Согласно статистическим данным тенденция по количеству аварий в местах производства работ является положительной, количество ДТП составило 2115, количество смертей 390, получивших ранения 2873 человека. [1]

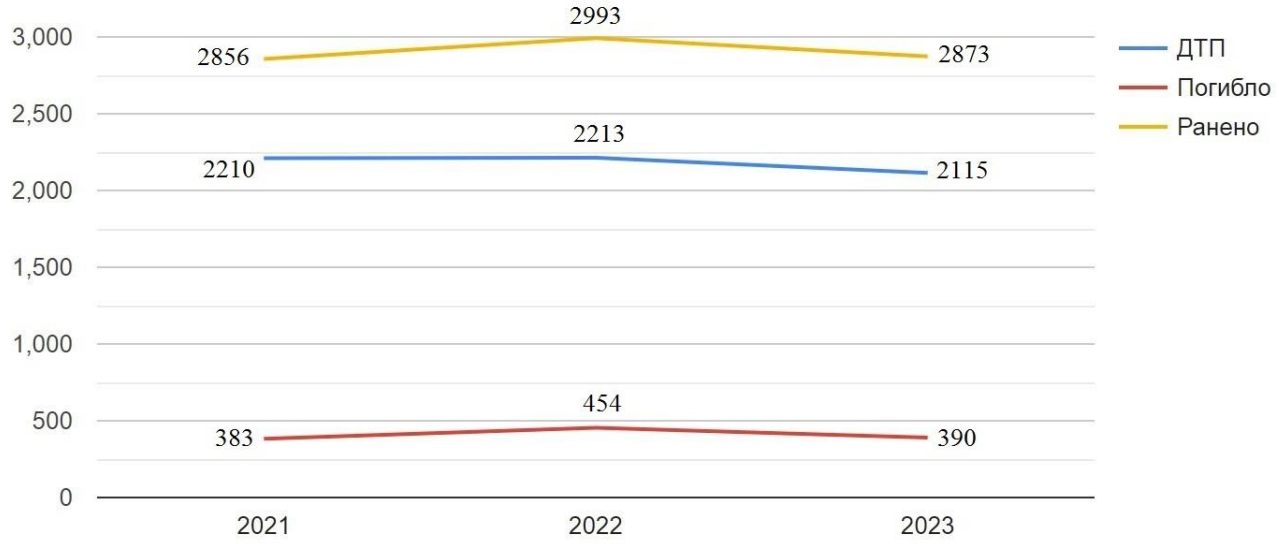


Рисунок 1 – Статистика дорожно-транспортных происшествий в местах производства краткосрочных работ

Организация движения на период производства работ принципиально разделяется на два случая: краткосрочные (до 24 часов) и долгосрочные работы (более 24 часов), для каждого варианта реализуется свой алгоритм обустройства. [2] Краткосрочные работы ввиду ограниченности времени имеют меньший арсенал применяемых технических средств организации дорожного движения, спектр средств ограничен знаками, конусами, деклинаторами, пластинами, водоналивными ограждениями, автомобилями прикрытия. Перечень мероприятий имеет значительно меньшую степень пассивной безопасности для водителей и дорожных рабочих по сравнению со средствами, применяемыми при долгосрочных работах. Краткосрочные работы дополнительно подразделяют на стационарные и передвижные, характеризующиеся наличием или отсутствием движения рабочей зоны при производстве строительно-монтажных работ и работ в составе содержания автомобильной дороги.

По результатам оценки статистических данных, ряда работ авторов, нормативно-технической документации, анализа мест проведения краткосрочных работ на сети автомобильных дорог можно выделить несколько конкретных проблем, решение которых позволит снизить аварийность и повысить безопасность дорожного движения. В общем виде проблематику можно разделить на два уровня: нормативно-техническая документация и система организации дорожного движения.

Нормативно-техническая документация по организации дорожного движения в местах производства краткосрочных работ имеет три основных документа содержащих указания по применению технических средств и мероприятий по организации дорожного движения. [3, 4, 5] Наличие более одного документа с указанием необходимых технических требований создает ряд разночтений в нормативах, а добавление “обязательного” характера при применении документа вносит дополнительную путаницу при разработке и согласовании схем организации дорожного движения. Для исключения разночтений и коллизий система нормативно-технической документации должна иметь твердую иерархическую структуру без противоречий и разногласий, для удобства допускается разделять документы в соответствии с конкретной спецификой, однако, требования между собой должны быть гармонизированы.

Для краткосрочных мест производства дорожных работ характерно использование устаревших технических средств организации дорожного движения, указанных в ГОСТах, ввиду сложности применения подрядными организациями новых технологий, внедрение в большинстве случаев ограничено заказчиком или эксплуатирующей дорожной организации. Для широкого внедрения эффективных технологий необходимо обязательное проведение сравнительного анализа по применению современных средств и устройств. Применение более эффективных средств организации дорожного движения позволит в значительной степени повысить безопасность и снизить издержки при обустройстве автомобильных дорог.

На сегодняшний день организация мест производства краткосрочны работ не проходит экспертизу на предмет оценки безопасности дорожного движения со стороны компетентного эксперта, сотрудника Госавтоинспекции и прочих заинтересованных лиц. Разработкой схем занимаются дорожно-строительные организации, не имеющие соответствующего опыта и квалификации в организации дорожного движения. В ряде других стран разработкой схем организации мест производства как долгосрочных, так и краткосрочных работ занимается отдельная специализированная организация имеющая соответствующий опыт и лицензию на выполнение данного вида работ. Привлечения сторонних квалифицированных организаций несомненно повысит стоимость производимых работ, однако, в свою очередь значительно повысит безопасность дорожного движения.

Наиболее острой проблемой является не соблюдение требований нормативно-технической документации при обустройстве мест производства работ, ввиду большой разветвлённости автомобильно-дорожной сети, этот параметр сложно контролировать. Анализ мест производства дорожных работ демонстри-

рует, что около 50% ДТП происходят в условиях нарушения требований нормативов. Среди нарушений выделяется отсутствие, либо неправильно применение технических средств организации дорожного движения. В ряде случаев снижена информированность участников дорожного движения о проводимых дорожных работах. Повышение количества проводимых профилактических, контрольных и надзорных мероприятий в отношении подрядных организаций и иных заинтересованных лиц, позволит повысить ответственность по применению нормативных требований по обустройству мест необходимыми техническими средствами организации дорожного движения.

Таким образом, с учетом изложенных проблем и решений, совершенствование нормативно-технической документации и системы организации дорожного движения позволит снизить аварийность и повысить безопасности дорожного движения в местах производства краткосрочных работ. Описанные решения в статье имеют общий характер, конкретный механизм по повышению безопасности дорожного движения в местах производства краткосрочных работ будет предложен в следующих материалах автора.

Список литературы

1. Ложкин Д. С., Калинин О. А. О повышении безопасности дорожного движения в местах производства дорожных и иных работ на автомобильных дорогах и улицах в населенных пунктах // Современная наука. 2024. № 3. С. 37–44;

2. Отраслевой дорожный методический документ «Рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах» от 12.01.2011 ОДМ 218.4.005-2010 // Официальный интернет-портал правовой информации;

3. ГОСТ Р 58350-2019. Национальный стандарт Российской Федерации. Дороги автомобильные общего пользования. Технические средства организации дорожного движения в местах производства работ. Технические требования. Правила применения // СПС «Консультант Плюс» (дата обращения: 22.11.2024).;

4. Стандарт Государственной компании «Автодор» «Ограждение мест производства дорожных работ на автомобильных дорогах государственной компании «Автодор» от 03.11.2020 СТО АВТОДОР 4.1-2014 // Официальный интернет-портал правовой информации;

References

1. Lozhkin D. S., Kalinin O. A. On improving road safety in places of production of road and other works on highways and streets in populated areas // Modern Science. 2024. No. 3. pp. 37-44;

2. The industry road methodological document "Recommendations on ensuring traffic safety on highways" dated 12.01.2011 of the ODM 218.4.005-2010 // The official Internet portal of legal information;

3. GOST R 58350-2019. The national standard of the Russian Federation. Public-use automobile roads. Technical means of organizing traffic in places of work. Technical requirements. Rules of application // SPS Consultant Plus (date of application: 11/22/2024).;

4. Standard of the State Company Avtodor "Fencing of production sites of road works on highways of the state company Avtodor" dated 11/03/2020 STO AVTODOR 4.1-2014 // The official Internet portal of legal information;

DOI: 10.58168/MSTT2025_160-165
УДК 330.115

СОВРЕМЕННЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ОПЛАТЫ ПРОЕЗДА НА МАРШРУТНОМ ПАССАЖИРСКОМ ТРАНСПОРТЕ25

Э.Н. Бусарин[1], Р.А. Кораблев[1], Е.В. Сибиряткин[1], М.С.Хрипченко[1], А.М. Бурмистров[1]
Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,
г. Воронеж, Россия, busarin.eduard@mail.ru

Аннотация. В статье проводится обзор современных технологий оплаты проезда на маршрутном пассажирском транспорте, анализируется их техническое применение, влияние на пассажиров, а также сравнение с традиционными методами оплаты (транспортными картами и наличными). Особое внимание уделяется преимуществам и недостаткам каждого метода в условиях Российских городов и экономической эффективности их внедрения для транспортных операторов и городских властей.

Ключевые слова: маршрутный пассажирский транспорт, оплата проезда, инновационные системы.

MODERN INNOVATIVE FARE PAYMENT SYSTEMS FOR ROUTE PASSENGER TRANSPORT

E.N. Busarin[1], R.A. Korablyov[1], E.V. Sibiryatkin[1], M.S. Khripchenko[1], A.M. Burmistrov[1]
[1] Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, busarin.eduard@mail.ru

Abstract. The article provides an overview of modern technologies for paying for travel on public transport, analyzes their technical application, impact on passengers, and compares them with traditional payment methods (transport cards and cash). Particular attention is paid to the advantages and disadvantages of each method in the conditions of Russian cities and the economic efficiency of their implementation for transport operators and city authorities.

Keywords: route passenger transport, fare collection, innovative systems.

Введение

Оплата проезда в общественном транспорте переживает технологическую эволюцию. На смену традиционным бумажным билетам и наличному расчету приходят цифровые решения. В России активно внедряются QR-коды, специализированные мобильные приложения и системы биометрической идентификации (распознавания лиц) для оплаты проезда.

Прежде чем перейти к инновациям, кратко рассмотрим традиционные способы оплаты проезда (наличные и транспортные карты), которые служат базой для сравнения:

© Бусарин Э. Н., Кораблев Р. А., Сибиряткин Е. В., Хрипченко М. С., Бурмистров А. М., 2025

- Наличный расчет кондуктору или водителю. Этот метод существует десятилетиями, начиная с 40-х годов XX века. Его достоинства – простота и отсутствие технологических сбоев (оплата напрямую деньгами). Однако наличный расчет требует печати бумажных билетов, создает неудобства в час пик и может приводить к очередям. Кроме того, работа с наличными влечет затраты на сбор и инкассацию средств.
- Транспортные карты (например, московская карта «Тройка»). Введенная в Москве в 2013 году, «Тройка» представляет собой безналичный электронный билет на основе бесконтактной смарт-карты. Преимущества карт – ускорение процесса оплаты, отсутствие необходимости иметь мелкие деньги, удобство льготного тарифа и возможность пополнения счета заранее. Транспортные карты повышают собираемость платы за проезд и обеспечивают прозрачность оборота средств на маршруте. В свою очередь недостатками использования транспортных карт являются обустройство необходимой инфраструктуры (валидаторы, терминалы), возможные технические сбои и сложность использования для некоторых групп населения (например, пожилых). Тем не менее, «Тройка» стала повседневным атрибутом московского пассажира и используется миллионами людей, а ее функциональность со временем расширяется (включая *виртуальную «Тройку»* в смартфоне).

Традиционные методы проверены временем, но требуют участия персонала (кондукторов, кассиров) и не всегда обеспечивают максимальное удобство или эффективность. Новые технологии оплаты нацелены на автоматизацию, ускорение процесса и повышение комфорта.

1 Материалы и методы

Рассмотрим инновационные системы оплаты. Например, оплата проезда с помощью QR-кодов. В свою очередь QR-коды стали одним из наиболее простых и гибких решений для безналичной оплаты проезда. Сущность метода оплаты состоит в размещении в транспортном средстве специальной наклейки с QR-кодом, которые пассажир сканирует своим смартфоном для оплаты. Этот подход уже применяется в ряде Российских регионов (Башкирия, Самара, Калуга, Екатеринбург и др.) в рамках пилотных проектов.

В свою очередь оплата по QR-коду удобна для тех пассажиров, которые уверенно пользуется смартфоном. Преимущество – не нужно носить с собой карту или наличные. В Екатеринбурге эксперимент показал, что молодые и продвинутые пассажиры активно подключаются к системе с первых дней. Для мотивации пассажиров власти даже вводят скидки: например, проезд при оплате через QR-код стоит 20 руб. вместо обычных 33 руб. – экономия более 30%. Такая акция позволяет ускорить освоение новой технологии пассажирами, и помогает экономить на проезде в общественном транспорте. Однако, старшему поколению или людям без смартфонов этот метод является недоступным, так как требуется надежный мобильный интернет в транспорте. Так же у оператора этот метод вызывает недоверие из-за сложности контроля оплаты и борьбы с имитацией оплаты проезда на экране телефона (показывая что-либо несчитабельное) [1].

В сравнении с традиционными методами, главное преимущество QR-оплаты – автоматизация и снижение зависимости от кондуктора или водителя-

кондуктора. Оплата проезда с помощью QR-кода через Систему быстрых платежей (СБП) в автобусе происходит сканированием пассажиром наклейки с QR-кодом своим смартфоном и совершается платеж. В финансовом плане, переход на QR и СБП снижает издержки и потенциал коррупции, повышая прозрачность, и возможность проведения анализа пассажиропотока. Однако, по надёжности традиционные методы пока выигрывают, так как QR-оплата зависит от связи и работоспособности приложения. В связи, с чем наличие резервных способов оплаты (наличные или карты) являются важным дополнением.

Следующим инновационным способом оплаты является мобильное приложение и NFC (виртуальные карты и смартфоны). Речь идет о комплексных приложениях, которые объединяют в себе виртуальную транспортную карту, платежные сервисы и дополнительные функции для пассажира (например, «Метро Москвы», «Московский транспорт», региональные приложения транспортных операторов или банковские приложения с функцией оплаты проезда). Пассажир при оплате проезда использует виртуальное приложение карты в телефоне. Для считывания используются либо NFC-чип телефона (если эмулируется карта), либо QR-код (как было рассмотрено выше).

Следует отметить, что современные транспортные приложения выполняют не только функцию оплаты, но и являются частью единой экосистемы перевозчика. В него включают привязку банковских карт, управление электронными проездными, историю поездок, расписание транспорта. Это повышает ценность приложения для пассажира, и становится личным кабинетом для всех транспортных услуг (например, участие в голосовании за новые функции и аренду самокатов). Мобильное приложение является универсальным инструментом, который улучшает пассажирский опыт, делая взаимодействие с транспортом, более цифровым и прозрачным.

Таким образом, при сравнении с традиционными методами, мобильные приложения и NFC оплата выигрывают в скорости транзакции и удобстве. Нет возни с монетами у водителя-кондуктора, что повышает надежность работы системы ВАДС и как следствие безопасность дорожного движения маршрутного пассажирского транспорта. С точки зрения транспортников, электронная оплата облегчает мониторинг пассажиропотока и сбор статистики (системы фиксируют каждую транзакцию в базе), упрощает тарифную политику (можно легко вводить новые тарифы, пересчет происходит программно). Однако, технические сбои и зависимость от электроники их главный минус [2]. Кроме того, требуется оснащение транспорта валидаторами для банковских карт/NFC, разработка и поддержка программного обеспечения.

Самой футуристической из инновационных технологий является биометрическая оплата по лицу, в Российской терминологии известная как Face Pay или просто «оплата лицом». Технология основана на распознавании лиц пассажиров камерами и автоматическом списании оплаты с привязанного счета. Для уверенного опознания система требует, чтобы хотя бы ~40% лица было открыто, распознавание работает даже с маской, если видна достаточная часть лица.

Система сравнивает лицо с базой данных пользователей, и, если находит совпадение – отправляет команду на списание средств, с привязанной карты, после чего турникет открывается. Однако несмотря на все преимущества (скорость прохода, снижение контактов и гигиена) не все готовы доверять системе (пассажир должен сдать биометрию – предоставить свои персональные данные (фото лица, связку с финансовой информацией)), несмотря на уверения в безопасности.

В сравнении с традиционными методами Face Pay радикально отличается от старых способов и устраняет любые посредники (нет ни карты, ни наличных – только образ лица) и минимизирует участие персонала. Однако цена этой инновации – значительные инвестиции в IT-инфраструктуру и вопросы к информационной безопасности. Традиционные методы выигрывают своей простотой и независимостью от высоких технологий: при отключенном электричестве или сбое сервера лицо «не оплатит» проезд, а наличные – оплатят. Поэтому в обозримом будущем биометрия не заменит полностью все методы, а станет одним из вариантов на выбор пассажира (и власти подчеркивают, что сервис добровольный).

2 Результаты и обсуждение

Таким образом каждый из рассмотренных методов QR-коды, мобильные приложения (NFC) и распознавание лиц имеет сильные и слабые стороны. К примеру, сравним их по ряду критериев в контексте Российских условий:

1. Техническая сложность и затраты на внедрение:

- *QR-коды:* Низкие затраты. Требуется минимальное оборудование (наклейки, простая IT-система для обработки платежей через СБП). Легко внедрять поэтапно. Решение доступно для небольших городов;

- *Мобильные приложения/NFC*: Средние затраты. Нужно оборудовать транспорт валидаторами, поддерживать приложение и инфраструктуру. Техническая реализация сложнее, чем у QR, но базируется на распространенных технологиях (банковские терминалы, смартфоны);

- *Распознавание лиц:* Самые высокие затраты. Требуется мощное оборудование (камеры, серверы с алгоритмами машинного зрения) и сложная интеграция с банковскими и городскими системами. Для регионов внедрение биометрии – вопрос далекого будущего из-за стоимости.

2. Удобство и скорость для пассажира:

- *QR-коды:* Относительно удобны, но требуют действий со смартфоном при каждой поездке (разблокировать телефон, открыть приложение/камеру, сканировать код). Удобство выше, чем наличные, но ниже, чем NFC/Face Pay.

- *NFC (телефон/карта):* Очень удобны. Одно движение и поездка оплачена. Скорость мгновенная (менее секунды на считывание). Если у пассажира телефон в руке, это столь же быстро, как Face Pay. Немного уступает биометрии лишь тем, что требует достать устройство.

- *Face Pay:* Максимально удобно при условии, что система распознавания сработала. Скорость высокая и не надо искать ни телефон, ни карту. Однако, есть психологический момент связанный с необходимостью правильно встать, по-

смотреть в камеру, иногда задержаться на секунду. В целом, при исправной системе скорость аналогична быстрому проходу по карте. В будущем, если камеры станут еще мощнее, возможно распознавание «на лету», без остановки.

На основе литературного анализа видно, что традиционные и инновационные системы сосуществуют, дополняя друг друга. Ни одна не лишена недостатков, но вместе они обеспечивают универсальность и выбор для пассажиров. Тенденция такова, что электронные и бесконтактные методы вытесняют наличные расчеты, однако для обеспечения надежности и доступности сохраняется многовариантность способов оплаты.

Внедрение современных систем оплаты проезда несет значимый экономический эффект для транспортных операторов и городов связанные с снижением операционных расходов (автоматизация позволяет экономить на фонде оплаты труда, печати билетов, увеличении собираемости платы за проезд), что напрямую повышает доходы перевозчика.

Быстрота обслуживания пассажиров позволяет уменьшить время задержки транспорта на остановках и ускоряет оборот подвижного состава. Это позволяет перевозить больше пассажиров тем же числом автобусов, повышая эффективность. Кроме того, удобство оплаты привлекает больше людей воспользоваться общественным транспортом.

Электронные системы обеспечивают четкий учет каждой поездки. Это снижает коррупционные риски и повышает налоговые поступления, так как теневой оборот наличности сведен к минимуму. Использование цифровых систем легко интегрируются с маркетинговыми кампаниями (предоставление скидки, акция кэшбэка). В результате все стороны транспортного процесса выигрывают: банк увеличивает безналичный оборот, город внедрение инноваций, пассажир экономию.

Использование инновационных систем оплаты проезда хорошо вписываются в концепцию «Умного города» (Smart City) и дают данные для анализа – транспортных корреспонденций. Которые являются основой для транспортного планирования города и позволяют оптимизировать маршруты, графики, запускать новые линии там, где фиксируется спрос. В долгосрочной перспективе это повышает эффективность транспортной сети и комфорт жизни горожан, а также улучшает экологическую обстановку (опять же, за счет привлечения людей в общественный транспорт). Экономическая эффективность выражается не только прямой выгодой перевозчика, но и косвенным эффектом (меньше заторов, меньше время в пути, выше экономическая активность, привлекательность города, и т.д.

Заключение

Российский общественный транспорт находится на пути цифровой трансформации, где современные технологии оплаты проезда играют ключевую роль. QR-коды предлагают простой и дешевый способ безналичной оплаты с помощью смартфона, мобильные приложения и бесконтактные платежи (NFC) – повышают удобство и интегрируют проезд с другими цифровыми сервисами, а системы распознавания лиц воплощают передовой подход к полностью бесконтактному и быстрому проходу через транспортные терминалы.

Сравнительный анализ показывает, что новые методы уверенно вытесняют традиционные там, где это оправдано, но традиционные способы (наличные, транспортные карты) пока сохраняют свое место, обеспечивая универсальность и резерв на случай сбоев. В современных Российских условиях оптимальной стратегией является сочетание различных систем оплаты: это дает пассажиру выбор, повышает надежность всей системы и позволяет аккумулировать преимущества каждого метода (скорость, удобство, безопасность, для охвата всех групп населения).

Экономически инновации в оплате проезда выгодны так как сокращают издержки, повышают выручку и создают основу для дальнейшей модернизации городской транспортной инфраструктуры. Конечно, внедрение новых технологий требует тщательного планирования и важно учитывать кибербезопасность, защищать данные пассажиров и обеспечивать плавный переход, не отпугивая людей излишними сложностями.

Опыт использования NFC-платежей и запуск Face Pay демонстрирует, что при грамотном подходе и информировании населения инновационные системы оплаты проезда могут стать массовыми. Уже сейчас ежедневно десятки тысяч поездок совершаются с помощью QR-кодов и биометрии, а цифровые продажи билетов в ряде городов бьют рекорды. В перспективе ближайших лет можно ожидать, что оплата проезда станет почти полностью бесконтактной и автоматизированной (турникеты будут узнавать нас в лицо или по смартфону, а мы – просто заходить в автобус или метро без задержки). Но даже тогда, вероятно, останется возможность заплатить «по старинке» монетой или карточкой, чтобы система была дружелюбна и доступна для всех без исключения.

Список литературы

1. Развитие интегрированной системы управления и организации дорожного движения в едином информационном пространстве современного города Бусарина А.Э., Зеликова Н.В., Бусарин Э.Н., Казачек М.Н., Черников Э.А. В сборнике: Перспективы развития технологий транспортных процессов. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Отв. редактор В.А. Зеликов. Воронеж, 2022. С. 91-97.

2. К вопросу формирования единой автоматизированной транспортной системы города Бусарин Э.Н., Ломакин П.В., Зиновьева П.А., Посыльная Е.Ю. В сборнике: Актуальные проблемы науки и образования на современном этапе. Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 41-44.

References

1. Development of an integrated system of traffic management and organization in a single information space of a modern city Busarina A.E., Zelikova N.V., Busarin E.N., Kazachek M.N., Chernikov E.A. In the collection: Prospects for the development of transport process technologies. Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference. Responsible. editor V.A. Zelikov. Voronezh, 2022. Pp. 91-97.

2. On the issue of forming a unified automated transport system of the city Busarin E.N., Lomakin P.V., Zinovieva P.A., Posylnaya E.Yu. In the collection: Actual problems of science and education at the present stage. Collection of articles of the All-Russian scientific and practical conference. 2019. Pp. 41-44.

DOI: 10.58168/MSTT2025_166-170
УДК 621.793.74:621.791.927.55

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МОДЕРНИЗАЦИИ МАШИН ДЛЯ СТРУЙНОЙ ЦЕМЕНТАЦИИ ГРУНТОВ

Э.Ю. Давыдова [1], А.Е. Пушкарев [2]
[1, 2] Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Санкт-Петербург, Россия
[1] lady.eleanora@mail.ru
[2] pushkarev-agn@mail.ru

Аннотация. Метод гидроструйной цементации (ГСЦ) применяется для упрочнения неустойчивых грунтов. Качество работ напрямую зависит от параметров машин, формирующих цементирующую струю. Необходим научный подход к обоснованию характеристик оборудования и режимов ГСЦ. Использование аналитических методов позволяет оценить технический уровень машин и создать базу для проектирования техники нового поколения с повышенной эффективностью.

Статья публикуется по результатам проведения научно-исследовательской работы, проводимой в рамках конкурса грантов на выполнение научно-исследовательских работ обучающимися СПбГАСУ (ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет») в 2025 году.

Ключевые слова: гидроструйная цементация, технический уровень, оценка оборудования, алгоритм сравнения, безэкспертный метод, повышение эффективности.

JUSTIFICATION OF PARAMETERS OF MODERNIZATIOM OF MACHINES FOR JET GROUTING OF SOILS

E.Y. Davydova[1], A.E. Pushkarev[2]
[1, 2]Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering,
Saint-Petersburg, Russia
[1] lady.eleanora@mail.ru
[2] pushkarev-agn@mail.ru

Abstract. The hydro-jet grouting (HJC) method is used for strengthening unstable soils. The quality of work directly depends on the parameters of the machines that form the cementing jet. Scientific approach to justification of equipment characteristics and HCC modes is necessary. The use of expert and analytical methods allows estimating the technical level of machines. This creates a basis for designing new generation machines with increased efficiency.

The article is published based on the results of the research work carried out within the framework of the contest of grants for the performance of research work by students of SPbGASU (FGBOU VO "St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering") in 2025.

Keywords: Hydrojet grouting, technical level, equipment evaluation, comparison algorithm, expert-free method, efficiency improvement.

Гидроструйная цементация (ГСЦ) представляет собой эффективный метод

© Давыдова Э. Ю., Пушкарев А. Е., 2025

упрочнения неустойчивых грунтов за счёт разрушения массива высокоскоростной струёй водоцементного раствора и одновременного его замещения. Для объективной оценки оборудования необходимо выделение ключевых параметров, характеризующих его производительность, универсальность, надёжность и адаптацию к различным условиям эксплуатации.

В качестве методики использовался широко известный комплексный метод оценки технического уровня на основе средневзвешенного арифметического показателя. Принципиальный подход в оценке технического уровня основан на сравнении значений соответствующих показателей лучших мировых аналогов, учете значимости каждого показателя в условиях эксплуатации, определении комплексного показателя технического уровня (КПТУ) и принятии заключения о соответствии продукции современному мировому техническому уровню.

Анализ современного рынка оборудования для гидроструйной цементации (ГСЦ) позволил выделить 15 ключевых параметров, определяющих технический уровень машин. К наиболее значимым характеристикам относятся:

- ширина типоразмерного ряда буровых установок (по мощности N), кВт;
- наполненность типоразмерного ряда n моделями буровых установок;
- давление водоцементного раствора, бар;
- крутящий момент, реализуемый при бурении, max, Н*м;
- давление воздуха, бар;
- расход водоцементного раствора, л/мин;
- диаметр возводимой колонны, (single fluid), м;
- диаметр возводимой колонны, (double fluid), м;
- мощность водоцементного насоса, кВт;
- давление водоцементного насоса (max), бар;
- подача водоцементного насоса (max), л/мин;
- ширина типоразмерного ряда водоцементных насосов (по давлению);
- наполненность типоразмерного ряда водоцементных насосов;
- производительность смесителей по цементу, м3/час;
- наполненность ряда по диаметрам технологического инструмента, n моделей.

Оценка результативности модернизации машин для гидроструйной цементации (ГСЦ) основана на комплексном подходе к определению их технического уровня. Для этого используются как экспертные, так и безэкспертные методы анализа, позволяющие объективно сравнивать существующие и модернизированные модели оборудования.

Экспертный метод подвержен субъективности и не всегда позволяет точно определить направления для технического улучшения машины. Поэтому для устранения субъективного влияния будет использован безэкспертный подход, реализованный в виде алгоритма посредством использования специального программного обеспечения. Преимуществом данного подхода заключается в том, что разработанная программа последовательно анализирует различные комбина-

ции параметров с учётом всех возможных распределений приоритетов. В алгоритме производится нормализация параметров, генерация множества вероятностных распределений значимости и оценка эффективности действия каждой машины на основе заданных критериев. На выходе формируется рейтинг машин, при этом устанавливаются зависимости между отдельными параметрами и итоговым показателем технического уровня [4].

К анализу представлены установки ГСЦ 6 компаний-производителей. Оценка эффективности отдельно взятой машины проводится по 9 ключевым параметрам [2], среди которых ширина ряда по мощности (К1), наполненность ряда (К2, К5), максимальная глубина бурения (К3), ширина ряда по диаметрам (К4), давление раствора (К6), ширина ряда по крутящему моменту (К7), наполненность ряда (насос) (К8) и производительность (К9).

В таблице 1.1 представлены технические характеристики всех 6 машин согласно официальным источникам.

Таблица 1 – Технические характеристики машин ГСЦ

Обозначение	Ширина ряда по мощности, кВт (К1)	Наполненность ряда, шт (К2)	Максимальная глубина бурения, м (К3)	Ширина ряда по диаметрам, мм (К4)	Наполненность ряда, шт (К5)	Давление раствора, бар (К6)	Ширина ряда по крутящему моменту, Нм (К7)	Наполненность ряда (насос), шт (К8)	Производительность, м3/час (К9)
А	194	8	68	114	5	600	20000	5	30
Б	205	8	55	127	5	600	36590	5	30
В	570	8	82	114,3	5	600	39000	1	40
Г	129	6	200	305	7	250	17000	1	40
Д	227	14	390	260	14	39	46150	10	35
Е	117	11	300	300	11	200	11000	4	90

Обработка массива технических параметров показала, что в большинстве случаев машина «Д» имеет наивысший технический уровень (157202 положительных итогов) и является эталонным показателем.

При этом имеются два конкурента – машины «Е» и «В» – (70744 и 58432 положительных итогов). Их плотность результатов расчета велика, что говорит о высоком уровне конкуренции в этой группе техники.

Ключевым параметром является ширина ряда по мощности (К1).

В целях повышения эффективности машины «В» были внесены изменения в один из рабочих параметров – К1, влияющий на диаметр и однородность колонны, глубину обработки грунта и расход цементного раствора. В рассматриваемом случае увеличение данного показателя способствует повышению эффективности машины. Результаты выполнения расчетов показаны на рисунке 1.

Рисунок 1 – Результаты проведения расчетов путем применения алгоритма оценки технического уровня техники ГСЦ с учетом внесения изменений в некоторые параметры машин

Анализ диаграммы показывает, что в условиях установленной системы ограничений и при прочих равных параметрах изменение одного из эксплуатационных показателей машины может привести к перераспределению позиций в иерархии исследуемых образцов техники, а в отдельных случаях – к выделению соответствующего образца в качестве эталонного. Выявленная зависимость подтверждает обоснованность предложенного алгоритма оценки технического уровня машин, в частности установок ГСЦ, и определяет перспективные направления их дальнейшего совершенствования.

Таким образом, проведённое исследование продемонстрировало эффективность предложенного алгоритма оценки технического уровня оборудования для гидроструйной цементации. Установленная зависимость между отдельными характеристиками и итоговым рейтингом машин свидетельствует о возможности целенаправленного улучшения их технического уровня. Полученные результаты могут быть использованы как для обоснования проектных решений, так и для формирования стратегии технического развития отрасли. Алгоритм также открывает перспективы автоматизированного подбора оборудования под конкретные условия эксплуатации.

Список литературы

1. Головин К.А. К вопросу о разработке быстротвердеющих смесей для гидроструйной цементации плоскостных сооружений / К.А. Головин, Р.А. Ковалев, А.С. Киреева // Вестник науки и образования. – 2019. – № 3 (57). – С. 30–33.

2. Мейке, У.Н. Методы прогнозирования и оценки технического уровня наземных транспортно-технологических машин / У.Н. Мейке // Сборник научных трудов молодых учёных Кафедры наземных транспортно-технологических машин – Санкт-Петербург : Петрополис, 2017. – Вып. без номера. – С. 85–97.

3. Склярова А.А., Пушкарев А.Е. Научно обоснованный подход к оценке технического уровня машин ГНБ в заданной системе ограничений // Строительные и дорожные машины. – 2023. – № 8. – С.25–31.

4. Склярова А.А., Пушкарев А.Е. Обоснование параметров взаимодействия технологического инструмента машины горизонтально направленного бурения с рабочей средой : специальность 2.5.11 «Наземные транспортно-технологические средства и комплексы» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Склярова Анастасия Алексеевна ; Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург, 2024. – 158 с.

5. Терентьев А. В., Беляев А. И., Абросимова А. А., Шиманова А. А. Технология производства и восстановления наземных транспортно-технологических машин : учеб. пособие / А. В. Терентьев, А. И. Беляев, А. А. Абросимова, А. А. Шиманова. – Санкт-Петербург : Петрополис, 2022. – 168 с.

References

1. Golovin, K.A. Towards the development of quick-hardening mixtures for hydro-jet grouting of planar structures / K.A. Golovin, R.A. Kovalev, A.S. Kireeva // Bulletin of Science and Education. – 2019. – № 3 (57). – С. 30–33.

2. Meike, U.N. Methods of forecasting and evaluation of the technical level of land transport-technological machines / U.N. Meike // Collection of scientific papers of young scientists of the Department of land transport-technological machines - Saint-Petersburg : Petropolis, 2017. – Vyp. unnumbered. – С. 85–97.

3. Sklyarova, A.A.; Pushkarev, A.E. Scientifically grounded approach to the evaluation of the technical level of the HDD machines in a given system of constraints // Stroitelnye i rozhnye mashiny // Construction and road machines. – 2023. – № 8. – С.25–31.

4. Sklyarova A.A., Pushkarev A.E. Justification of parameters of interaction of the technological tool of the machine of horizontally directed drilling with the working environment : speciality 2.5.11 "Land transport-technological means and complexes" : thesis for the degree of Candidate of Technical Sciences / Sklyarova Anastasia Alekseevna ; Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. – Saint-Petersburg, 2024. – 158 с.

5. Terentyev, A. A. Terentyev A. V., Belyaev A. I., Abrosimova A. A., Shimanova A. A. Technology of production and restoration of land transport and technological machines : textbook / A. V. Terentyev, A. I. Belyaev, A. A. Abrosimova, A. A. Shimanova. – Saint-Petersburg : Petropolis, 2022. – 168 с.

DOI: 10.58168/MSTT2025_171-184
УДК 656.015

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЗАДЕРЖЕК ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА ПЕРЕД ОСТАНОВОЧНЫМ ПУНКТОМ ТРАМВАЯ С ПОСАДКОЙ С ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ

Д.В. Капский[1], Н.А. Филиппова[2], О. Н. Ларин[3], А.А. Кустенко[4]
[1, 4] Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь
[1] d.kapsky@gmail.com
[2] Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет г. Москва, Россия, umen@bk.ru
[3] Российский Университет Транспорта, г.Москва, Россия, larin_on@mail.ru
[4] alexk1981@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены различные сценарии взаимодействия трамвая и автомобильного транспорта в зависимости от времени прибытия трамвая относительно сигналов светофора. Предложенная модель учитывает такие факторы, как интенсивность транспортного потока, время цикла светофора, расстояние между остановочным пунктом и светофором, а также время простоя трамвая на остановке.

Ключевые слова: транспортный поток, задержки, остановочный пункт трамвая, светофорное регулирование, интенсивность движения, моделирование транспортных потоков, городская мобильность, оптимизация движения.

METHODOLOGY FOR CALCULATING TRAFFIC FLOW DELAYS AT A TRAM STOP WITH BOARDING FROM THE ROADWAY

D.V. Kapsky[1], N.A. Filippova[2], O.N. Larin[3], A.A. Kustenko[4]
[1, 4] Belarusian National Technical University, Minsk, Republic of Belarus
[1] d.kapsky@gmail.com
[2] Moscow Automobile and Road Construction State Technical University, Moscow, Russia, umen@bk.ru
[3] Russian University of Transport, Moscow, Russia, larin_on@mail.ru
[4] alexk1981@mail.ru

Abstract. The article examines various scenarios of interaction between tram and automobile transport depending on the tram's arrival time relative to traffic light signals. The proposed model takes into account such factors as traffic flow intensity, traffic light cycle time, the distance between the tram stop and the traffic light, as well as the tram's dwell time at the stop.

Keywords: traffic flow, delays, tram stop, traffic light control, traffic intensity, traffic flow modeling, urban mobility, traffic optimization

Введение

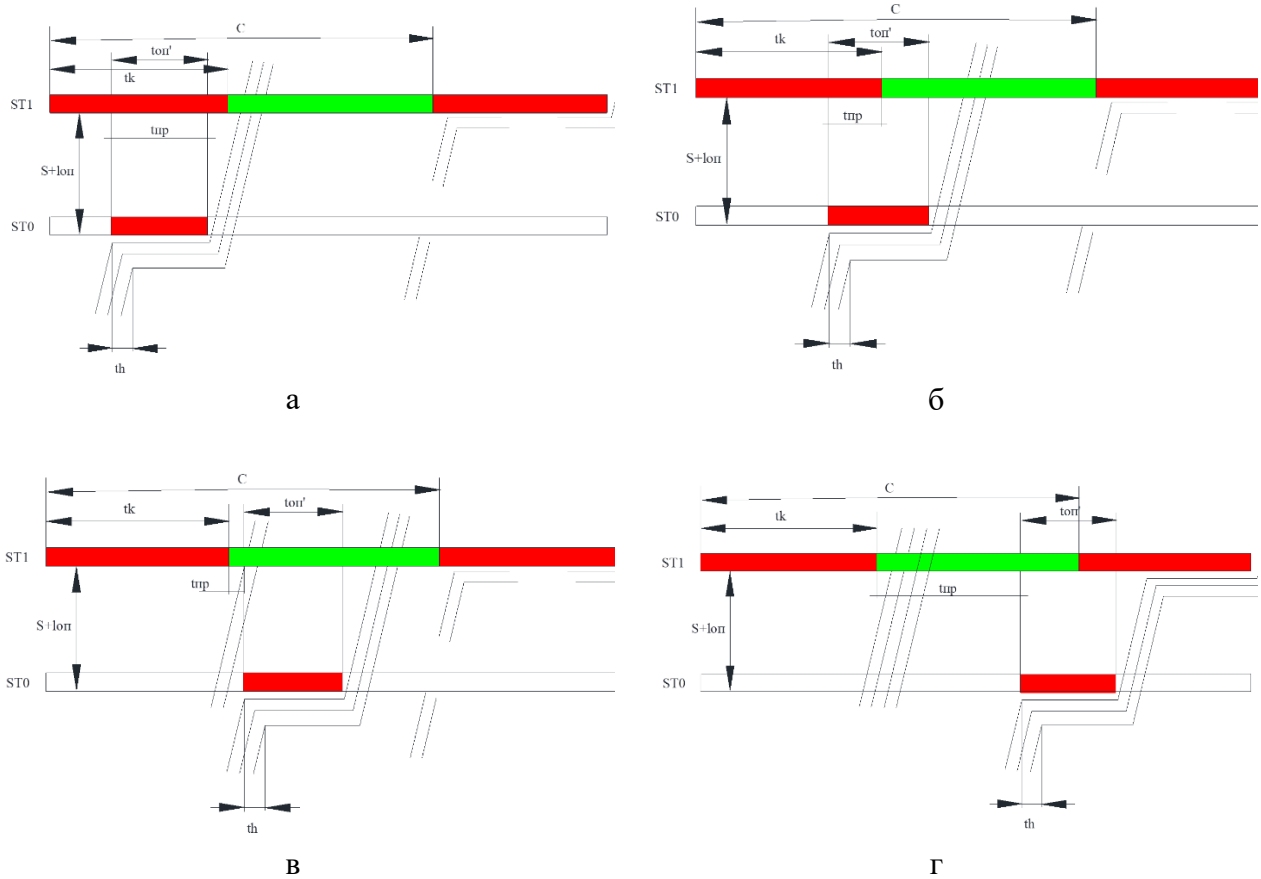
Целью данной работы является разработка методики расчета задержек транспортного потока перед остановочным пунктом трамвая с посадкой с проезжей части (ОППЧ), учитывающей различные сценарии взаимодействия трамвая

© Капский Д. В., Филиппова Н. А., Ларин О. Н., Кустенко А. А., 2025

и автомобилей в зависимости от времени прибытия трамвая относительно сигналов светофора. Предложенная модель позволяет оценить влияние остановочного пункта на задержки транспортного потока и может быть использована для оптимизации работы светофоров и улучшения транспортной ситуации в городе.

В статье рассмотрены различные варианты расположения остановочного пункта относительно перекрестка, а также проведены экспериментальные исследования на реальных остановочных пунктах для подтверждения адекватности модели. Результаты работы могут быть полезны для транспортных инженеров и городских планировщиков, занимающихся оптимизацией транспортных потоков.

При расположении остановочного пункта перед перекрестком



ST0 – стоп-линия образованная остановкой трамвая на ОППЧ; ST1 – стоп-линия у СФО; C – продолжительность светофорного цикла, с; $t_{оп'}$ – продолжительность существования условной стоп-линии в ОППЧ, с; $t_{пр}$ – время прибытия трамвая относительно светофорного цикла, с; t_k – продолжительность запрещающего сигнала светофора, с; t_z – продолжительность разрешающего сигнала светофора, с; S – расстояние между стоп-линиями, м; $l_{оп}$ – длина ОППЧ,м; t_h – время движения с потоком насыщения, с.

Рисунок 1 – Структура цикла СФО и условной стоп-линии у ОППЧ перед СФО

При данном расположении остановочного пункта возможно 4 различных вариантов развития событий в зависимости от времени прибытия трамвая относительно включения зеленого сигнала светофора:

I – В этом случае задержка автомобилей на первой условной стоп-линии происходит во время горения красного сигнала светофора и, следовательно, не оказывают влияния на задержку у последующего светофорного объекта (все автомобили проходят СФО после выключения условной стоп-линии ST0) (Рисунок 1.а).

$$\textit{Условие}:\ t_{пр} + t'_{оп} < 0 \qquad (1)$$

$$\textit{Результат}:\ t_з = 0,\ \text{с} \qquad (2)$$

II – Время существования условной стоп-линии у остановочного пункта частично совпадает со временем горения зеленого сигнала светофора и все автомобили проходят СФО после выключения условной стоп-линии ST0 (Рисунок1.б).

В этом случае трамвай прибывая на ОППЧ на запрещающий сигнал светофора образует условную стоп-линию (ST0), которая частично остается «включенной» на разрешающий сигнал светофора, тем самым продлевая запрещающий сигнал, для транспортных средств, оказавшихся перед или в зане ОППЧ. При этом оставшееся время размещающего сигнала светофора позволит всем накопившимся транспортным средствам (т/с) проехать регулируемый объект в данном цикле. Таким образом ST0 задержит только транспортные средства, приехавшие к стоп-линии перед светофорным объектом (ST1) и попавшие в зону ОППЧ. Данное положение достигается при соблюдении следующего условия:

$$t_{пр} < 0 \ \text{ и } \ t_{пр} + t'_{оп} \geq 0 \qquad (3)$$

И условие, при соблюдении которого все т/с проедут регулируемый объект в данном цикле:

$$t_z - t_{пр} - t'_{оп} \geq t_{p2} + t_{оа} \qquad (4)$$

где t_{p2} – время рассасывания очереди, накопившейся во время горения запрещающего сигнала светофора и существования условной стоп-линии у ОППЧ при соблюдении условия (3), с.

$$t_{p2} = \frac{((t_k + t_{пр} + t'_{оп}) \cdot q - n_{дс}) \cdot K_o}{q_h},\ \text{с} \qquad (5)$$

где

K_0 – коэффициент приращения очереди: $K_o = \dfrac{q_h}{q_h - q}$;

q – интенсивность транспортного потока, авт./с;

q_h – поток насыщения, авт./с;

t_{oa} – время на движение транспортного потока между началом ОППЧ и ST1, с.

$$t_{oa} = \frac{S \cdot a + V^2}{V \cdot a}, \text{ с} \quad (6)$$

где S – расстояние между началом ОППЧ и ST1, м;

a – ускорение транспортного потока, м/с^2;

V – техническая скорость движения транспортного потока на данном участке, м/с;

$n_{дс}$ – количество транспортных средств прибывших к ST1 на запрещающий сигнал светофора и находящихся за зоной ОППЧ, ед.

При этом устанавливается ограничение, что т/с должно быть не более чем реально, в соответствии с интенсивностью движения способно проехать за время существования ST1.

$$n_{дс} = \frac{S}{l_д} \le n_к, \text{ ед} \quad (7)$$

где $l_д$ – динамический габарит между стоящими в очереди транспортными средствами, $l_д$ =6м;

n_k – количество т/с подъезжающих к ST1 за время ее существования:

$$n_к = t_k \cdot q \cdot K_o, \text{ с} \quad (8)$$

$$t_к = (1-\lambda) \cdot C, \text{ с} \quad (9)$$

В результате время задержки т/с по причине образования ST0 составит:

$$t_з = \left(t_{пр} + t'_{оп}\right) \cdot \left(n_k + n'_{оп} - n_{дс}\right), \text{ с} \quad (10)$$

где $n'_{оп}$ – количество т/с прибывающих к ST0 за время ее существования на разрешающий сигнал СФО при соблюдении условия, с;

$$n'_{оп} = \frac{(t_{пр} + t'_{оп}) \cdot q}{2}, \text{ ед.} \quad (11)$$

III – Время существования условной стоп-линии у остановочного пункта частично совпадает со временем горения зеленого сигнала светофора и часть автомобилей не успевают пройти СФО в данном светофорном цикле.

В данном случае не все т/с успевают проехать СФО за время разрешающего сигнала и часть из них остается на второй цикл:

$$t_z - t_{пр} - t'_{оп} \le t_{р2} + t_{оа} \qquad (12)$$

В результате время задержки примет вид:

$$t_з = \left(t_{пр} + t'_{оп}\right) \cdot \left(n_k + n'_{оп} - n_{дс}\right) + n_{ост} \cdot t_k \text{, с} \qquad (13)$$

где $n_{ост}$ – количество т/с оставшихся на второй цикл для данных условий (12), с;

$$n_{ост} = n - n_{пр} - n_{дс} \ge 0 \text{, ед.} \qquad (14)$$

где $n_{пр}$ – количество т/с прошедшие СФО в данном цикле, с;

$$n_{пр} = (t_z - t_{пр} - t'_{оп} - t_{оа}) \cdot q_h \text{, ед.} \qquad (15)$$

n – количество т/с в светофорном цикле*:*

$$n = C \cdot q \text{, ед.} \qquad (16)$$

В данном случае все т/с после «выключения» ST0 двигаются с интенсивностью потока насыщения, при этом движение т/с начинается с начала зоны остановочного пункта, что увеличивает время на проезд СФО на время движения от начала ОППЧ до ST1 ($t_{оа}$).

Максимальное значение задержек достигается, когда время прибытия трамвая к остановочному пункту совпадает со временем включения зеленого сигнала светофора. При этом наибольшие задержки приходятся на т/с оставшиеся на второй цикл.

IV – Время существования условной стоп-линии у остановочного пункта полностью совпадает со временем горения зеленого сигнала светофора и часть автомобилей успевают пройти до ее «включения» и остается время на движение транспортного потока после ее «выключения», при этом все накопившиеся автомобили успевают проехать в данном светофорном цикле (Рис.1.в).

В данном случает соблюдается следующее условия, когда время «включения» и «выключения» ST0 приходится на время горения разрешающего сигнала СФО:

$$t_{пр} > 0 \text{ и } t_z - t_{пр} - t'_{оп} > 0 \qquad (17)$$

И условие, при соблюдении которого все т/с проедут регулируемый объект в данном цикле:

$$t_z - t'_{оп} - t_{пр} \geq t_{pIV} \qquad (18)$$

где t_{pIV} – время рассасывания очереди, накопившейся во время горения запрещающего сигнала светофора и существования условной стоп-линии у ОППЧ при соблюдении условия (17), с.

$$t_{pIV} = \frac{(n_{дко} + n_{оп}) \cdot K_o}{q_h} \geq 0 \text{, с} \qquad (19)$$

где $n_{дко}$ – количество транспортных средств, оставшихся перед ST0 во время ее включения:

$$n_{дко} = (t_k + t_{пр}) \cdot q \cdot K_o - n_{до} - n_{дк} \geq 0 \text{, с} \qquad (20)$$

$n_{дк}$ – количество транспортных средств, прошедших через ST1 во время работы ST0:

$$n_{дк} = \frac{S + l_{оп}}{l_д} \leq \frac{l_{оч}}{l_д} \text{, авт.} \qquad (21)$$

где $l_{оп}$ – длина остановочного пункта трамвая, $l_{оп}$=30м;

при $t_{оа} \geq C$, $n_{дк} = 0$

$l_{оч}$ – протяженность очереди транспортных средств на ST1 в момент включения ST0:

$$l_{оч} = (t_к + t_{пр}) \cdot q \cdot l_д \cdot \left(1 - \frac{t_{пр}}{t_р}\right) \geq 0 \text{, м} \qquad (22)$$

$n_{до}$ – количество транспортных средств, прошедших через ST1 до включения ST0:

$$n_{до} = t_{пр} \cdot q_{до} < n \text{, авт.} \qquad (23)$$

где $q_{до}$ – интенсивность движения транспортных средств до включения ST0:

$$q_{до} = \frac{t_1 \cdot q + t_2 \cdot q_h}{t_{пр}} \text{, а/с} \qquad (24)$$

где t_1 – доля свободного времени на движение через ST1:

$$t_1 = t_{пр} - t_p \geq 0 \text{,с} \tag{25}$$

где t_p – время рассасывания очереди, накопившейся во время горения запрещающего сигнала СФО:

$$t_p = \frac{C \cdot (1-\lambda) \cdot q \cdot K_o}{q_h} \tag{26}$$

t_2 – доля времени на движение транспортных средств с интенсивностью потока насыщения: $t_2 = t_{пр} - t_1$,с

$n_{оп}$ – количество т/с прибывающих к ST0 за время ее существования на разрешающий сигнал СФО при соблюдении условия (3.4), с;

$$n_{оп} = \frac{t'_{оп} \cdot q}{2} \text{, ед.} \tag{27}$$

В результате время задержки примет вид:

$$t_з = (n_{дко} + n_{оп}) \cdot t'_{оп} \text{, с} \tag{28}$$

В данном случае наблюдается искусственное увеличение продолжительности запрещающего сигнала СФО за счет образования стоп-линии перед ОППЧ. Время существования ST0 полностью совпадает с временем простоя трамвая на ОП ($t_{оп}$’) и т/с проходят через ST1 до «включения» ST0 и после ее «выключения». В тоже время оставшееся время разрешенного сигнала СФО позволяет полностью пропустить все т/с через СФО.

V – Время существования условной стоп-линии у остановочного пункта полностью совпадает со временем горения зеленого сигнала светофора и часть автомобилей успевают пройти до ее «включения» и остается время на движение транспортного потока после ее «выключения», при этом накопившиеся автомобили не успевают проехать в данном светофорном цикле.

Условие, указывающее, что не все т/с проедут регулируемый объект в данном цикле:

$$t_z - t'_{оп} - t_{пр} \leq t_{pIV} \tag{29}$$

В результате время задержки примет вид:

$$t_з = (n_{дко} + n_{оп}) \cdot t'_{оп} + n'_{ост} \cdot t_k \text{, с} \tag{30}$$

где $n'_{ост}$ – количество т/с оставшихся на второй цикл для данных условий (28), с;

$$n'_{ост} = n - n_{до} - n_{дк} - (t_k - t_{пр} - t'_{оп}) \cdot q \text{, ед.} \quad (31)$$

VI – В этом случае отсутствует время свободное для движения после выключения условной стоп-линии и время существования условной стоп-линии постепенно сокращается, при этом все накопившееся автомобили успевают пройти до «включения» условной стоп-линии у ОППЧ (Рисунок 1.г).

В данном случае отсутствует время на движение т/с после «выключения» ST0 и как следствие соблюдается условие:

$$t_{пр} > 0 \text{ и } t_z - t_{пр} - t'_{оп} \le 0 \quad (32)$$

А также соблюдается условие, при котором все т/с накопившиеся во время горения запрещающего сигнала СФО успевают проехать до «включения» ST0:

$$t_{пр} \ge t_р \quad (33)$$

В результате время задержки составит:

$$t_з = \left(\frac{\left(t_z - t_{пр}\right)}{2} + t_к \right) \cdot n''_{оп} \text{, с} \quad (34)$$

где $n''_{оп}$ – количество т/с прибывающих к ST0 за время ее существования на разрешающий сигнал СФО при соблюдении условия (32), с;

$$n''_{оп} = (t_z - t_{пр}) \cdot q \text{, ед.} \quad (35)$$

VII – В этом случае отсутствует время свободное для движения после выключения условной стоп-линии и время существования условной стоп-линии постепенно сокращается, при этом все накопившееся автомобили успевают пройти до «включения» условной стоп-линии у ОППЧ.

Условие, при котором не все т/с накопившиеся во время горения запрещающего сигнала СФО успевают проехать до «включения» ST0:

$$t_{пр} \le t_р \quad (36)$$

В результате время задержки составит:

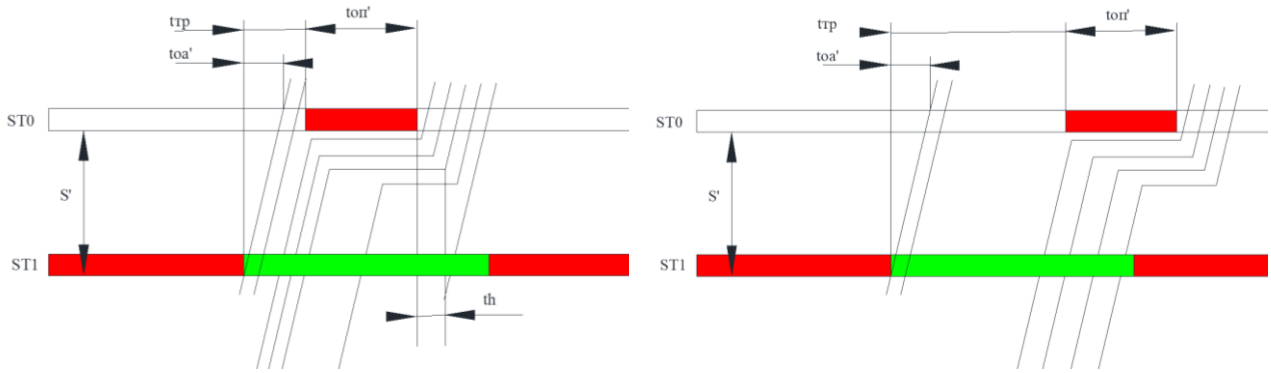
$$t_з = \left(\frac{\left(t_z - t_{пр}\right)}{2} + t_к \right) \cdot n''_{оп} + n''_{ост} \cdot t_k \text{, с} \tag{37}$$

где $n'_{ост}$ – количество т/с оставшихся на второй цикл для данных условий (35), с;

$$n''_{ост} = n_к - n_{до} - n_{дк} \text{, ед.}$$

При расположении остановочного пункта за перекрестком

При расположении остановочного пункта за перекрестком возникают два различных сценария движения транспортного потока через ОППЧ:



а б

ST0 – стоп-линия образованная остановкой трамвая на ОППЧ;
ST1 – стоп-линия у СФО; $t_{оп'}$ – продолжительность существования условной стоп-линии в ОППЧ, с; $t_{оа}$ – время на движение транспортного потока между ST1 и ST0, с; $t_{тр}$ – время движения трамвая между стоп-линией ST1 и условной стоп-линией перед светофорным объектом ST2, с;;
S – расстояние между стоп-линиями, м; t_h – время движения с потоком насыщения, с.

Рисунок 2 – Структура цикла СФО и условной стоп-линии у ОППЧ за СФО

VIII – Трамвай прибывает к первой стоп-линии на сигнал светофора так, что транспортный поток имеет запас времени на преодоление второй условной стоп-линии до ее включения. При этом на все время существования стоп-линии ST0, транспортные средства проходят через стоп-линию ST1. (Рисуглк 2.а)

Данное положение достигается при соблюдении следующего условия:

$$t_z - t_{пр} - t'_{оп} - t_{тр} + t'_{оа} \geq 0 \text{, с} \tag{38}$$

В результате время задержки составит:

$$t_з = \left(n_{оп} + n_{пph}\right) \cdot t'_{оп} \text{, с} \tag{39}$$

где n_{nph} – количество т/с оставшихся у условной стоп-линии ST0, двигающиеся с потоком насыщения:

$$n_{nph} = n_k - n_{доc} \geq 0 \text{, с} \tag{40}$$

где $n_{доc}$ – количество т/с успевших проехать стоп-линию ST0 до ее включения:

$$n_{доc} = t'_{до} \cdot q'_{до} < n \text{, с} \tag{41}$$

где $t'_{до}$ – время свободного движения транспортных средств до включения ST0:

$$t'_{до} = t_{пр} + t_{тр} - t'_{оа} \text{, с} \tag{42}$$

$$t_{пр} \geq 0 \text{, с}$$

$t_{оа}$ – время на движение транспортного потока между ST1 и ST0, с.

$$\text{при } t_{пр} < 0, \quad t'_{оа} = \frac{S' \cdot a + V^2}{V \cdot a} \text{, с} \tag{43}$$

$$\text{при } t_{пр} \geq 0, \quad t'_{оа} = \frac{S'}{V} \text{, с} \tag{44}$$

где S' – расстояние между ST1 и ST0, м;

$t_{тр}$ – время движения трамвая между стоп-линией ST1 и условной стоп-линией перед светофорным объектом ST2, с;

$$t_{тр} = \frac{S' \cdot a_{р-т} + V_{тр}{}^2}{V_{тр} \cdot a_{р-т}} \text{, с} \tag{45}$$

где $V_{тр}$ – техническая скорость движения трамвая на данном участке, м/с.

$$q'_{до} = \frac{t_1 \cdot q + t_2 \cdot q_h}{t'_{до}} \text{, а/с} \tag{46}$$

где t_1 – доля свободного времени на движение через ST1: $t_1 = t'_{до} - t_р \geq 0$,с

t_2 – доля времени на движение транспортных средств с потоком насыщения: $t_2 = t'_{до} - t_1$,с

IX – Трамвай прибывает к первой стоп-линии на зеленый сигнал светофора, и все транспортные средства успевают преодолеть вторую стоп-линию до ее включения. (Рисунок 2.б)

Данное положение достигается при соблюдении следующего условия:

$$t_z - t_{пр} - t'_{оп} - t_{тр} + t'_{оа} \le 0, \text{ с} \tag{47}$$

В результате время задержки составит:

$$t_з = \left(n'''_{оп} + n_{прh}\right) \cdot \left(t_z - t_{пр} - t_{тр} + t'_{оа}\right), \text{ с} \tag{48}$$

где $n'''_{оп}$ – количество т/с прибывающих к ST0 за время ее существования на разрешающий сигнал СФО при соблюдении условия (47), с;

$$n'''_{оп} = \frac{(t_z - t_{пр} - t'_{оп} - t_{тр} + t'_{оа})}{2} \cdot q \cdot K_o \ge 0, \text{ ед.} \tag{49}$$

X – Возможен вариант, при котором расстояние между ST0 и ST1 достаточно большое, а время запрещающей фазы на СФО такой, что на ST0 прибывают транспортные средства, прошедшие ST1 на последующем после проезда трамвая светофорном цикле.

При этом, при соблюдении условия (47), соблюдается следующее условие:

$$t_{пр} + t'_{оп} + t_{тр} - C - t'_{оа} > 0, \text{ с} \tag{50}$$

В результате время задержки составит:

$$t_з = \left(n'''_{оп} + n_{прh}\right) \cdot \left(t_{пр} + t'_{оп} + t_{тр} - C - t'_{оа}\right), \text{ с} \tag{51}$$

$$n'''_{оп} = \frac{(t_{пр} + t'_{оп} + t_{тр} - C - t'_{оа})}{2} \cdot q \cdot K_o \ge 0, \text{ ед.} \tag{52}$$

Подтверждение адекватности модели расчета задержек транспортных средств перед остановочным пунктом с посадкой с проезжей части

Для проверки адекватности предложенной модели произведены исследования на ОП «Дорошевича» и на ОП «Б. Хмельницкого» в направлении Зеленого луга.

ОП «Дорошевича» расположен за регулируемым перекрестком, расстояние от стоп-линии на перекрестке до начала остановочного пункта 60м, длина остановочного пункта 45м. Исследование проводились в межпиковое время ра-

боты трамвая, в светлое время суток, в солнечную погоду, интенсивность транспортного потока 0,156 авт./с, время цикла 100с, время зеленого сигнала 60с. Проведено 156 замеров, результаты сгруппированы на интервалах по 5с с момента включения разрешающего сигнала светофора.

Проведем проверку предложенной модели на другом ОППЧ, расположенном перед СФО, с другими значениями факторов интенсивности транспортного потока и расстояния от ОППЧ до СФО.

Остановочный пункт «Б.Хмельницкого» расположен за регулируемым перекрестком, расстояние от стоп-линии на перекрестке до начала остановочного пункта 220м, длина остановочного пункта 45м. Исследование проводились в межпиковое время работы трамвая, в светлое время суток, в солнечную погоду, интенсивность транспортного потока 0,24 авт./с, время цикла 100с, время зеленого сигнала 70с. Проведено 145 замеров, результаты сгруппированы на интервалах по 5с с момента включения разрешающего сигнала светофора.

Статистический анализ показал, что теоретическая модель хорошо описывает экспериментальные данные. Различия между ними статистически не значимы, что подтверждает адекватность модели. Модель хорошо предсказывает экспериментальные данные. Небольшие различия могут быть связаны с погрешностями измерений или случайными факторами.

Заключение

На основе моделирования разработана методика, предназначенная для расчета временных потерь транспортных средств на стоп-линии перед ОППЧ в условиях совместного проезда трамвая и смешанного транспортного потока, а также при наличии СФО, расположенного в непосредственной близости. Методика учитывает взаимодействие трамвайного и автомобильного движения, а также влияние светофорного регулирования на формирование задержек транспортных средств. Предложенная методика и выявленные оптимальные временные параметры прибытия трамвая к ОППЧ представляют собой научно обоснованный инструмент для повышения эффективности управления транспортными потоками в городских условиях. Их применение позволит снизить задержки транспортных средств, улучшить пропускную способность дорожной сети и повысить уровень обслуживания пассажиров общественного транспорта. Результаты исследования могут быть использованы для разработки стратегий координации движения, оптимизации светофорного регулирования и планирования инфраструктурных изменений в зонах ОП.

Список литературы

1. Кустенко А. А. Экономические потери в трамвайном движении г. Минска / А. А. Кустенко // Научно-технический сборник. Коммунальное хозяйство городов. – 2007. – №76. – С.328-331

2. Кустенко, А.А. Расчет потери от издержек, вызванных простоем транспортного потока перед остановочным пунктом трамвая / А.А. Кустенко // Вместе к эффективному дорожному движению: сборник научных статей Международной научно-практической конференции. – Минск:БНТУ, 2008. – С. 69-75.

3. Кустенко А. А. Анализ издержек в трамвайном движении в зоне остановочного пункта / А. А. Кустенко // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния: науч. редактор – Ваксман С.А. / Научные материалы юбилейной XVIII международной (восемнадцатой екатеринбургской) научно-практической конференции. – Екатеринбург: Издательство УрГЭУ, 2012 – С.180-184

4. Кустенко А.А. Расчет потери от издержек, вызванных простоем транспортного потока перед остановочным пунктом трамвая / А. А. Кустенко // Сб. науч. статей Междунар. науч.-практ. конф. «Вместе к эффективному дорожному движению». – Минск: БНТУ, 2008 – с. 82-86

5. Кустенко А. А. Определение потерь транспортного потока перед остановочным пунктом трамвая / А. А. Кустенко //Коммунальное хозяйство городов. – 2010. – №. 95. – С. 233-244.

6. Vuchic, V.R. Urban Transit: Operations, Planning, and Economics / V.R. Vuchic. – Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2007. – 624 p.

7. Врубель Ю.А. Потери в дорожном движении. – Минск: БНТУ, 2003. – 380 с.

8. Elvik R. Cost-benefit analysis of road safety measures: applicability and controversies // Accident Analysis and Prevention. – 2001. – Vol. 33(1). – P. 9–17. DOI: 10.1016/s0001-4575(00)00010-5 5.

9. Врубель Ю.А., Капский Д.В., Кот Е.Н. Определение потерь в дорожном движении. – Минск: БНТУ, 2006. – 240 с.

10. Михайлов А.Ю., Головных И.М. Современные тенденции проектирования и реконструкции улично-дорожных сетей городов. – Новосибирск: Наука, 2004. – 267 с.

11. Врубель Ю.А. Организация дорожного движения: в 2 ч. – Минск: Белорус. фонд безопасности дорожного движения, 1996. – Ч. 1. – 328 с.

References

1. Kustenko A.A. Ekonomicheskie poteri v tramvaynom dvizhenii g. Minska // Nauchno-tekhnicheskiy sbornik. Kommunal'noe khozyaystvo gorodov. 2007. № 76. S. 328–331.

2. Kustenko A.A. Raschet poteri ot izderzhek, vyzvannykh prostoem transportnogo potoka pered ostanovochnym punktom tramvaya // Vmeste k effektivnomu dorozhnomu dvizheniyu: sbornik nauchnykh statey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Minsk: BNTU, 2008. S. 69–75.

3. Kustenko A.A. Analiz izderzhek v tramvaynom dvizhenii v zone ostanovochnogo punkta // Sotsial'no-ekonomicheskie problemy razvitiya transportnykh sistem gorodov i zon ikh vliyaniya: nauch. redaktor – Vaksman S.A. / Nauchnye materialy yubileynoy XVIII mezhdunarodnoy (vosemnadtsatoy yekaterinburgskoy) nauchno-prakticheskoy konferentsii. Yekaterinburg: Izdatel'stvo UrGEU, 2012. S. 180–184.

4. Kustenko A.A. Raschet poteri ot izderzhek, vyzvannykh prostoem transportnogo potoka pered ostanovochnym punktom tramvaya // Sb. nauch. statey Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Vmeste k effektivnomu dorozhnomu dvizheniyu». Minsk: BNTU, 2008. S. 82–86.

5. Kustenko A.A. Opredelenie poter' transportnogo potoka pered ostanovochnym punktom tramvaya // Kommunal'noe khozyaystvo gorodov. 2010. № 95. S. 233–244.

6. Vuchic V.R. Urban Transit: Operations, Planning, and Economics. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2007. 624 p.

7. Vrubel' Yu.A. Poteri v dorozhnom dvizhenii. – Minsk: BNTU, 2003. – 380 s.

8. Elvik R. Cost-benefit analysis of road safety measures: applicability and controversies // Accident Analysis and Prevention. – 2001. – Vol. 33(1). – R. 9–17. DOI: 10.1016/s0001-4575(00)00010-5

9. Vrubel' Yu.A., Kapskiy D.V., Kot E.N. Opredelenie poter' v dorozhnom dvizhenii. – Minsk: BNTU, 2006. – 240 s.

10. Mikhaylov A.Yu., Golovnykh I.M. Sovremennye tendentsii proektirovaniya i rekonstruktsii ulichno-dorozhnykh setey gorodov. – Novosibirsk: Nauka, 2004. – 267 s.
11. Vrubel' Yu.A. Organizatsiya dorozhnogo dvizheniya: v 2 ch. – Minsk: Belorus. fond bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya, 1996. – Ch. 1. – 328 s.

DOI: 10.58168/MSTT2025_185-189
УДК 656.1.073

РЕВЕРСИВНОЕ ДВИЖЕНИЕ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ДОРОГИ

А.Ю. Савенкова[1], Н.О. Гондусов[2], И.В. Смоленский[3], Л.Е. Кущенко[4]
[1, 2, 3, 4] Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия,
[1] Savenkovaa81@gmail.com
[2] gondusov.nikol@yandex.ru
[3] iliasmol1123@mail.ru
[4] lily-041288@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается проблема дорожно-транспортных происшествий в Белгородской области с акцентом на участки с высокой интенсивностью движения и частыми авариями. Анализируются реальные случаи ДТП и их причины. Отдельное внимание уделяется концепции реверсивного движения как инструменту повышения пропускной способности и безопасности дорожной инфраструктуры. Обосновывается, каким образом внедрение реверсивных полос может способствовать снижению количества аварий, особенно в часы пик и на узких участках дорог.

Ключевые слова: дорожно-транспортное происшествие, Белгородская область, реверсивное движение, безопасность дорожного движения, аварийность, транспортная инфраструктура, часы пик, пропускная способность.

THE REVERSE TRAFFIC AS A WAY TO INCREASE THE ROAD NETWORK CAPACITY

A.Y. Savenkova[1], N.O. Gondusov[2], I.V. Smolensky[3], L.E. Kushchenko[4]
[1, 2, 3, 4] Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russia
[1] Savenkovaa81@gmail.com
[2] gondusov.nikol@yandex.ru
[3] iliasmol1123@mail.ru
[4] lily-041288@mail.ru

Abstract. This article examines the issue of road traffic accidents in the Belgorod region, with a focus on high-traffic areas and frequent crash zones. Real accident cases and their causes are analyzed. Special attention is given to the concept of reversible traffic flow as a tool to improve road capacity and safety. The article argues that implementing reversible lanes can help reduce the number of accidents, especially during peak hours and on narrow road sections.

Keywords: Road accidents, Belgorod region, reversible traffic flow, road safety, accident rate, transport infrastructure, peak hours, traffic capacity.

© Савенкова А. Ю., [2] Гондусов Н. О., [3] Смоленский И. В., [4] Кущенко Л. Е., 2025

Для анализа ситуации с дорожно-транспортными происшествиями в Белгородской области важно учитывать динамику и тенденции, которые могут существенно повлиять на безопасность дорожного движения в регионе. Изучение статистики ДТП за последние пять лет позволяет выявить ключевые моменты, такие как увеличение или снижение числа аварий, а также определить возможные факторы, влияющие на эти изменения. Важным аспектом является влияние различных факторов, таких как погодные условия, состояние дорожной инфраструктуры, а также соблюдение правил дорожного движения водителями и пешеходами. Далее представлен график (рис. 1), иллюстрирующий количество ДТП в Белгородской области за последние пять лет, что поможет более наглядно оценить изменения и выявить основные тенденции в этой сфере.

Таблица 1 – ДТП в Белгородской области в период с 2020-2024 год

Год	Кол-во дтп
2020	1156
2021	1063
2022	1050
2023	1106
2024	1045

Рисунок 1 – Количество дорожно-транспортных происшествий в Белгородской области в период с 2020 по 2024 г.

На основе анализа статистики дорожно-транспортных происшествий в Белгородской области за последние пять лет можно сделать вывод, что количество ДТП в регионе остается практически неизменным. Несмотря на внедрение новых мер безопасности, улучшение дорожной инфраструктуры и повышение осведомленности водителей, динамика аварийности в области не претерпела значительных изменений. Этот факт может свидетельствовать о наличии устойчи-

вых факторов, которые продолжают влиять на безопасность дорожного движения, таких как повседневные нарушения правил дорожного движения, проблемы с техническим состоянием транспорта или неадекватные погодные условия.

Согласно всероссийскому опросу, проведённому компанией «Росгосстрах» и сервисом «Автокод» в 2023 году, 18% российских автомобилистов признались, что попадали в аварии в заторах.

Основными причинами заторов россияне назвали: несоблюдение водителями ПДД (27%), неправильное проектирование дорог и развязок (25%), медленное развитие дорожной инфраструктуры (19%), слишком большое количество автомобилей в городе (14%) и неправильно отрегулированные светофоры (11%) (рис.2).

Рисунок 2 – Основные причины заторов

Таким образом, можно предположить, что значительная часть ДТП в Белгородской области также происходит в условиях заторов, особенно учитывая, что в 2023 году в регионе было зафиксировано 1104 дорожно-транспортных происшествия с пострадавшими.

Реверсивное движение представляет собой эффективный инструмент управления транспортными потоками, особенно в условиях ограниченной пропускной способности дорог и высокой интенсивности движения в определённые периоды времени. Внедрение реверсивных полос может способствовать снижению аварийности по следующим причинам:

1. Оптимизация использования дорожной инфраструктуры: реверсивные полосы позволяют перераспределять существующую пропускную способность дорог в зависимости от направления пикового трафика, что особенно актуально для участков с выраженной асимметрией потоков в утренние и вечерние часы.

2. Снижение вероятности столкновений: правильно организованное реверсивное движение с использованием чёткой разметки, светофоров и информационных табло способствует снижению числа конфликтных точек на дороге и уменьшает риск столкновений, особенно в условиях плотного трафика.

3. Повышение эффективности дорожного движения: применение реверсивных полос может привести к сокращению времени в пути и уменьшению заторов, что в свою очередь снижает уровень стресса у водителей и способствует более безопасному поведению на дороге.

4. Гибкость в управлении трафиком: современные технологии позволяют оперативно изменять направление движения по реверсивным полосам в зависимости от текущей дорожной ситуации, что обеспечивает адаптивность системы и повышает её эффективность.

Таким образом, внедрение реверсивного движения в Белгородской области может стать действенной мерой по снижению аварийности и улучшению общей транспортной ситуации в регионе.

В условиях растущей транспортной нагрузки и ограниченной пропускной способности дорог Белгородской области, внедрение реверсивного движения представляет собой перспективное решение для снижения аварийности. Анализируя статистику дорожно-транспортных происшествий, особенно в условиях заторов, становится очевидным, что оптимизация организации движения может существенно повлиять на безопасность на дорогах.

Реверсивные полосы позволяют гибко регулировать направление движения в зависимости от текущей транспортной ситуации, что способствует более равномерному распределению потоков и снижению вероятности столкновений. Кроме того, улучшение пропускной способности дорог снижает уровень стресса у водителей, что также положительно сказывается на общей безопасности дорожного движения.

Таким образом, интеграция реверсивного движения в транспортную инфраструктуру региона может стать эффективной мерой по снижению количества ДТП и повышению эффективности использования существующих дорожных ресурсов.

Список литературы

1. Кущенко, Л.Е. Организация дорожного движения: учеб. пособие / Л.Е. Кущенко, С.В. Кущенко, И.А. Новиков, П.А. Воля / – Белгород: Изд-во БГТУ, 2018. – 205 с.

2. Кущенко, Л.Е. Влияние профессионализма водителя на безопасность движения (научная статья) / Л.Е. Кущенко, Ю.С. Шатова, А.Н. Высоцкая/ International Conference «Process Management and Scientific Developments», 2020.- С. 107-111

3. Кущенко, Л.Е. Влияние человеческого фактора на вероятность возникновения ДТП (научная статья) / Л.Е. Кущенко, Н.С. Днистренко, А.С. Колодезная / Сб. IV Міжнародної науково-практичної конференції «Безпека на транспорті – основа ефективноі інфраструктури: проблеми та перспективи», Харьков. -2019. – С.38-41

4. Кущенко, Л.Е. Влияние водителей, находящихся в состоянии алкогольного опьянения на ДТП в РФ и Черноземье (научная статья) /Л.Е. Кущенко, С.В. Кущенко, В.С. Добрыднева, Д.Н, Айыдов / «Мир транспорта и технологических машин», Орел 2019. - № 1(64), с.57-65 (из перечня ВАК)

References

1. Kushchenko, L.E. *Organization of Road Traffic: Textbook* / L.E. Kushchenko, S.V. Kushchenko, I.A. Novikov, P.A. Volya. – Belgorod: BSTU Publishing House, 2018. – 205 pages.

2. Kushchenko, L.E. *The Influence of Driver Professionalism on Traffic Safety* (scientific article) / L.E. Kushchenko, Yu.S. Shatova, A.N. Vysotskaya. – International Conference "Process Management and Scientific Developments", 2020. – pp. 107–111.

3. Kushchenko, L.E. *The Influence of the Human Factor on the Probability of Traffic Accidents* (scientific article) / L.E. Kushchenko, N.S. Dnistrenko, A.S. Kolodeznaya. – Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference "Transport Safety – the Basis of Effective Infrastructure: Problems and Prospects", Kharkiv, 2019. – pp. 38–41.

4. Kushchenko, L.E. The Impact of Drivers Under the Influence of Alcohol on Traffic Accidents in the Russian Federation and the Black Earth Region (scientific article) / L.E. Kushchenko, S.V. Kushchenko, V.S. Dobrydneva, D.N. Aydidov. – World of Transport and Technological Machines, Orel, 2019. – No. 1(64), pp. 57–65. (Included in the list of peer-reviewed scientific journals approved by the Higher Attestation Commission)

DOI: 10.58168/MSTT2025_190-197
УДК 656.13.072

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЛОГИСТИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРИВЛЕКАЕМОЙ ТРАНСПОРТНОЙ КОМПАНИИ ДЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ БОЙЦОВ СТУДЕНЧЕСКИХ ОТРЯДОВ ВОЛГГТУ

Е.Р. Сулименова[1], А.А. Куликов[2], А.В. Куликов[3]
[1, 2, 3] Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, Россия
[1] elena-eto@mail.ru
[2] v2xoda@ya.ru
[3] AlekseyKulikov2007@ya.ru

Аннотация. Представлен анализ численности бойцов по каждому из трех периодов с представлением крупнейших завершённых трудовых проектов. Проведен анализ технико-эксплуатационных показателей подвижного состава транспортной компании, привлекаемой для перемещения бойцов студенческих отрядов ВолгГТУ. Разработаны маршруты перевозки бойцов на трудовые объекты летнего сезона. Представлена калькуляция логистических затрат на перевозку бойцов по маршруту «Волгоград – Анапа» на автобусе Mercedes Setra S415 GT-HD.

Ключевые слова: логистическое взаимодействие, студенческие отряды, трудовые проекты, маршрут «Волгоград – Анапа», калькуляция логистических затрат.

ENSURING THE LOGISTICAL INTERACTION OF THE INVOLVED TRANSPORT COMPANY FOR THE MOVEMENT OF FIGHTERS OF THE STUDENT DETACHMENTS OF VOLGSTU

E.R. Sulimenova[1], A.A. Kulikov[2], A.V. Kulikov[3]
[1, 2, 3] Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia
[1] elena-eto@mail.ru
[2] v2xoda@ya.ru
[3] AlekseyKulikov2007@ya.ru

Annotation. An analysis of the number of fighters for each of the three periods is presented, with a presentation of the largest completed labor projects. The analysis of the technical and operational indicators of the rolling stock of the transport company involved in the movement of fighters of the student detachments of VolgSTU is carried out. Routes for transporting fighters to summer-season labor facilities have been developed. The calculation of the logistical costs for transporting fighters on the route "Volgograd – Anapa" on the Mercedes Serra S415 GT-HD bus is presented.

Keywords: logistical cooperation, student groups, labor projects, the route "Volgograd – Anapa", calculation of logistical costs.

По характеру студенческой жизни весь период существования студенческих отрядов можно разделить на 3 периода [6]: период роста и развития экономики СССР (1959–1991 гг.); период перестройки и определения новой значимости отрядов (1992–2003 гг.); реорганизация и рост движения с выделением шести

© Сулименова Е. Р., Куликов А. А., Куликов А. В., 2025

основных направлений (2004 г. – по н.в.), а именно педагогические отряды, отряды проводников, строительные, сервисные, медицинские и сельскохозяйственные.

Наполнение бойцами студенческих отрядов было самым наибольшим в период с 1970 по 1991 гг., а с 2010 по 2020 гг. было равнозначно первому десятилетию [1, 3, 6, 12].

На рис. 1 представлена схема достижений студенческих отрядов по годам.

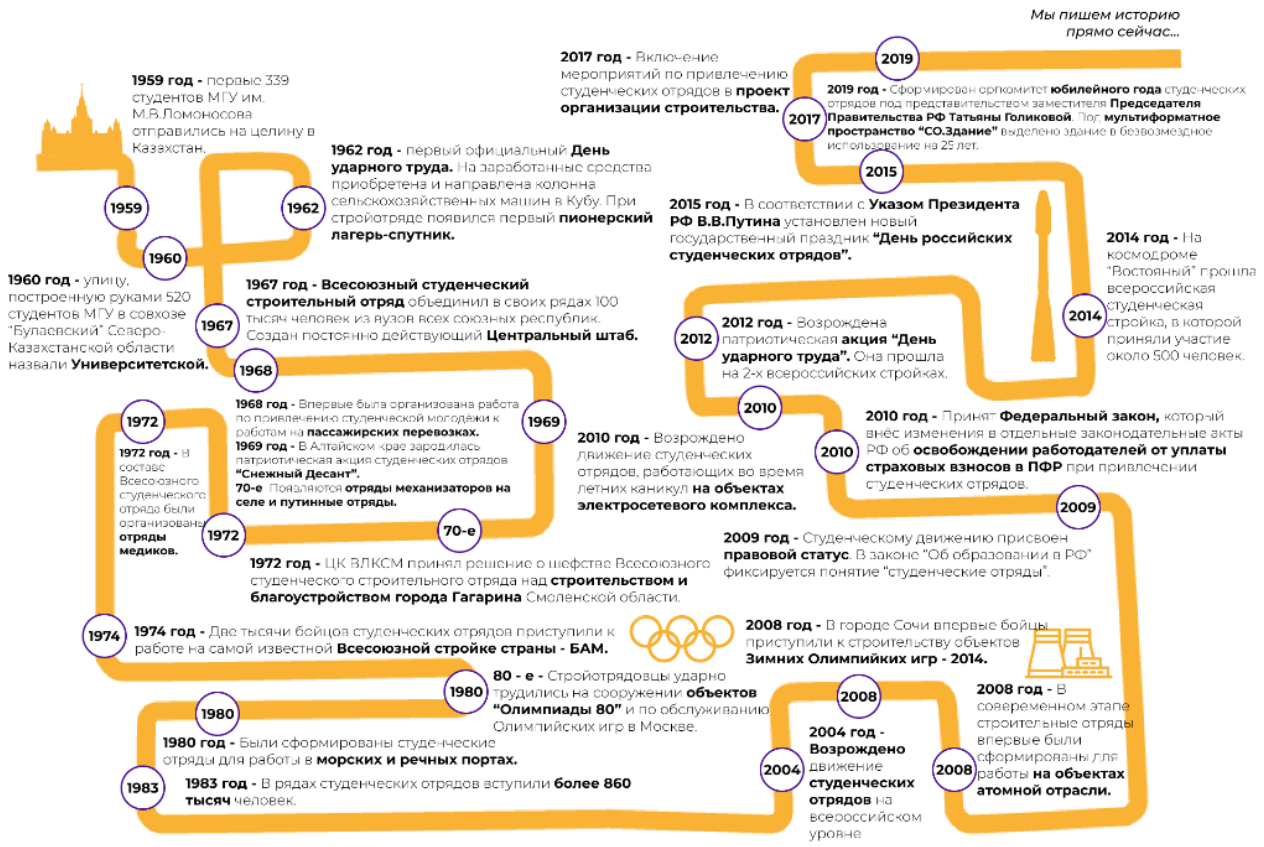


Рисунок 1 – Схема достижений студенческих отрядов по годам

В Волгоградском государственном техническом университете (ВолгГТУ) с 2007 г. активно развивается четыре направления деятельности: студенческие педагогические отряды; студенческие строительные отряды; студенческие отряды проводников; студенческие сервисные отряды.

За период существования отрядов наблюдается разная наполняемость бойцами. Максимальный «пик» бойцов приходился на 2018 – 2019 гг. (до распространения короновирусной инфекции COVID – 19).

В табл. 1 представлена максимальная численность бойцов каждого из направлений по характерным годам.

Таблица 1 – Максимальная численность бойцов ВолгГТУ по годам

Направление студенческих отрядов	**Год максимальной наполняемости**	**Численность, чел.**
Строительное	2018	230
Сервисное	2019	215

Направление студенческих отрядов	Год максимальной наполняемости	Численность, чел.
Педагогическое	2017	58
Проводники	2019	57

Самыми многочисленными являются строительное и сервисное направление. В зависимости от видов работ, бойцы остаются в Волгограде или уезжают в другие регионы РФ. Так, 90% от общей численности бойцов сервисного направление работают вне Волгоградской области, в то время, как только 30% от общего числа бойцов строительного направления уезжают в другие регионы РФ.

Крупнейшие трудовые проекты за всю историю движения студенческих отрядов представлены на рис. 2.

Рисунок 2 – Крупнейшие трудовые проекты студенческих отрядов по периодам

Так как основные работы проходят в летний период времени, то встаёт вопрос о правильном подходе к трудоустройству. В работе студенческих отрядов важна разработка календарного плана, а также неотъемлемой частью является перевозка бойцов. И для этого нужна грамотная логистика [2, 5, 13].

Для перевозки привлекаются железнодорожный и автомобильный транспорт. При перевозке бойцов Волгоградское Региональное Отделение молодёжной общероссийской общественной организации «Российские Студенческие Отряды» (ВРО МООО «РСО») является лишь посредником между пассажиром и перевозчиком и не имеет собственного автопарка. Организация сотрудничает со многими АТП, но за последние годы хорошо зарекомендовало себя общество с ограниченной ответственностью «Комфорт-Бизнес-Тур» (ООО «КБТУР»).

В 2024 г. ООО «КБТУР» имел в наличии 31 автобус. В табл. 2 представлена характеристика парка подвижного состава ООО «КБТУР».

Таблица 2 – Подвижной состав ООО «КБТУР»

Марка, тип автобуса	**Средний возраст, лет**	**Количество единиц**	**Вместимость, пасс.**		
			Общая	Стоя	Сидя
Mercedes Setra S415 GT-HD	13	6	91	35	56
MERCEDES-BENZ т223214	6	5	19	0	19
Volgabus	10	14	48	18	30
Ford Transit	11	6	16	0	16

На рис. 3 представлена диаграмма распределения парка подвижного состава ООО «КБТУР».

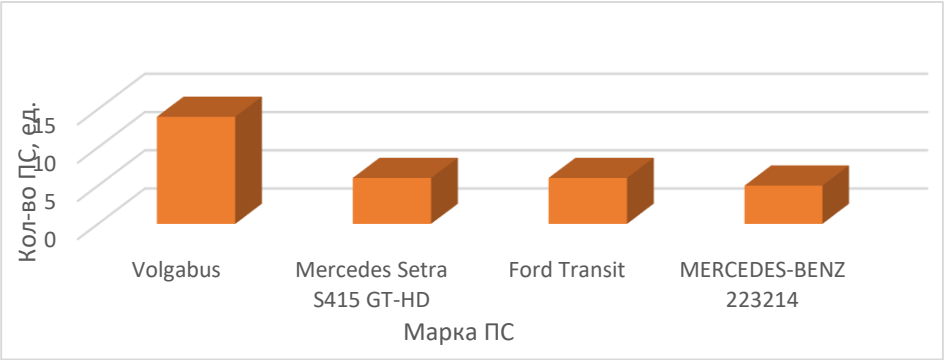


Рисунок 3 – Количество подвижного состава по маркам

На протяжении 2024 г. ВРО МООО «РСО» неоднократно пользовалось услугами ООО «КБТУР». В табл. 3 проведена статистика оказанных услуг автотранспортным предприятием ООО «КБТУР» для перевозок бойцов ВРО МООО «РСО».

Таблица 3 – Использование услуг АТП ООО «КБТУР»

Дата	Маршрут	Мероприятие	Количество человек	Марка автобуса
Февраль	Волгоград - Камышин	«Снежный Десант»	15	Ford Transit
Апрель	Волгоград-Майкоп	Фестиваль-Спартакиада СО ЮФО	16	MERCEDES-BENZ 223214
Апрель	Волгоград - Ставрополь	Окружная школа командных составов	12	Ford Transit
Июнь	Волгоград-Анапа	ГК «Лазурный Берег»	54	Mercedes Setra S415 GT-HD
Июль	Волгоград-Анапа	ГК «Лазурный Берег»	30	Mercedes Setra S415 GT-HD
Октябрь	Волгоград - Елань	«Снежный Десант»	15	Ford Transit
Октябрь	Волгоград - Фролово	«Снежный Десант»	15	Ford Transit
Октябрь	Волгоград – Ростов-на-Дону	Окружная спартакиада ЮФО	17	MERCEDES-BENZ 223214
Ноябрь	Волгоград – Средняя Ахтуба	Школа студенческих отрядов ВолгГТУ	30	Mercedes Setra S415 GT-HD

На основе логистических принципов формирования и организации пассажирских перевозок разберем маршрут передвижения бойцов студенческого сервисного отряда ВолгГТУ «Волгоград – Анапа» [9, 11].

В 2025 г. планируется трудоустроить 50 чел. в г. Анапа в Гостиничный Комплекс «Лазурный Берег».

Для перевозки бойцов предлагается использовать один автобус Mercedes Setra S415 GT-HD, вмещающий 54 пасс. Работу на маршруте будут выполнять два водителя.

На рис. 4 представлены варианты передвижения автобуса по маршруту «Волгоград – Анапа» [7].

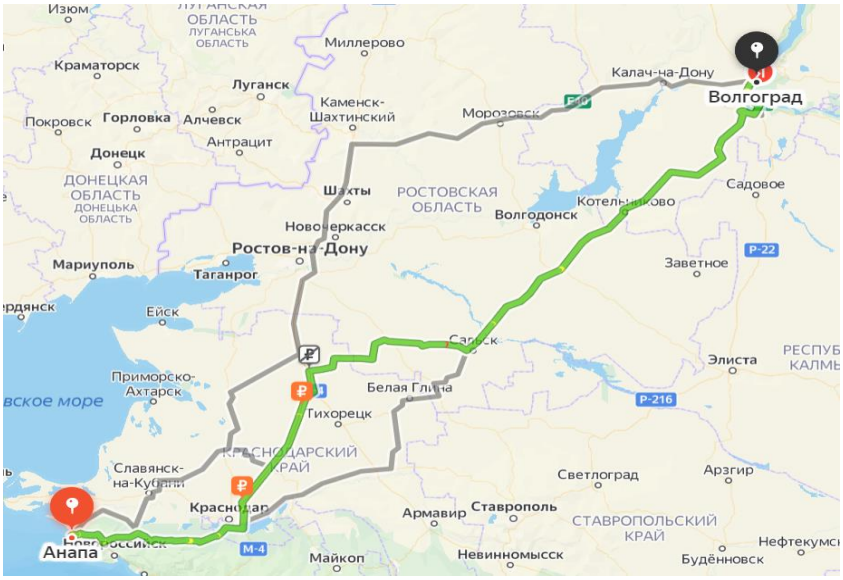


Рисунок 4 – Варианты передвижения автобуса по маршруту «Волгоград – Анапа»

Из рис. 4 представлена трассировка четырех вариантов автобусного маршрута «Волгоград-Анапа»:

1 «Волгоград – Котельниково – Сальск – Краснодар – Анапа» (расстояние – 805 км, время в пути 12 час. 51 мин.).

2 «Волгоград – Котельниково – Сальск – Белая Глина – Краснодар – Анапа» (расстояние – 897 км, время в пути 13 час. 14 мин.).

3 «Волгоград – Калач-на-Дону – Ростов-на-Дону – Славянск-на-Кубани – Анапа» (расстояние – 903 км, время в пути 13 час. 39 мин.).

4 «Волгоград – Котельниково – Сальск – Славянск-на-Кубани – Анапа» (расстояние – 893 км, время в пути 13 час. 14 мин.).

Для передвижения выберем маршрут номер один «Волгоград – Котельниково – Сальск – Краснодар – Анапа». Выбор производится по критерию наименьшего расстояния и наименьшего времени в пути [2, 5].

Произведем расчет транспортных затрат необходимых для перевозки пассажиров по маршруту «Волгоград – Котельниково – Сальск – Краснодар – Анапа».

Прежде всего, затраты складываются из стоимости топлива, обслуживания транспортного средства и заработной платы водителей.

В табл. 4 представлен расчёт необходимого объема потребляемого топлива автобусом Mercedes Setra S415 GT-HD.

Таблица 4 – Калькуляция затрат на топливо Mercedes Setra S415 GT-HD

Наименование статей	Значения
Средний расход топлива, л./100 км	32
Пройденное расстояние, км	805
Стоимость топлива на 2025 г., руб./л.	64,57
ИТОГО:	
Необходимый объем топлива, л.	257,6
Затраты на топливо, руб.	16633,23

В среднем, обслуживание транспортного средства складывается из 2 300 руб./час.

Так как автобус будет находиться в пути 13 час., то, следовательно, общая сумма обслуживания транспортного средства равна 29 900 руб.

Во время передвижения бойцов Студенческих Отрядов студенческих отрядов ВолгГТУ необходимо обеспечение питанием студентов во время передвижения.

Был разработан индивидуальный рацион питания, включающий КБЖУ для мужчин (2200/154/69/206) и для женщин (1700/119/53/158) [4, 6]. Данный рацион питания выдаётся на одного человека. Стоимость такого рациона составляет 550 руб.

Так как в 2025 г. планируется трудоустроить 50 чел. в г. Анапа, то расчёт необходимого количества индивидуального рациона питания составляет 52 шт. (50 бойцов студенческого отряда и два водителя).

Сведём полученные расчёты затрачиваемых средств, необходимых для перевозки бойцов по маршруту «Волгоград – Котельниково – Сальск – Краснодар – Анапа», в табл. 5.

Таблица 5 – Расчёты затрачиваемых средств, необходимые для перевозки бойцов

Затраты	Общая сумма (руб.)
1 Затраты на расход необходимого объема топлива	16 633,23
2 Затраты на обслуживание ТС	29 900,00
3 Затраты на заработную плату двух водителей	28 000, 00
4 Затраты на обеспечение питания бойцов и водителей во время передвижения ТС	28 600, 00
ИТОГО:	103 133,23

Из табл. 5 следует вывод о том, что логистические затраты, связанные с перемещением бойцов студенческого отряда предлагаемым автобусом по маршруту «Волгоград – Анапа» составят 103 133,23 руб., что на 35 % ниже предлагаемых разовых услуг сторонними перевозчиками на транспортном рынке г. Волгограда [8, 10].

Список литературы

1. Горлов В.Н. Движение студенческих строительных отрядов в СССР/ В сборнике: История Московского края: Проблемы, исследования, новые материалы. Материалы научно-практической конференции, посвященной 85-летию МГОУ. Под редакцией В.В. Хорихина. 2016. С. 361-367.

2. Дипломное проектирование: учеб. пособ. (гриф). Доп. УМО вузов РФ по образованию в области транспортных машин и транспортно-технологических комплексов / А. В. Вельможин, В. А. Гудков, Л. Б. Миротин, А. В. Куликов, А. А. Раюшкина ; ВолгГТУ. - Волгоград, 2011. - 167 с.

3. История движения студенческих отрядов. – URL: https://трудкрут.рф/istoriya.html

4. Как рассчитывать энергетическую ценност. – URL: https://edatop.ru/703-kbzhu.html

5. Куликов, А. В. Общий курс транспорта: учеб. пособие / А. В. Куликов, С. А. Ширяев, Л. Б. Миротин; ВолгГТУ. - Волгоград, 2016. - 159 с.

6. Рязанова, М. Ю. Оптимизация ресурсов на перемещение бойцов студенческих отрядов ВолгГТУ с использованием принципов логистики / М. Ю. Рязанова, А. В. Куликов // Мир транспорта и технологических машин. – 2022. – № 3-4(78). – С. 80-87. – DOI 10.33979/2073-7432-2022-4(78)-3-80-87. – EDN SMKJIM.

7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023664443 Российская Федерация. Программа расчета ориентированного графа транспортной сети : № 2023663947 : заявл. 05.07.2023 : опубл. 05.07.2023 / А. В. Куликов, Е. Н. Асеева, Е. Р. Сулименова, А. А. Куликов ; заявитель ФГБОУ ВО «ВолгГТУ». – EDN EAXXUJ.

8. Сулименова, Е. Р. Анализ информационных систем продажи билетов на автобусы маршрута № 693 "Волгоград - Ольховка" / Е. Р. Сулименова // XXVIII Региональная конференция молодых ученых и исследователей Волгоградской области : Сборник материалов конференции, Волгоград, 23 октября 2023 г. – Волгоград: ВолгГТУ, 2023. – С. 332-333. – EDN BKVDOX.

9. Сулименова, Е. Р. Анализ применения математических методов в современных транспортно-логистических системах г. Волгограда / Е. Р. Сулименова // Конкурс НИРС ВолгГТУ : Тезисы докладов, Волгоград, 25–29 апреля 2022 г. / Редколлегия: С.В. Кузьмин (отв. ред.) [и др.]. – Волгоград: ВолгГТУ, 2022. – С. 148-149. – EDN ZXIEXG.

10. Сулименова, Е. Р. Исследование спроса на перевозку пассажиров по маршруту № 693 «Волгоград - Ольховка» с использованием трансформируемой информационной системы заказа и приобретения проездных билетов / Е. Р. Сулименова // Конкурс НИРС ВолгГТУ : Тезисы докладов, Волгоград, 24–28 апреля 2023 г. / Редколлегия: С.В. Кузьмин (отв. ред.) [и др.]. – Волгоград,: ВолгГТУ, 2023. – С. 158. – EDN PQLDIJ.

11. Сулименова, Е. Р. Эффективные математические методы в транспортно-логистическом обслуживании малых предприятий г. Волгограда / Е. Р. Сулименова // Конкурс НИРС ВолгГТУ : тезисы докладов, Волгоград, 26–30 апреля 2021 г. – Волгоград: ВолгГТУ, 2021. – С. 151. – EDN KARTUE.

12. Третья вахта студенческих отрядов на стройке Крымского моста. – URL: https://ardexpert.ru/article/13074

13. Фирсова, С. Ю. Роль транспортной логистики в обеспечении экзистенциональной безопасности человека / С. Ю. Фирсова, А. В. Куликов, Б. Советбеков // Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. – 2019. – Т. 19, № 8. – С. 97-101. – EDN IMLOGE.

References

1. Gorlov V.N. The movement of student construction teams in the USSR/ In the collection: History of the Moscow Region: Problems, research, new materials. Materials of the scientific and practical conference dedicated to the 85th anniversary of Moscow State University. Edited by V.V. Khorikhin. 2016. pp. 361-367.

2. Diploma design: textbook. the manual. (vulture). Add. Ministry of Higher Education of the Russian Federation for education in the field of transport vehicles and transport and technological complexes / A.V. Velmozhin, V. A. Gudkov, L. B. Mirotin, A.V. Kulikov, A. A. Rayushkina ; VolgSTU. - Volgograd, 2011. - 167 p.

3. The history of the movement of student groups. – URL: https://трудкрут.рф/istoriya.html

4. How to calculate the energy value. – URL: https://edatop.ru/703-kbzhu.html

5. Kulikov, A.V. General course of transport: textbook. manual / A.V. Kulikov, S. A. Shiryaev, L. B. Mirotin; VolgSTU. - Volgograd, 2016. - 159 p.

6. Ryazanova, M. Y. Optimization of resources for the movement of fighters of student detachments of VolgSTU using the principles of logistics / M. Y. Ryazanova, A.V. Kulikov // The world of transport and technological machines. – 2022. – № 3-4(78). – Pp. 80-87. – DOI 10.33979/2073-7432-2022-4(78)-3-80-87. – EDN SMKJIM.

7. Certificate of state registration of the computer program No. 2023664443 Russian Federation. The program for calculating the oriented graph of the transport network : No. 2023663947 : application 07/05/2023 : published 07/05/2023 / A.V. Kulikov, E. N. Aseeva, E. R. Sulimenova, A. A. Kulikov ; applicant FSBEI HE "VolgSTU". – EDN EAXXUJ.

8. Sulimenova, E. R. Analysis of information systems for ticket sales for buses on route No. 693 "Volgograd - Olkhovka" / E. R. Sulimenova // XXVIII Regional Conference of Young Scientists and Researchers of the Volgograd region : Collection of conference materials, Volgograd, October 23, 2023 – Volgograd: VolgSTU, 2023. – pp. 332-333. – EDN BKVDOX.

9. Sulimenova, E. R. Analysis of the application of mathematical methods in modern transport and logistics systems in Volgograd / E. R. Sulimenova // Research and Development Competition of VolgSTU : Abstracts, Volgograd, April 25-29, 2022 / Editorial board: S.V. Kuzmin (editor) [and others]. – Volgograd: VolgSTU, 2022. – Pp. 148-149. – EDN ZXIEXG.

10. Sulimenova, E. R. A study of the demand for passenger transportation on route No. 693 Volgograd - Olkhovka using a transformable information system for ordering and purchasing travel tickets / E. R. Sulimenova // Research and Development Competition of VolgSTU : Abstracts, Volgograd, April 24-28, 2023 / Editorial board: S.V. Kuzmin (ed.) [and others]. – Volgograd,: VolgSTU, 2023. – p. 158. – EDN PQLDIJ.

11. Sulimenova, E. R. Effective mathematical methods in transport and logistics services for small enterprises in Volgograd / E. R. Sulimenova // Research and Development Competition of VolgSTU : abstracts, Volgograd, April 26-30, 2021 – Volgograd: VolgSTU, 2021. – p. 151. – EDN KARTUE.

12. The third watch of student groups at the construction site of the Crimean Bridge. – URL: https://ardexpert.ru/article/13074

13. Firsova, S. Y. The role of transport logistics in ensuring human existential security / S. Y. Firsova, A.V. Kulikov, B. Sovetbekov // Bulletin of the Kyrgyz-Russian Slavic University. – 2019. – Vol. 19, No. 8. – pp. 97-101. – EDN IMLOGE.

DOI: 10.58168/MSTT2025_198-203
УДК 656.1

АНАЛИЗ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТА АГРАРНО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Р.Ф. Шаихов[1]
[1] Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова, Пермь, Россия, shr84@list.ru

Аннотация. В статье представлен подход к анализу перспективных исследований при помощи автоматизированного сбора данных о диссертациях. Показана динамика защит диссертаций по эксплуатации транспорта в аграрно-промышленном комплексе, а также центры подготовки кадров высшей квалификации. По результатам контент-анализ названий выявлены наиболее популярные тематики исследований.

Ключевые слова: эксплуатация транспорта, анализ исследований, наукометрический анализ, контент-анализ, диссертации

ANALYSIS OF SCIENTIFIC RESEARCH IN THE FIELD OF AGRICULTURAL AND INDUSTRIAL COMPLEX TRANSPORT OPERATION

R.F. Shaikhov[1]
[1]Perm State Agro-Technological University named after academician D.N. Prianishnikov, Perm, Russia, shr84@list.ru

Abstract. The article presents an approach to the analysis of promising research using automated data collection on dissertations. The dynamics of dissertation defenses on the operation of transport in the agricultural and industrial complex, as well as training centers for highly qualified personnel, is shown. Based on the results of the content analysis of the titles, the most popular research topics were identified.

Keywords: transport operation, research analysis, scientometric analysis, content analysis, dissertations

Ежегодно количество информации в мире увеличивается огромными темпами, в том числе и научной. В настоящее время большое количество источников оцифровано и доступно для исследователей, однако прочитать и проанализировать огромные объемы информации сложно или даже невозможно. Например, на портале научной электронной библиотеки elibrary насчитывается более 7 млн. публикаций.

Качество проводимых исследований в значительной степени зависит от обзора литературы и информированности автора или коллектива авторов. Всегда есть риск как повторить чужие исследования – «изобрести велосипед», так и заниматься устаревшей, неактуальной тематикой. Наукометрический анализ позволяет получить метаданные о некой области исследований, определить тренды и

© Шаихов Р. Ф., 2025

тенденции, наиболее востребованные работы и авторов. В высшем учебном заведении данная информация может использоваться не только для планирования научной деятельности, но и для проектирования образовательных программ как для повышения качества подготовки [1], так и для актуализации содержания отдельных дисциплин [2]. Если программы высшего образования меняются не очень быстро, особенно в части общеинженерной подготовки, то программы дополнительного образования должны обновляться очень часто, чтобы затрагивать самые актуальные темы [3, 4].

В региональных университетах существует проблема качества приема и мотивации студентов к обучению [5]. Учет мнения обучающихся о содержании программ [6], внедрение в образовательный процесс таких инструментов, например, как нейронные сети и искусственный интеллект или современных тренажеров с использованием дополненной реальности [7] может в значительной степени повысить их мотивацию.

Цель статьи заключается в разработке инструмента для полной или частичной автоматизации наукометрического анализа исследований.

Наукометрия позволяет количественными методами исследовать научные работы, например, по числу цитирований, динамике публикаций, количеству диссертаций. Также интерес представляют методы анализа текстовых данных.

В качестве материала для данного исследования использовались открытые данные о защищенных диссертациях с сайта российской государственной библиотеки. Отбирались диссертации, связанные с эксплуатацией транспорта в аграрно-промышленном комплексе. В общей сложности проанализировано 720 кандидатских и 200 докторских диссертаций за период с 2015 по 2025 год. Сбор данных осуществлялся автоматически при помощи компьютерной программы – парсера, написанного на языке программирования python. По каждой диссертации собраны сведения о названии, авторе, месте написания и месте защиты, годе защиты.

Для проведения семантического контент-анализа названий диссертаций проведена предобработка текста, которая заключалась к приведению слов к леммам. Подробнее алгоритм предобработки текста описан в работе Гурьянова С.Г. [8]. Для большей информативности исследовалась частотность использования не только отдельных слов (униграмм), но и трех слов (триграмм).

На рисунке 1 представлено облако слов из городов, в которых подготовлены диссертации по эксплуатации транспорта в аграрно-промышленном комплексе.

Из рисунка видно, что центрами подготовки кадров высшей квалификации являются почти все города с населением свыше миллиона жителей, города где развито сельское хозяйство, а также столица Таджикистана – Душанбе.

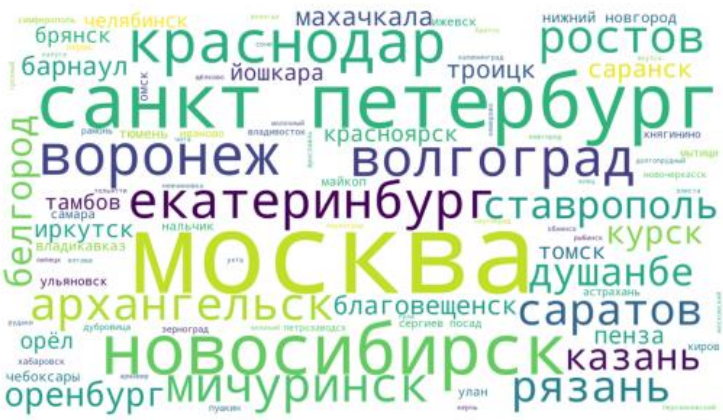


Рисунок 1 – Облако слов

На рисунке 2 представлена динамика защиты диссертаций в период с 2015 по 2025 год (первые три месяца).

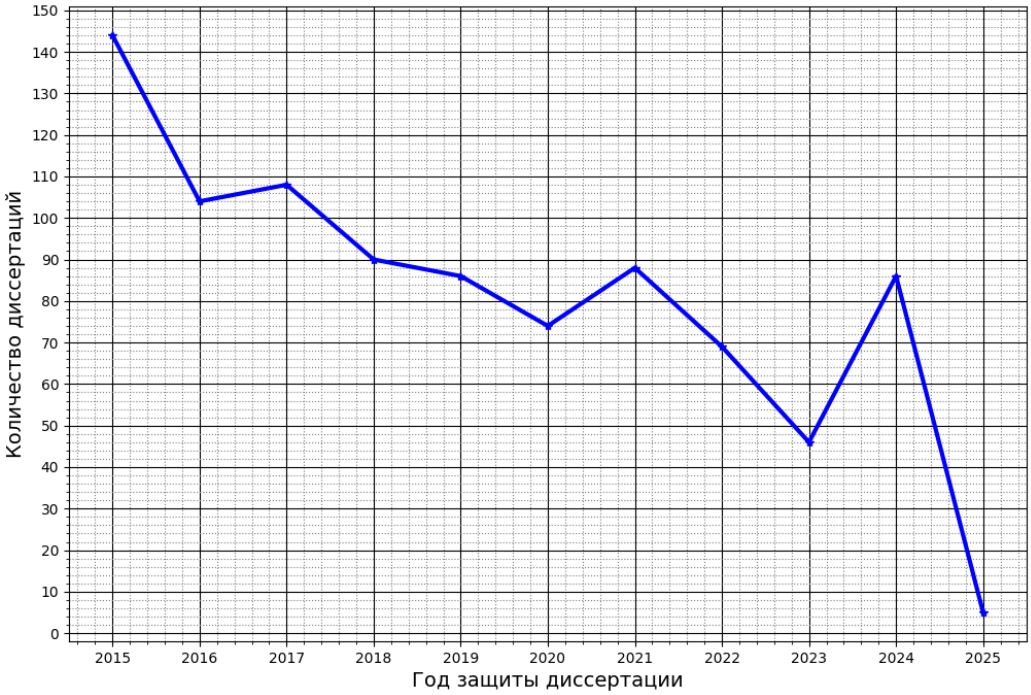


Рисунок 2 – Динамика защиты диссертаций

В среднем в год защищается около 80 диссертаций. Однако, из графика видна тенденция к снижению количества работ, что связано с пандемией коронавирусной инфекции (2020 год) и введением санкций на поставки техники, в том числе сельскохозяйственной (2022-2023 годы). В 2024 году количество защит диссертаций вернулось к среднему показателю.

Для выявления перспективных направлений научных исследований проанализированы названия диссертаций. На рисунке 3 представлены результаты частотного анализа слов в названиях.

По результатам частотного анализа слов (униграмм) можно составить только общее представление о темах диссертаций. Из рисунка 3 видно, что чаще всего работы посвящены совершенствованию или повышению эффективности

технологий или каких-то процессов.

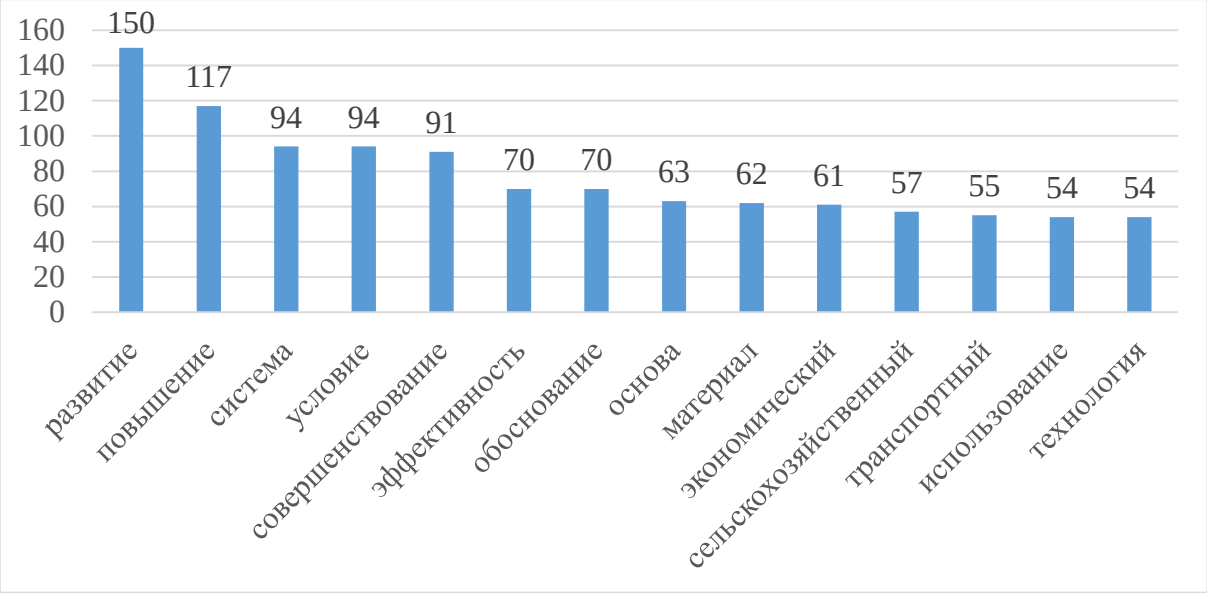


Рисунок 3 – Частотный анализ униграмм в названиях диссертаций

Более информативным является анализ триграмм, его результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты частотного анализа словосочетаний из трех слов

Словосочетание (триграмма)	Количество упоминаний
повышение, эффективность, использование	9
совершенствование, технология, средство	6
улучшение, показатель, дизель	5
область, республика, Таджикистан	5
поддержка, принятие, решение	5
обоснование, параметр, режим	4
повышение, эффективность, процесс	4
нарушение, правило, движение	3
правило, движение, эксплуатация	3
движение, эксплуатация, средство	3
повышение, эффективность, функционирование	3
восстановление, вал, техника	3
развитие, сектор, экономика	3
малый, форма, хозяйствование	3
материал, область, повышение	3

Из таблицы видно, что предположение о популярности тем направленных на повышение эффективности или совершенствование технологий, средств оказалось верным. Также видно, что часть работ направлена на улучшение показате-

лей дизельных двигателей, на организацию перевозки грузов, восстановление деталей, поддержку принятия решений, применение материалов и технологий.

Таким образом, наукометрический анализ в сочетании с программным обеспечением является эффективным инструментом для первичного анализа массива информации и определения основных трендов и тенденций.

Список литературы

1. Мальцев Д.В. Влияние качества образовательных услуг технического университета на трудоустройство выпускников // Перспективы науки и образования. 2020. №6 (48) . С. 459-473

2. Мальцев Д. В. Актуализация образовательных программ по результатам независимой оценки уровня подготовки выпускников университета // Перспективы науки и образования. 2021. № 5(53). С. 530-543.

3. Шаихов Р. Ф. Развитие компетенций руководителей автосервисов // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. 2024. Т. 1. С. 67-69

4. Шаихов Р. Ф. Повышение квалификации персонала автосервисного предприятия без отрыва от производства // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. 2024. Т. 1. С. 70-72.

5. Репецкий Д.С., Мальцев Д.В., Лазукова Е. А. Осознанный выбор профессии как доминантный мотив обучения в университете // Перспективы науки и образования. 2022. № 6(60). С. 10-28.

6. Мальцев Д. В. Развитие механизмов регулирования образовательного процесса студентами высших учебных заведений // Перспективы науки и образования. 2021. № 6(54). С. 592-605.

7. Шаихов Р. Ф. Обучение профессиональным навыкам при помощи учебных стендов-тренажеров // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. 2019. № 4. С. 74-79.

8. Гурьянов С. Г. Формирование профессиональных навыков специалистов по эксплуатации транспорта в соответствии с требованиями рынка труда // Мир транспорта и технологических машин. 2024. № 1-1(84). С. 111-118.

References

1. Maltsev D.V. Vliyanie kachestva obrazovatel'nykh uslug tekhnicheskogo universiteta na trudoustroistvo vypusknikov [Influence of the quality of educational services of a technical university on the employment of graduates] // Perspektivy nauki i obrazovania. 2020. N 48 (6). S. 459-473. (in Russ.)

2. Maltsev D. V. Aktualizatsiya obrazovatel'nykh programm po rezul'tatam nezavisimoi otsenki urovnya podgotovki vypusknikov universiteta [Updating of educational programs based on the results of an independent assessment of the level of training of university graduates] // Perspektivy nauki i obrazovania. 2021. N. 53 (5). S. 530-543. (in Russ.)

3. Shaikhov R. F. Razvitie kompetentsii rukovoditelei avtoservisov [Development of competencies of car service managers] // Modernizatsiya i nauchnye issledovaniya v transportnom komplekse. 2024. T. 1. S. 67-69. (in Russ.)

4. Shaikhov R. F. Povyshenie kvalifikatsii personala avtoservisnogo predpriyatiya bez otryva ot proizvodstva [Advanced training of personnel of a car service company on the job]// Modernizatsiya i nauchnye issledovaniya v transportnom komplekse. 2024. T. 1. S. 70-72. .(in Russ.)

5. Repetskiy D.S., Maltsev D.V., Lazukova E.A. Osoznannyi vybor professii kak dominantnyi motiv obucheniya v universitete [Conscious choice of profession as the dominant motive of studying at the university] // Perspektivy nauki i obrazovania. 2022. N. 60 (6). S. 10-28. (in Russ.)

6. Maltsev D.V. Razvitie mekhanizmov regulirovaniya obrazovatel'nogo protsessa studentami

vysshikh uchebnykh zavedenii [Development of mechanisms for regulating the educational process by students of higher educational institutions] // Perspektivy nauki i obrazovania. 2021. N. 54 (6). S. 592-605. (in Russ.)

7. Shaikhov, R. F. Obuchenie professional'nym navykam pri pomoshchi uchebnykh stendov-trenazherov [Training in professional skills using training simulator stands]// Transport. Transportnye sooruzheniya. Ekologiya. 2019. № 4. S. 74-79. (in Russ.)

8. Gur'yanov S. G. Formirovanie professional'nykh navykov spetsialistov po ekspluatatsii transporta v sootvetstvii s trebovaniyami rynka truda [Formation of professional skills of transport operation specialists in accordance with the requirements of the labor market] // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2024. № 1-1(84). S. 111-118. (in Russ.)

DOI: 10.58168/MSTT2025_204-208
УДК 656

АВТОНОМНЫЙ ЛОГИСТИЧЕСКИЙ ХАБ

А.Г. Шевцова[1], А.Г. Локтионова[1], С.С. Жантоан[1]
[1] Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,
г. Белгород, Россия, alinabur1995@mail.ru

Аннотация. Современная логистика сталкивается с рядом проблем, которые усложняют её эффективное функционирование. В данной статье рассмотрена технология, направленная на создание высокоэффективной автоматизированной системы управления логистическими процессами, обеспечивающая минимизацию человеческого фактора, повышение точности и скорости обработки грузов, снижение затрат и оптимизацию цепочки поставок.

Ключевые слова: логистика, логистический хаб, искусственный интеллект, умная упаковка, оптимизация маршрутов.

AUTONOMOUS LOGISTICS HUB

A.G. Shevtsova[1], A.G. Loktionova[1], S.S. Zhantoan[1]
[1] Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. V.G. Shukhov,
Belgorod, Russia, alinabur1995@mail.ru

Abstract. Modern logistics faces a number of problems that complicate its effective functioning. This article considers the technology aimed at creating a highly efficient automated logistics process management system that minimizes the human factor, increases the accuracy and speed of cargo handling, reduces costs and optimizes the supply chain.

Keywords: logistics, logistics hub, artificial intelligence, smart packaging, route optimization.

1 Состояние вопроса исследования и актуальность работы

Транспортно-логистические процессы являются неотъемлемой составляющей эффективности работы всей транспортной сети в целом. Роль транспортных логистических процессов заключается в обеспечении эффективности и надежности поставок товаров или услуг, способствуя экономии ресурсов и времени. Стремительный рост мировой торговли способствует росту числа грузоперевозок. В настоящее время наблюдается ряд проблем в транспортно-логистических процессах, которые требуют незамедлительного решения [1–3]. Такие проблемы, например, как: рост себестоимости перевозок, снижение надежности логистики, увеличение сроков доставки, простаивание автопарков, нарушение цепочек поставок и рост издержек, нарушение целостности товаров и др. Для решения вышеперечисленных задач необходимо внедрение инновационных технологий, которые в настоящее время являются неотъемлемой частью любого технологического процесса [4, 5]. Одним из способов повышения эффективности работы

© Шевцова А. Г., Локтионова А. Г., Жантоан С. С., 2025

транспортно-логистических процессов и снижения временных затрат является разработка Автономного логистического хаба (АЛХ) – системы, способной объединить элементы (искусственный интеллект, роботизированные системы, интернет вещей) для автоматизации всех процессов от загрузки товара на складе до доставки товаров конечным потребителям. Данная система позволит минимизировать участите человека в логистических операциях.

2 Материалы и методы

Для полноценной работы АЛХ необходима комплексная работа следующих компонентов: роботы-погрузчики, дроны-курьеры, искусственный интеллект для маршрутизации, умная упаковка товара, беспилотные автомобили, интеграция с другими программными системами. Над многими компонентами в настоящее время ведутся разработки специалистами разных направлений [6-10].

АЛХ включает в себя много преимуществ по сравнению с традиционной логистической системой. Во первый, благодаря АЛХ доставка станет в разы быстрее, так как процессы погрузки и разгрузки автоматизируются. Во-вторых, доставка товаров станет быстрее и надежнее. Автоматизация процессов позволит сократить расходы на рабочую силу, топливу, а также минимизировать потери из-за повреждений товара благодаря умной упаковке.

Умная упаковка представляет собой инновационный подход к транспортировке товаров и грузов. Она позволяет обеспечить максимальную защиту и полный контроль за состоянием груза на протяжении всего пути его датчики температуры, влажности и вибрации; GPS-трекеры; микроконтроллеры; блок питания; материал упаковки (рис.1).

Рисунок 1 – Предлагаемый макет умной упаковки

Благодаря установке температурных датчиков становится возможным процесс отслеживания температуры внутри контейнера где находятся товары, что особенно важно при транспортировке продуктов питания, медикаментов и других чувствительных к температуре товаров. Датчики влажности позволят контролировать уровень влажности, что важно для транспортировки таких товаров как - электроника, документы и других материалов, которые могут пострадать от влаги. Использование датчиков вибрации позволит регистрировать удары и тряску. Установка GPS – трекеров позволит отслеживать местоположение груза в любой момент времени. При помощи микроконтроллеров будут обрабатываться сигналы от вышеперечисленных датчиков, а полученная информация передаваться в центральную систему управления через беспроводные каналы связи (Wi-Fi, Bluetooth, LTE). Блок питания умной упаковки представляет собой использование встроенного аккумулятора или солнечной батареи, обеспечивающих автономную работу устройства на протяжении длительного времени. Сам материал упаковки изготавливается из специальных материалов, устойчивых к внешним воздействиям и

способных защитить содержимое от механических повреждений, а также температурных колебаний.

3 Результаты исследований

Принцип работы умной упаковки состоит в следующем: товар помещают в упаковку, в этот момент установленные в ней датчики начинают свою работу. Микроконтроллер начинает собирать данные и передавать их в центральную систему управления. На протяжении всего пути датчики отслеживают параметры окружающей среды и передают эту информацию в реальном времени. Если происходит отклонение от нормы (например, резкое повышение температуры), система немедленно уведомляет об оператора. При обнаружении проблем система может отправить уведомление оператору или водителю транспортного средства, изменить условия хранения (например, включить охлаждение или обогрев), предложить изменить маршрут, чтобы избежать неблагоприятных условий. После завершения перевозки все собранные данные анализируются. Это позволяет выявить слабые места в процессе транспортировки и внести соответствующие изменения для повышения качества услуг.

Умная упаковка позволит минимизировать потери благодаря постоянному мониторингу и своевременно предотвратить повреждение и порчу товаров. Благодаря системе постоянного отслеживания заказчик знает о состоянии своего груза и уверен в его сохранности. Экономия ресурсов, оптимизация условий хранения и транспортировки позволяет снизить затраты на повторные отправки и компенсации.

4 Обсуждение и заключение

Использование Автономного логистического хаба (АЛХ) является значимым решением в области логистики, так как позволяет объединить передовые технологии – искусственный интеллект, интернет вещей, робототехнику, умную упаковку. Внедрение АЛХ позволяет существенно сократить временные и финансовые затраты, свести к минимуму участие человека в процессах и снизить вероятность ошибок, обусловленных человеческим фактором [11]. Оптимизация маршрутов, мониторинг состояния грузов в реальном времени и интеграция с современными информационными системами делают АЛХ незаменимым средством для повышения конкурентоспособности компаний в условиях стремительно развивающегося мирового рынка. Одним из главных достоинств АЛХ является его способность адаптироваться к изменяющимся условиям и оперативно реагировать на изменения в цепочке поставок. Это обеспечивается благодаря мощным алгоритмам машинного обучения и анализа больших данных, что позволяет принимать взвешенные решения в режиме реального времени. Кроме того, АЛХ способствует снижению негативного воздействия логистики на окружающую среду посредством оптимизации энергопотребления и выбора экологически безопасных решений. В свою очередь, разработка и использование умных упаковок позволит трансформировать традиционный подход по управлению цепочками поставок, хранению и транспортировки товаров [12, 13]. Таким образом, данная система является важным шагом в развитии логистических процессов, предлагая решения, соответствующие современным вызовам и ожиданиям рынка.

Благодарности

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

Список литературы

1. Андреев, К.К. Автономные логистические системы: взгляд в будущее / К.К. Андреев. – Воронеж : Издательство ВГУ, 2021. – 384 с.

2. Васильев, П.П. Проблемы и перспективы внедрения автономных логистических хабов / П.П. Васильев // Вопросы экономики и права. – 2020. – № 3. – С. 78–91.

3. Глаголев С.Н. Организация перевозок грузов автомобильным транспортом / С. Н. Глаголев, А. Н. Новиков, И. А. Новиков [и др.]. – Белгород-Орел : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2023. – 184 с. – ISBN 978-5-361-01268-8.

4. Дорохин, С. В. Развитие методов управления транспортными потоками в малых и средних городах / С. В. Дорохин, А. Ю. Артемов // Мир транспорта и технологических машин. – 2023. – № 1-1(80). – С. 60-67. – DOI 10.33979/2073-7432-2023-1(80)-1-60-67.

5. Карпов, Ю.Ю. Роботизация в логистике: вызовы и перспективы / Ю.Ю. Карпов // Логистика и управление цепями поставок. – 2021. – № 1. – С. 23–35.

6. Мирошников, Е. В. Интеллектуальные транспортные системы Белгородской области / Е. В. Мирошников, А. Г. Локтионова // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 170-летию со дня рождения В.Г. Шухова : Сборник докладов, Белгород, 16–17 мая 2023 года. Том Часть 9. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2023. – С. 230-234.

7. Михайлов, Г.Г. Автоматизация складских процессов: российский опыт / Г.Г. Михайлов // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. – 2019. – № 2. – С. 89–102.

8. Морозова, М.М. Искусственный интеллект в управлении складскими операциями / М.М. Морозова, В.В. Соколов. – Нижний Новгород : Издательство ННГУ, 2021. – 192 с.

9. Новиков И.А. Цифровые технологии в транспортно-дорожном комплексе / А. Н. Новиков, И. А. Новиков, Н. А. Загородний, А. Г. Шевцова. – Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2019. – 429 с. – ISBN 978-5-361-01095-0.

10. Сидоров, А.А. Применение искусственного интеллекта в управлении цепочками поставок / А.А. Сидоров, Е.Е. Смирнов. – Санкт-Петербург : Питер, 2019. – 256 с.

11. Сильянов, В. В. О совершенствовании сетевого управления транспортными потоками в интеллектуальных транспортных системах / В. В. Сильянов, В. Т. Капитанов, О. Ю. Монина // Информационные технологии и инновации на транспорте : Материалы 5-ой Международной научно-практической конференции, Орёл, 22–23 мая 2019 года / Под общей редакцией А.Н. Новикова. – Орёл: Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, 2020. – С. 108-113.

12. Чекмарева, Г. И. Техника осуществления логистики таможенных операций и таможенного оформления на современном этапе / Г. И. Чекмарева, П. С. Шевчук, В. В. Зырянов // Инженерный вестник Дона. – 2022. – № 6(90). – С. 98-110.

13. Шевцова, А. Г. Организация транспортного процесса с помощью программ моделирования / А. Г. Шевцова, А. Г. Бурлуцкая, Д. А. Лашин // Актуальные вопросы организации автомобильных перевозок и безопасности движения : Сборник материалов Международной научно-практической конференции, Саратов, 25 апреля 2018 года. – Саратов: Межрегиональный центр инновационных технологий в образовании, 2018. – С. 67-72.

References

1. Andreev, K.K. Autonomous logistics systems: a look into the future / K.K. Andreev. - Voronezh : VGU Publishing House, 2021. - 384 c.

2. Vasiliev, P. P. Problems and prospects of implementation of autonomous logistics hubs / P. P. Vasiliev // Voprosy ekonomiki i pravo. - 2020. - № 3. - С. 78-91.

3. Glagolev, S.N. Organisation of cargo transportation by automobile transport/ S.N. Glagolev, A.N. Novikov, I.A. Novikov [et al.]. - Belgorod-Orel : Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. V.G. Shukhov, 2023. - 184 с. -ISBN 978-5-361-01268-8.

4. Dorokhin, S. V. Development of methods of traffic flow management in small and medium-sized cities / S. V. Dorokhin, A. Yu. Artemov // World of transport and technological machines. - 2023. - № 1-1(80). - С. 60-67. – DOI 10.33979/2073-7432-2023-1(80)-1-60-67.

5. Karpov, Yu.Yu. Robotisation in logistics: challenges and prospects / Yu.Yu. Karpov // Logistics and supply chain management. - 2021. - № 1. - С. 23-35. Translated with DeepL.com (free version)

6. Miroshnikov, E. V. Intelligent transport systems of Belgorod region / E. V. Miroshnikov, A. G. Loktionova // International scientific and technical conference of young scientists of V.G. Shukhov State Technical University dedicated to the 170th anniversary of V.G. Shukhov : Collection of reports, Belgorod, 16-17 May 2023. Vol. Part 9. - Belgorod: Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. V.G. Shukhov, 2023. - С. 230-234.

7. Mikhailov, G.G. Automation of warehousing processes: Russian experience / G.G. Mikhailov // Bulletin of Moscow University. Series 6: Economics. - 2019. - № 2. - С. 89-102.

8. Morozova, M.M. Artificial intelligence in the management of warehouse operations / M.M. Morozova, V.V.. Sokolov. - Nizhny Novgorod : NNGU Publishing House, 2021. - 192 с.

9. Novikov, I.A. Digital technologies in transport and road complex / A.N. Novikov, I.A. Novikov, N.A. Zagorodny, A.G. Shevtsova. - Belgorod : Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. V.G. Shukhov, 2019. - 429 с. - ISBN 978-5-361-01095-0.

10. Sidorov, A.A. Application of artificial intelligence in supply chain management / A.A. Sidorov, E.E. Smirnov. - Saint Petersburg : Piter, 2019. - 256 с.

11. Silyanov, V. V. On improving the network management of traffic flows in intelligent transport systems / V. V. Silyanov, V. T. Kapitanov, O. Y. Monina // Information technologies and innovations in transport : Proceedings of the 5th International Scientific and Practical Conference, Oryol, 22-23 May 2019 / Under the general editorship of A. N. Novikov. - Oryol: Oryol State University named after I.S. Turgenev. I.S. Turgenev, 2020. - С. 108-113.

12. Chekmareva, G. I. Technique of the implementation of logistics of customs operations and customs clearance at the present stage / G. I. Chekmareva, P. S. Shevchuk, V. V. Zyryanov // Engineering Bulletin of Don. - 2022. - № 6(90). - С. 98-110.

13. Shevtsova, A. G. Organisation of the transport process with the help of simulation programs / A. G. Shevtsova, A. G. Burlutskaya, D. A. Lashin // Actual issues of road transport organisation and traffic safety : Collection of materials of the International Scientific and Practical Conference, Saratov, 25 April 2018. - Saratov: Interregional Centre for Innovative Technologies in Education, 2018. - С. 67-72.

DOI: 10.58168/MSTT2025_209-212
УДК 656.1

СТЕНД ДЛЯ ГИДРОСТРУЙНОЙ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ

А.А. Лакомкин[1]

[1] Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
г. Санкт-Петербург, Россия, lakomkin.andrey@gmail.com

Аннотация. Гидроструйные технологии получили довольно широкое распространение в наши дни. С их помощью может проводится как резка, так и очистка материала от различных загрязнений. Для изучения этих процессов был построен стенд для гидроструйной очистки.

Ключевые слова: стенд для гидроструйной очистки, гидроструйный рабочий орган, гидроструйные технологии.

STAND FOR HYDRO-JET CLEANING OF SURFACES

A.A. Lakomkin[1]
[1] Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
Saint Petersburg, Russia, lakomkin.andrey@gmail.com

Abstract. Hydro-jet technologies have become quite widespread these days. They can be used for both cutting and cleaning materials from various contaminants. A hydro-jet cleaning stand was built to study these processes.

Keywords: Hydro-jet cleaning stand, hydro-jet working element, hydro-jet technologies.

Принцип удаления загрязнений

Чтобы удалить загрязнения, необходимо воздействие кинетической энергии на разрушаемый материал. Струя, выходящая из рабочего органа – гидроструйного резака формируется за счёт потока жидкости под высоким давлением и обладает кинетической энергией, которая передаётся на удаляемый материал. Если кинетической энергии струи достаточно, чтобы преодолеть предел прочности материала загрязнения, то будет происходить очистка поверхности. При этом важно, чтобы предел прочности самой поверхности превышен не был. Только при таких условиях возможна очистка без её повреждения.

Основным параметром, измеряемым на стенде, является глубина резания материала, она отражает энергоэффективность процесса очистки и рассчитывается по следующей формуле в общем виде:

$$h = f(\sigma_{\text{сж}}, P_{\text{в}}, \rho_{\text{в}}, Q_{\text{в}}, d_{\text{ф}}, l_{\text{в}}, d_{\text{в}}, \alpha_{\text{в}}, l_{\text{к}}, l_{\text{кол}}, d_{\text{кол}}, \alpha_{\text{кол}}, d_{\text{а}}, \rho_{\text{а}})$$

© Лакомкин А. А., 2025

h – глубина реза в удаляемом материале
$\sigma_{сж}$ – предел прочности удаляемого материала
$P_в$ – плотность воды
$Q_в$ – давление воды
$d_ф$ – диаметр форсунки
$l_в$ – расстояние от форсунки до штуцера подачи абразива
$d_в$ – диаметр штуцера для подачи абразива
$\alpha_в$ – угол наклона штуцера подачи абразива
$l_к$ – расстояние между форсункой и коллиматором
$l_{кол}$ – длина коллиматора
$d_{кол}$ – диаметр коллиматора
$\alpha_{кол}$ – угол конуса в коллиматоре
$d_а$ – размер фракции абразива
$\rho_а$ – плотность абразива

Конструкция стенда

Испытательный стенд состоит из:

1. Насоса высокого давления, имеющего следующие характеристики: рабочее давление до 200 бар и расход воды до 17 литров в минуту.
2. Ёмкости с водой на 65 литров.
3. Рамы с подвижной кареткой с электроприводом.
4. Рабочего органа – гидроструйного резака.
5. Дополнительного оборудования (штатив для высокоскоростной камеры, секундомера, линейки, расходомера воды, весов).

Рисунок 1 – Испытательный стенд в сборе

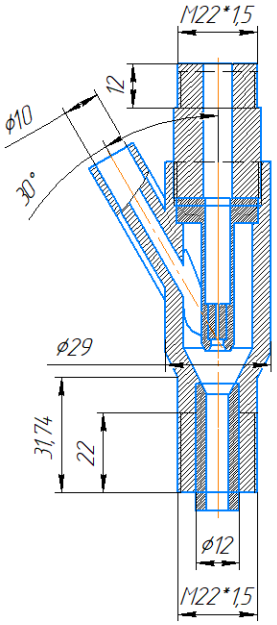


Рисунок 2 – Гидроструйный резак

Стенд работает по следующему принципу: поток воды, создаваемый насосом, подаётся в резак по гидравлической магистрали под давлением до 200 бар.

В резаке установлена форсунка, создающая струю жидкости в камере смешивания. В эту камеру дополнительно подаётся абразив (соль, смесь соли с песком, смесь соли с гранитной крошкой). Для подачи абразива используется эффект Вентури, вызывающий разряжение в камере смешивания, что позволяет завлекать абразив в камеру смешивания. Окончательно струя формируется в коллиматоре. Резак установлен на подвижной каретке, скользящий по двум направляющим. В движение каретка приводится с помощью электродвигателя через ремень. Ременной привод имеет механизм натяжения, что позволяет добиться более равномерного движения. Угол установки резака изменяется в диапазоне 50 градусов от вертикали. Также изменяется и азимутальный угол, то есть угол резака к направлению движения. Высота направляющих регулируется за счет прорезей в раме. Высота изменяется в пределах 50 сантиметров.

Эксперимент

На стенде для гидроструйной очистки был проведён ряд экспериментов по исследованию глубины резания льда с помощью гидроабразивной струи.

Эксперименты проходили по следующему принципу: выставлялась высота между образцом льда и резаком, производилось включение насоса, производилось включение привода каретки, затем выключение, далее замеры глубины, ширины и длины реза, также измерялись такие параметры, как расход абразива, время резания

Таблица 1 – результаты эксперимента

Параметры эксперимента	№ 1	№2	№3	№4	№5
Время (с)	11	10	5	18	18
Расстояние резания (мм)	140	170	146	135	121
Расход воды (л)	0,615	0,693	0,366	1,067	1,076
Расход абразива (г)	75	92	52	102	116
Высота (мм)	120	270	65	65	65
Ширина реза (мм)	11	25	8	14	20
Глубина реза (мм)	14	6	16	31	43

Рисунок 3 – Образец льда после резания

Список литературы

1. Бреннер В.А., Жабин А.Б., Пушкарев А.Е., Щеголевский М.М. Гидроабразивное резание горных пород. – М.: Изд-во Московского государственного горного университета, 2003. – 279 с.

2. Жабин А.Б., Аверин Е.А., Поляков А.В., Щеголевский М.М. Анализ и доработка аналитического метода расчета гидроабразивной эрозии горных пород // Горное оборудование и электромеханика. – 2018. – № 2. – С. 17-25.

3. Жабин А.Б., Лавит И.М., Аверин Е.А. Математическая модель процесса эрозии горных пород гидроабразивной струей // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2014. – №11, ч. 2. –

4. Пушкарев А.Е. Обоснование и выбор параметров гидроабразивного инструмента исполнительных органов горных машин с разработкой модулей высоконапорного оборудования: дисс. … канд. техн. наук. – Тула: Тульский государственный университет, 1999. – 347 с.

5. Обоснование конструктивных параметров и режимов работы гидроабразивной установки для удаления льда с рабочих поверхностей объектов транспортной инфраструктуры в Арктических регионах: отчет о НИР / СПбГАСУ; исполн. А.Е. Пушкарев, нормоконтр. Н.С. Феофанова. – Санкт-Петербург, 2022. – 37 с.

References

1. Brenner V.A., Zhabin A.B., Pushkarev A.E., Shchegolevsky M.M. Hydroabrasive cutting of rocks. – M.: Publishing house of Moscow State Mining University, 2003. – 279 p.

2. Zhabin A.B., Averin E.A., Polyakov A.V., Shchegolevsky M.M. Analysis and revision of the analytical method for calculating hydroabrasive erosion of rocks // Mining equipment and electromechanics. – 2018. – No. 2. – P. 17-25.

3. Zhabin A.B., Lavit I.M., Averin E.A. Mathematical model of the process of rock erosion by a hydroabrasive jet // Bulletin of Tula State University. Technical sciences. – 2014. – No. 11, part 2. – P. 302-312.

4. Pushkarev A.E. Justification and selection of parameters of the hydroabrasive tool of the executive bodies of mining machines with the development of high-pressure equipment modules: diss. … Cand. of Engineering Sciences. – Tula: Tula State University, 1999. – 347 p.

5. Justification of the design parameters and operating modes of the hydroabrasive unit for removing ice from the working surfaces of transport infrastructure facilities in the Arctic regions: R&D report / SPbGASU; executor. A.E. Pushkarev, standard controller N.S. Feofanova. – St. Petersburg, 2022. – 37 p.

DOI: 10.58168/MSTT2025_213-217
УДК 621.793.74

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТИРОВКИ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ ПО СЕТЕВЫМ МАРШРУТАМ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМИ ПУНКТАМИ

Д.В. Максимов[1], В.А. Иванников[1], А.П. Новиков[1], С.Н. Крухмалев[1], Е.Р. Вернигора[1]
[1] Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова, г. Воронеж, Россия, ivannikov_vrn@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены особенности сетевой доставки лесоматериалов. Предложена целевая функция и критерии оптимизации. Рассмотрена модель процесса транспортировки сетевыми маршрутами с промежуточными складами.

Ключевые слова: транспортировка лесоматериалов, сетевые маршруты, промежуточные склады, оптимизация, затраты, критерии.

MODELING OF TIMBER TRANSPORTATION ALONG NETWORK ROUTES WITH INTERMEDIATE POINTS

D.V. Maksimov[1], V.A. Ivannikov[1], A.P. Novikov[1], S.N. Krukhmalev[1], E.R. Vernigora[1]
[1] Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia, ivannikov_vrn@mail.ru

Annotation. The features of network timber delivery are considered. The objective function and optimization criteria are proposed. A model of the transportation process by network routes with intermediate warehouses is considered.

Key words: transportation of timber, network routes, intermediate warehouses, optimization, costs, criteria

Проблеме повышения эффективности функционирования лесотранспортной сети лесных предприятий уделено внимание в исследованиях отечественных и зарубежных ученых. [1–5] Значительное внимание при разработке схем транспортно-технологического освоения лесных участков уделяется как обоснованию дорожной сети, так и выбору мест расположения промежуточных складов (пунктов обработки лесопродукции) или лесных сырьевых бирж. В последнее время общемировой тенденцией в лесозаготовках является создание крупных производственных структур с вертикальной интеграцией (по типу лесопромышленных холдингов). Деятельность таких предприятий характеризуется широким разнообразием технологических потоков, которые требуют предварительному разделению лесоматериалов по породно-качественному составу [2].

Так как система функционирования складов, да и сама технология транспортировки лесопродукции во многом определяется видом транспорта, ограничим рассмотрение только автомобильным транспортом, как наиболее универ-

© Максимов Д. В., Иванников В. А., Новиков А. П., Крухмалев С. Н., Вернигора Е. Р., 2025

сальном и доступном для большинства лесопромышленных предприятий. Основной ролью таких складов в системе региональной транспортировки является обработка и комплектование партий многономенклатурных лесоматериалов в условиях доставки потребителю на основе полученной лесопродукции от нескольких производителей [5].

С целью улучшения условий работы автопоездов, приближая их к тем, в каких они работают на дорогах общего пользования, целесообразно в соответствующих условиях при значительных расстояниях вывозки леса применять автопоезда одного типа. Например, при расстоянии до 200 км работает один тип автопоезда, на котором заезжают непосредственно на лесосеку и затем вывозят лес на нижний склад [4].

Изучается и разрабатывается двухступенчатая схема транспортного освоения лесного массива, как вариант лесовывозки по грузосборочной дороге. По этой схеме транспортировку леса к ветке или магистрали намечается осуществлять автопоездами высокой проходимости первой ступени, создаваемыми на базе полноприводного автомобиля. Доставленный к веткам или магистралям лес перегружается на автопоезд второй ступени, грузоподъемность которого в 3-4 раза больше, чем поезда первой ступени. Мощные автопоезда будут вывозить древесину на 200-250 км и более к местам ее переработки или к пунктам отгрузки для дальнейшей транспортировки. Дороги для поездов второй ступени устраиваются с гравийным, щебеночным, черным или другим усовершенствованным покрытием.

Автопоезд второй ступени формируется на базе энергонасыщенных трех- и четырехосных тягачей с приводом на все оси с расчетом эксплуатации их с трехосными роспусками. При двухступенчатой вывозке расстояние между ветками несколько возрастает, что приведет к уменьшению протяженности постоянных дорог в лесном массиве, а сеть временных дорог остается на прежнем уровне [5].

Технологический процесс транспортировки лесоматериалов предусматривает наличие промежуточных складов для хранения, сортировки и перевалки лесопродукции определенного объема, учитывающего заранее известную мощность лесозаготовительных предприятий и потребителей. В этом случае необходимо определить места размещения промежуточных складов с учетом минимизации затрат на перевозку и хранение лесоматериалов на складах и затраты на доставку лесопродукции потребителям [3].

Исследование системы транспортных потоков предприятий лесного комплекса позволяет выделить из общей системы предприятия, отличающиеся своей специализацией (m-типов), имеющих в своей структуре обособленные подразделения ($N_{пр}$), арендующие участки лесного фонда, которые характеризуются особенными экономическими и производственно-технологическими условиями (P и Э). Природно-климатические и дорожные условия регионов расположения участков лесного фонда в свою очередь могут быть охарактеризованы состоянием W [7].

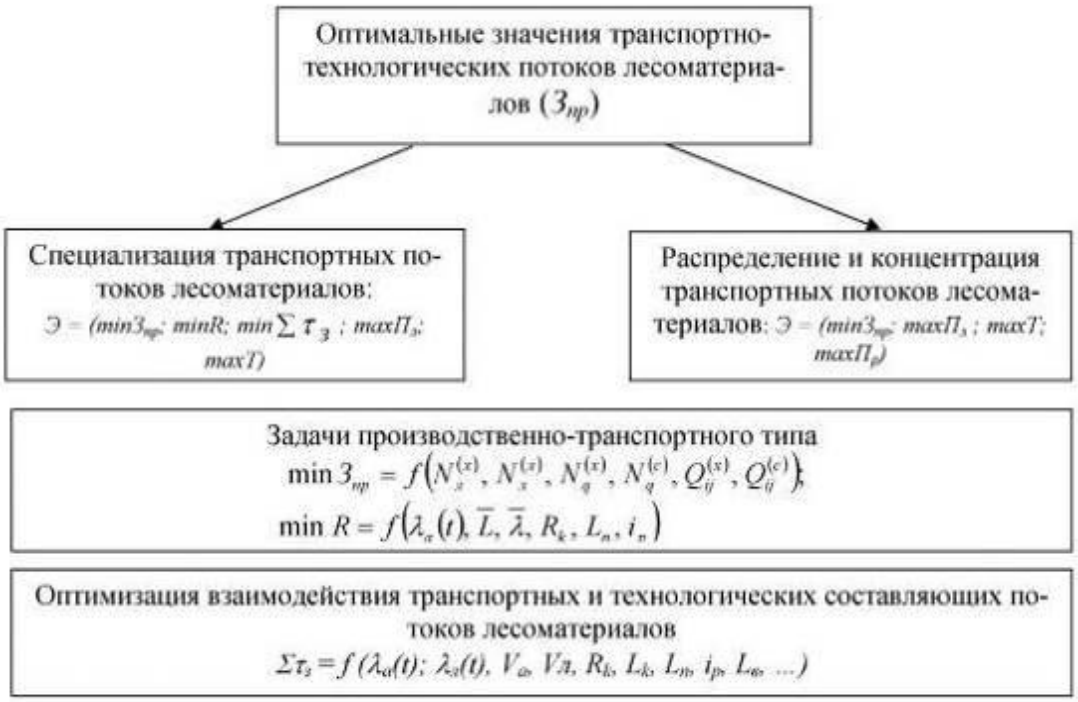


Рисунок 1 – Схема процесса совершенствования транспортно-технологических связей лесопромышленных предприятий

Исходя из вышесказанного, целевая функция запишется в следующем виде:

$$Э = (min\ З_{пр}, max\ П_р, max\ T, min\ R, min\ \Sigma\tau_з, max\ Li_л, min\ t_п).$$

У предприятий лесного комплекса при оценке эффективности транспортных процессов следует, с целью повышения точности, дополнить функцию критериями, характеризующими транспортные и технологические процессы.

Условившись принять максимум прибыли в качестве критерия оптимизации, на основе представленной схемы можно записать математическую модель в таком виде [7, 8]:

$$П_р = \sum_{j=1}^{N_Л}\left[\sum_{i=1}^{N_Г}\left(Ц_i^c - З_{ji}^c - З_{ji}^{cc}\right)Q_{ji}^c + \left(Ц_j^н - З_j^н\right)Q_j^н - \right.$$
$$\left. - \sum_{q=1}^{Nq}\sum_{i=1}^{N_Г} З_{jqi}^{сл} L_{jq} Q_{jqi} + \sum_{i=1}^{N_Г} З_{ji}^o Q_{ji}^o - C_j^x Q_j^x - K_j\Delta\right] +$$
$$+ \sum_{q=1}^{Nq}\left[\sum_{i=1}^{N_Г}\left(Ц_i^c - З_{qi}^c - З_{qi}^{cc}\right)Q_{qi}^c - \sum_{i=1}^{N_Г} З_{qi}^o Q_{qi}^o + \left(Ц_q^н - З_q^н\right)Q_q^н - K\Delta - \right] \to max,$$

где $З_{ji}^{cc}$ – затраты на производство 1 м^3 i-го лесоматериала на j-м лесозаготовительном предприятии; $З_{jqi}^{сл}$ – затраты на транспортировку i-го древесного материала с j-го в q-й пункт потребления; $З_{qi}^{cc}$ – издержки по транспортировке i-го древесного сырья на участки обработки на j-м деревообрабатывающем предприятии

или q-м лесозаготовительном предприятии; $З^н$ – издержки при переработке одного м^3 низкокачественного сырья; $З_i^o$ – издержки на погрузочно-разгрузочные работа i-х при межрегиональных перевозках; C_j^x – цена древесного сырья в j-м участке лесного фонда; $Ц_j^c, Ц^н$ – стоимость i-ой продукции из низкокачественного сырья; K – балансовая цена основных средств; Δ – плата за основные средства.

Таким образом, для сетевого планирования транспортных операций при освоении арендованных участков лесного фонда регионов характерна обобщенная задача о потоках лесопродукции при минимизации стоимости. В условиях, когда вывозка лесоматериалов осуществляется преимущественно по дорогам общего назначения на расстояния свыше 200 км автомобильным транспортом (автомобилями-лесовозами) расчеты показывают значительную экономию по объему погрузочно-разгрузочных работ, затратам на топливо и техническое обслуживание подвижного состава.

Список использованной литературы

1. Соколов, А. П. Оценка эффективности организации транспортных потоков на перевозках древесины / А. П. Соколов // Лесотехнический журнал. – 2025. – Т. 15, № 1(57). – С. 123-137. – EDN JMABRV.

2. Мохирев, А. П. Закономерности ранговых распределений факторов вывозки древесины с лесных участков / А. П. Мохирев, К. П. Рукомойников, П. М. Мазуркин // Лесной вестник. Forestry Bulletin. – 2021. – Т. 25, № 4. – С. 112-120. – DOI 10.18698/2542-1468-2021-4-112-120. – EDN IPXAYT.

3. Отдельные особенности имитационного моделирования технологического процесса вывозки древесины / К. П. Рукомойников, А. П. Мохирев, С. О. Медведев, Е. Ю. Дербенева // Наука и бизнес: пути развития. – 2020. – № 10(112). – С. 104-107. – EDN WATOIY.

4. К вопросу совершенствования транспортных грузопотоков лесоматериалов в условиях интеллектуальных транспортных систем / О. Н. Бурмистрова, Э. А. Черников, Ю. Н. Пильник, Ю. М. Чемшикова // Лесотехнический журнал. – 2018. – Т. 8, № 3(31). – С. 131-138. – DOI 10.12737/article_5b97a15c4ef7d3.26143418. – EDN VOTAKD.

5. К оценке эффективности управления системой поставок товарной древесины / И. М. Еналеева-Бандура, А. Н. Баранов, С. А. Бровкин [и др.] // Сибирский лесной журнал. – 2024. – № 6. – С. 101-112. – DOI 10.15372/SJFS20240612. – EDN AKEJUI.

6. Обоснование целевой функции по совершенствованию региональной транспортной системы дорожного комплекса / В. А. Иванников, С. И. Сушков, О. Н. Бурмистрова [и др.] // Воронежский научно-технический Вестник. – 2018. – Т. 2, № 2(24). – С. 62-67. – EDN XYZOBN.

7. Иванников, В. А. Совершенствование системы формирования грузопотоков лесоматериалов на смежных видах транспорта : специальность 05.21.01 "Технология и машины лесозаготовок и лесного хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Иванников Валерий Александрович. – Воронеж, 2019. – 331 с. – EDN AACYLE.

8. Иванников, В. А. Совершенствование многоуровневой системы транспортных связей лесных предприятий на региональном уровне / В. А. Иванников // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 134. – С. 491-503. – DOI 10.21515/1990-4665-134-040. – EDN YNWXNE.

References

1. Sokolov, A. P. Evaluation of the effectiveness of the organization of transport flows in the transportation of wood / A. P. Sokolov // Forestry Journal. – 2025. – Vol. 15, No. 1(57). – pp. 123-137. – EDN JMABRV.

2. Mohirev, A. P. Patterns of rank distributions of factors of wood removal from forest sites / A. P. Mohirev, K. P. Handmoynikov, P. M. Mazurkin // Lesnoy vestnik. Forestry Bulletin. – 2021. – Vol. 25, No. 4. – pp. 112-120. – DOI 10.18698/2542-1468-2021-4-112-120. – EDN IPXAYT.

3. Selected features of the simulation of the technological process of wood removal / K. P. Handmoynikov, A. P. Mohirev, S. O. Medvedev, E. Y. Derbeneva // Science and business: ways of development. – 2020. – № 10(112). – Pp. 104-107. – EDN WATOIY.

4. O. N. Burmistrova, E. A. Chernikov, Yu. N. Pilnik, Yu. M. Chemshikova On the issue of improving transport cargo flows of timber in conditions of intelligent transport systems // Forestry Engineering Journal. – 2018. – Vol. 8, No. 3(31). – pp. 131-138. – DOI 10.12737/article_5b97a15c4ef7d3.26143418. – EDN VOTAKD.

5. To assess the effectiveness of the management of the commercial timber supply system / I. M. Enaleeva-Bandura, A. N. Baranov, S. A. Brovkin [et al.] // Siberian Forest Journal. – 2024. – No. 6. – pp. 101-112. – DOI 10.15372/SJFS20240612. – EDN AKEJUI.

6. Substantiation of the target function for improving the regional transport system of the road complex / V. A. Ivannikov, S. I. Sushkov, O. N. Burmistrova [et al.] // Voronezh Scientific and Technical Bulletin, 2018, vol. 2, No. 2(24), pp. 62-67. EDN XYZOBN.

7. Ivannikov, V. A. Improving the system of formation of timber cargo flows on related modes of transport : specialty 05.21.01 "Technology and machinery of logging and forestry" : dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences / Ivannikov Valery Alexandrovich. Voronezh, 2019. 331 p. - EDN AACYLE.

8. Ivannikov, V. A. Improvement of the multilevel system of transport links of forest enterprises at the regional level / V. A. Ivannikov // Political network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. – 2017. – No. 134. – pp. 491-503. – DOI 10.21515/1990-4665-134-040. – EDN YNWXNE.

DOI: 10.58168/MSTT2025_218-223
УДК 629.067

ЗАМЕНА СИЛОВОГО АГРЕГАТА В ТРАНСПОРТНОМ СРЕДСТВЕ: ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ И ТРЕБОВАНИЯ К БЕЗОПАСНОСТИ

А. Е. Мешкова[1], Т. А. Левина[1],
[1]Московский политехнический университет (Московский Политех),
г. Москва, Россия, arinameshkova2002@yandex.ru

Аннотация. Статья посвящена комплексному анализу требований к безопасности транспортных средств, применяемых при внесении изменений в конструкцию транспортного средства путем замены силового агрегата, оказывающего влияние на динамические и прочностные показатели, включая перераспределение нагрузок на кузов, трансмиссию и подвеску.

Ключевые слова: силовой агрегат, двигатель, безопасность, техническая экспертиза, испытания, транспортное средство, модификация

REPLACEMENT OF THE POWER UNIT IN THE VEHICLE: LEGAL ASPECTS AND SECURITY REQUIREMENTS

A.E. Meshkova[1], T.A. Levina[1],
[1] Moscow Polytechnic University (Moscow Polytechnic University),
Moscow, Russia, arinameshkova2002@yandex.ru

Annotation. The article is devoted to a comprehensive analysis of vehicle safety requirements applied when making changes to the vehicle design by replacing the power unit, which affects dynamic and strength performance, including the redistribution of loads on the body, transmission and suspension.

Keywords. Power unit, engine, safety, technical expertise, testing, vehicle, modification

Владельцы автомобилей в процессе использования транспортного средства (ТС) нередко сталкиваются с потребностью в технической модернизации машины, а именно внесение изменений в конструкцию ТС. Основной причиной таких изменений является потребность заменить или улучшить рабочие характеристики ТС или адаптировать их под решение специфических задач, выходящих за рамки его заводской комплектации.

В рамках правового регулирования государство РФ устанавливает строгие ограничения, регламентирующие подобные изменения, связанные с внесением изменений в конструкцию ТС. На международном уровне, включая российскую правовую систему, действуют правила оценки соответствия ТС требованиям безопасности. На территории РФ для проверки технических характеристик ТС применяется национальный стандарт ГОСТ 33670-2015 «Автомобильные транспортные средства единичные. Методы экспертизы и испытаний для проведения

© Мешкова А. Е., Левина Т. А., 2025

оценки соответствия», одновременно с этим страны-участницы ЕАЭС руководствуются положениями Технического регламента «О безопасности колесных транспортных средств» (ТР ТС 018/2011).

Саму процедуру проверки соответствия конструкции ТС на безопасность выполняют внесённые в национальную часть единого реестра аккредитованные в национальной системе аккредитации испытательные лаборатории (ИЛ). Такие ИЛ уполномочены на проведение технической экспертизы и испытаний, касающихся внесением изменений в конструкцию ТС, которые выдают заключение о соответствии того или иного воздействия на конструкцию ТС установленным требованиям безопасность [1].

Силовой агрегат является одной из ключевых систем транспортного средства, объединяя компоненты, которые превращают топливо или электроэнергию в движение. Эта система включает не только двигатель – будь то классический двигатель внутреннего сгорания, электромотор или гибридный модуль – но и трансмиссию, передающую энергию колесам, а также десятки вспомогательных узлов: от системы охлаждения до электронных контроллеров. Современные агрегаты проектируются как сложные технические системы, где даже незначительное вмешательство может нарушить баланс. Например, замена бензинового двигателя на дизельный в легковом авто – распространенная, но очень рискованная практика. Такой мотор, тяжелее штатного на 15–20%, смещает центр тяжести, что при поворотах увеличивает крен кузова на 12%. Кроме того, низкочастотные вибрации дизеля ускоряют износ креплений – проведённые испытания показали, что без усиления подрамника трещины в сварных швах появляются уже через 10 тыс. км пробега.

Одно из самых распространённых изменений в конструкции ТС) является замена силового агрегата (рисунок 1)

Рисунок 1 – Описание причин замены силового агрегата

Изменение показателей подлежат обязательным испытаниям в ИЛ. Это связано с тем, что даже незначительные отклонения в развесовке (более 3%) могут критично повлиять на курсовую устойчивость.

Таким образом, замена двигателя – это не просто механическая процедура, а сложный инженерный процесс, требующий учета множества факторов для обеспечения безопасности на дороге.

Современный автопром предлагает потребителям не просто расширенный модельный ряд, а целый спектр модификаций в рамках одной базовой платформы. Производители активно используют стратегию многовариантности силовых агрегатов, предусматривая для одной модели несколько типов двигателей и трансмиссий. В результате чего число возможных вариантов может составлять более десяти, при этом ключевые параметры, такие как мощность и крутящий момент, у измененных моделей могут отличаться от базовых на 10-20 и более процентов.

В некоторых случаях одна и та же модель ТС может оснащаться разными типами силовых агрегатов – бензиновыми и дизельными. Эти двигатели имеют значительные различия в мощности, динамике, массе и размерах [2]. Кроме того, кузовные элементы в более производительных модификациях проектируются с учетом повышенных нагрузок [3]. Если на стандартную версию поставить усиленный двигателю, это неизбежно приведет к возрастанию нагрузки на опорные узлы и увеличению крутящего момента, передаваемого на детали трансмиссии. При проведении испытаний таких ТС особое внимание необходимо уделить надежности точек крепления двигателя, а также анализу крутильных колебания и динамических нагрузок.

Еще одной особенностью замены силового агрегата в ТС является замена компонентов системы подачи топлива, включая элементы первичной фильтрации. Увеличенная масса силового агрегата дизельного типа приведёт к смещению центра масс и нарушению исходной статической развесовки ТС. Эти изменения вызовут перераспределение нагрузок по осям, что скажется на параметрах поперечной устойчивости и характеристиках управляемости ТС. В результате чего произойдут изменения в поворачиваемости ТС, сопровождающимися изменением углов увода управляемых колес.

Дизельные силовые двигатели характеризуются повышенным акустическим уровнем шума, что обуславливает необходимость применения дополнительных испытаний по звукоизоляции пассажирского отсека. Кроме того, работа дизельного двигателя сопровождается более интенсивным вибрационным воздействием на кузов ТС, что требует усиления несущей способности опорных элементов. В данной связи возникает потребность в совершенствовании конструкции опор двигателя, в том числе посредством внедрения подушек с интегрированными демпфирующими механизмами – как механического, так и гидравлического типа.

Одной из характерных эксплуатационных особенностей дизельных двигателей является их низкооборотный режим работы. Данный фактор необходимо учитывать при проектировании и адаптации приводных систем вспомогатель-

ного оборудования, включая агрегаты климатической установки, насосы гидроусилителя рулевого механизма и компрессоры. Для обеспечения стабильной эффективности функционирования указанных систем требуется внедрение конструктивных решений, компенсирующих недостаточную частоту вращения коленчатого вала дизельного силового агрегата.

Особое внимание следует уделить корректному подбору агрегатного сочетания силовой установки и трансмиссионного узла. Существенное разнообразие современных коробок передач – включая роботизированные, бесступенчатые и гидромеханические модификации – требует индивидуального согласования с типом двигателя внутреннего сгорания, будь то дизельный либо с принудительным искровым зажиганием. При этом необходимо учитывать не только соответствие передаточных чисел рабочим режимам двигателя, но и обеспечить устойчивость трансмиссии к воздействию крутильных колебаний и ударных нагрузок, передающихся на трансмиссионные валы в процессе эксплуатации.

Возникающие конструктивные и эксплуатационные отклонения требуют принятия мер по их компенсации. Для количественной и качественной оценки вышеперечисленных конструктивных изменений необходимо проведение испытаний на соответствие установленным требованиям безопасности ТС, которые включают в себя динамические испытаний на стенде, а также проведение испытаний в реальных условиях эксплуатации ТС, однако при этом не должны затрагиваться такие базовые элементы конструкции ТС, как геометрия кузова или несущая система. Именно по этой причине подобные технические доработки часто реализуются на практике. В условиях серийного производства автопроизводители стремятся проектировать кузовы с универсальными характеристиками, предусматривающими необходимый запас прочности и адаптацию под различные типы и модификации силовых агрегатов.

Важным элементом является вычисление соосности валов, что достигается путём проведения точных измерений вала на специальных станках. Рассчитываются допуски на осевое и радиальное отклонение, чтобы обеспечить минимальные вибрационные нагрузки на трансмиссию. Особое внимание необходимо уделить обеспечению точной соосности и сопряжения, так как от этого напрямую зависит работоспособность и долговечность установленного силового агрегата. Несоответствие в геометрии креплений или неравномерная нагрузка на трансмиссию могут привести к ускоренному износу или даже повреждениям механических узлов.

Одной из ключевых задач является размещение силового агрегата в подкапотном пространстве и его фиксация к несущей конструкции автомобиля. Как правило, этот процесс предполагает модификацию штатных элементов крепления мотора, а в отдельных случаях и трансмиссии, включая монтажные элементы на самом агрегате. Необходимо будет разработать или подобрать индивидуальные опорные узлы для силовой установки.

Особое внимание следует уделить монтажу крепежных элементов на двигателе – возможное смещение точек фиксации способно повлиять на критически важный компонент – блок цилиндров. Подобные изменения недопустимы и требуют альтернативных решений [3].

Установка нового двигателя неизбежно влечет за собой модернизацию связанных с ним узлов. Основные изменения затронут топливную систему и выхлопные механизмы – их придется перенастраивать или устанавливать заново. Кроме того, потребуется доработка климатической системы салона ТС [4]. Также понадобятся работы с электрооборудованием – замена блока управления двигателем, адаптация приборной панели под новые параметры, а также частичная переделка электропроводки. Все изменения должны проводиться с учетом сохранения надежности и безопасности всех систем ТС.

Чтобы избежать этих проблем, необходимо комплексно подойти к доработке ходовой части. В первую очередь стоит задуматься об установке усиленных пружин и амортизаторов, рассчитанных на возросшую массу [5]. Не лишним будет проверить состояние всех крепежных элементов и при необходимости заменить их на более прочные. Особое внимание следует уделить настройке амортизаторов – правильно подобранные демпфирующие характеристики помогут сохранить комфорт и управляемость на прежнем уровне.

Действующая нормативная база, регламентирующая внесение изменений в конструкцию ТС, не содержат подробных требований к согласованию работы всех систем [6], фокусируясь преимущественно на внешних параметрах. При этом любые доработки, способные повлиять на безопасность ТС, требуют комплексной экспертной оценки. Ключевыми критериями при этом остаются надежность, безопасность в эксплуатации и соответствие заводским техническим характеристикам.

Важным аспектом при этом является возможное изменение таких показателей, как масса автомобиля и расположение его центра тяжести – эти факторы напрямую воздействуют на поведение машины при движении, особенно в нестандартных или аварийных ситуациях. Наибольшее влияние данные изменения могут оказать на устойчивость в поперечном направлении и управляемость ТС. Поэтому при внесении конструктивных изменений требуется тщательная оценка всех потенциальных последствий.

Список литературы

1. ТР ТС 018/2011. Технический регламент Таможенного союза. О безопасности колесных транспортных средств.

2. ГОСТ 33670-2015 Автомобильные транспортные средства единичные. Методы экспертизы и испытаний для проведения оценки соответствия: Межгосударственный стандарт Российской Федерации: дата введения 0104-2017/ Федеральное агентство по техническому регулированию. – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2016. – 129 с.

3. ГОСТ Р 59889-2021 Транспортные средства. Внесение изменений в конструкцию транспортных средств, находящихся в эксплуатации. Технические требования, технический контроль и методы испытаний: Национальный стандарт Российской Федерации: дата введения 25-11-2021/ Федеральное агентство по техническому регулированию. – Изд. официальное.- Москва: Стандартинформ, 2021. – 44 с.

4. Постановление Правительства РФ от 6 апреля 2019 г. N 413 «Об утверждении Правил внесения изменений в конструкцию находящихся в эксплуатации колесных транспортных средств и осуществления последующей проверки выполнения требований технического регламента Таможенного союза "О безопасности колесных транспортных средств».

5. Ганжа, Владимир Александрович. Силовые агрегаты : учебное пособие / В. А. Ганжа, Ю. Н. Безбородов, А. С. Сатышев ; рец.: Н. И. Селиванов, А. В. Головков ; Сибирский федеральный университет, Институт нефти и газа. – Электрон. текстовые дан. (10,0 Мб). – Красноярск : СФУ, 2024 (2024-10-25). – 156 с., 9.8 усл. печ. л. : цв. ил. – Загл. с титул. экрана. – Электрон. версия печ. публикации . – Библиогр.: с. 138-139. – 100 экз. – ISBN 978-5-7638-4972-1 : Б. ц. – Изд. № 2024-21475. – Текст : электронный.

6. Автомобили: конструкция, конструирование и расчет. Трансмиссия: учеб. пособие для спец. «Автомобили и тракторы» / А.И. Гришкевич [и др.] ; под ред. А.И. Гришкевича. Минск : Высш. шк., 1985. 240 с., ил.

References

1. TR CU 018/2011. Technical regulations of the Customs Union. About the safety of wheeled vehicles.

2. GOST 33670-2015 Single motor vehicles. Examination and testing methods for conformity assessment: Interstate Standard of the Russian Federation: date of introduction 0104-2017/ Federal Agency for Technical Regulation. – Official edition. Moscow: Standartinform, 2016. 129 p.

3. GOST R 59889-2021 Vehicles. Making changes to the design of vehicles in service. Technical requirements, technical control and test methods: National Standard of the Russian Federation: date of introduction 25-11-2021/ Federal Agency for Technical Regulation. – Official edition. Moscow: Standartinform, 2021. 44 p.

4. Decree of the Government of the Russian Federation No. 413 dated April 6, 2019 "On Approval of the Rules for Making Changes to the Design of Wheeled Vehicles in Service and Subsequent Verification of Compliance with the Requirements of the Technical Regulations of the Customs Union "On the Safety of Wheeled Vehicles".

5. Ganzha, Vladimir Alexandrovich. Power units : a textbook / V. A. Ganzha, Yu. N. Bezborodov, A. S. Satyshev ; rec.: N. I. Selivanov, A.V. Golovkov ; Siberian Federal University, Institute of Oil and Gas. – The electron. text data. (10.0 Mb). – Krasnoyarsk : SFU, 2024 (2024-10-25). – 156 p., 9.8 sl. p. l. : tsv. il. – Title with title. the screen. – The electron. the version of the original publication . – Bibliogr.: pp. 138-139. – 100 copies. – ISBN 978-5-7638-4972-1 : B. C. – Ed. № 2024-21475. – Text : electronic.

6. Cars: construction, construction and calculation. Transmission: studies. manual for specials. "Cars and tractors" / A.I. Grishkevich [et al.] ; edited by A.I. Grishkevich. Minsk : Higher School, 1985. 240 p., ill.

DOI: 10.58168/MSTT2025_224-228
УДК 621.43.016.4

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ОХЛАЖДЕНИЯ В РАДИАТОРЕ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

С.Л. Панченко[1], С.А. Толстов[2], А.С. Толстова[3]
[1, 2, 3] Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова, г. Воронеж, Россия
[1] psl84@mail.ru
[2] serezha.tolstoff@yandex.ru
[3] alexkonnik2016@gmail.com

Аннотация. В статье обоснована актуальность интенсификации процесса охлаждения горячего теплоносителя в радиаторе двигателя внутреннего сгорания. Предлагается интенсификация процесса охлаждения жидкости в радиаторе двигателя внутреннего сгорания за счет создания поперечной кольцевой накатки в теплообменных трубах.

Ключевые слова. Процесс охлаждения, радиатор, интенсификация, поперечная кольцевая накатка.

COOLING PROCESS INTENSIFICATION IN INTERNAL COMBUSTION ENGINE RADIATOR

S.L. Panchenko[1], S.A. Tolstov[2], A.S. Tolstova[3]
[1, 2, 3] Voronezh State University of Forestry and Technologies
named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia
[1] psl84@mail.ru
[2] serezha.tolstoff@yandex.ru
[3] alexkonnik2016@gmail.com

Abstract. The article substantiates the relevance to intensify of the hot coolant cooling process in internal combustion engine radiator. It is proposed to the liquid cooling process intensification in internal combustion engine radiator by creating a transverse annular knurling in heat exchange tubes.

Keywords. Cooling process, radiator, intensification, transverse annular knurling.

Одним из самых распространенных и широко используемых в различных областях народного хозяйства видов оборудования являются теплообменные аппараты (теплообменники). Они представляют собой устройства, предназначенные для передачи теплоты от теплоносителя (жидкости или газа), обладающего большей температурой (горячего теплоносителя) к теплоносителю (жидкости или газу), обладающего меньше температурой (холодному теплоносителю) [1]. Обычно нагревание холодного теплоносителя происходит за счет охлаждения горячего и наоборот. Из основных типов теплообменников (смесительные, рекуперативные, регенеративные, с промежуточным теплоносителем) самыми распространенными являются рекуперативные, в которых передача теплоты от одного

© Панченко С. Л., Толстов С. А., Толстова А. С., 2025

теплоносителя к другому осуществляется через разделяющую их стенку. Автомобильный транспорт не является исключением. Для предотвращения перегрева двигателя внутреннего сгорания он снабжен газо-жидкостным (воздухо-жидкостным) теплообменником – радиатором, в котором охлаждающая цилиндры жидкость (вода, тосол или антифриз) охлаждается потоком окружающего воздуха (естественным при движении или принудительно создаваемым вентилятором).

Принцип работы радиатора двигателя внутреннего сгорания состоит в том, что горячий теплоноситель (охлаждающая жидкость), получивший тепло от стенок цилиндров двигателя, нагревается до рабочей температуры на 5…10 градусов ниже температуры его кипения и насосом подается во входной коллектор радиатора, из которого проходит по теплообменным трубкам, выходящим в выходной коллектор. Из выходного коллектора охлажденный теплоноситель снова поступает в рубашку цилиндров двигателя, охлаждает их, нагреваясь при этом, и цикл повторяется. При движении трубки радиатора обдуваются воздушным потоком (при стоянке принудительно вентилятором). В результате процесса теплообмена охлаждающей жидкости с воздухом через стенки трубок радиатора температура горячего теплоносителя снижается, и он снова может принимать тепло, т. е. охлаждать цилиндры.

Обеспечение необходимого значения температуры охлаждающей жидкости является обязательным условием нормальной работы двигателя внутреннего сгорания, и в первую очередь это достигается правильным функционированием радиатора. В случае нарушения работы радиатора охлаждение цилиндров не будет обеспечено, поскольку от охлаждающей жидкости нарушится или вовсе прекратится отвод теплоты, что приведет к серьезным неисправностям и даже полностью выходу двигателя из строя.

Для интенсификации процесса теплопередачи и таким образом лучшего охлаждения охлаждающей жидкости с целью сохранения значения ее температуры, не превышающей значение, при котором охлаждения двигателя будет затруднено, в радиаторе применяется способ интенсификации процесса теплообмена между охлаждающей жидкостью и воздухом.

В соответствии с теорией теплопередачи тепловой поток, передаваемый через поверхность теплообмена (теплопередающую стенку) от горячего теплоносителя к холодному, определяется в соответствии с основным уравнением теплопередачи [2]:

$$Q = kF\Delta t, \tag{1}$$

где Q – тепловой поток, Вт;

k – коэффициент теплопередачи, Вт/(м^2·К);

Δt – средний температурный напор (разность средних температур между теплоносителями), К.

Анализируя уравнение (1), можно сделать вывод, что интенсификацию процесса теплопередачи, т. е. обеспечение переноса большего значения теплового потока от горячего теплоносителя к холодному, можно обеспечить разными

способами: увеличить средний температурный напор, увеличить площадь теплопередающей поверхности или увеличить коэффициент теплопередачи. При охлаждении двигателя внутреннего сгорания значения температур изменить не представляется возможным, поскольку они определяются температурой окружающего воздуха и рабочей температурой охлаждающей жидкости. Для обеспечения большей площади поверхности теплообмена в конструкции современных радиаторов, в пространстве между теплообменными трубками, используется один из видов оребрения – набивка (соты) (рис. 1). Данная набивка является довольно плотной, и дальнейшее увеличение ее количества не представляется возможным, поскольку расстояние между стенками сот может уменьшиться настолько, что воздух в пространстве между трубками не будет проходить с нужной для охлаждения скоростью.

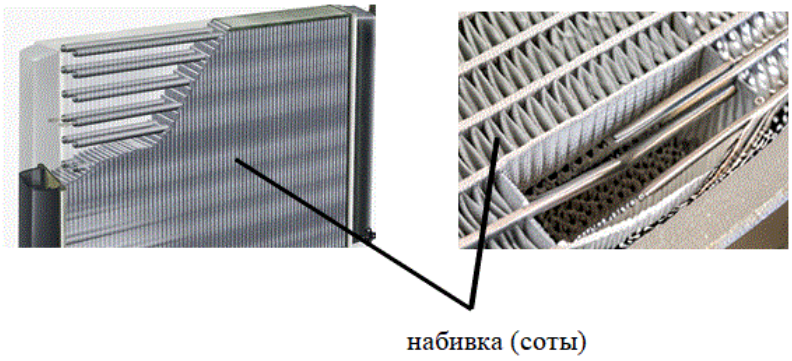


Рисунок 1 – Оребрение в радиаторе двигателя внутреннего сгорания

В связи с этим, единственным способом интенсификации процесса теплообмена между горячей охлаждающей жидкостью и воздухом через теплопередающие стенки трубок радиатора остается увеличение коэффициента теплопередачи (см. уравнение (1)).

В теории теплопередачи при осуществлении передачи теплоты через цилиндрическую стенку используют линейный коэффициент теплопередачи, физический смысл которого состоит в том, что он равен значению теплового потока, проходящего между теплоносителями через цилиндрическую стенку (трубу) длиной в 1 м при разности температур теплоносителей в 1 К. Определяется данный коэффициент в соответствии со следующим выражением [2]:

$$k_l = \frac{1}{\dfrac{1}{\alpha_1 d_{\text{âí}}} + \dfrac{1}{2\lambda}\ln\dfrac{d_{\text{íàð}}}{d_{\text{âí}}} + \dfrac{1}{\alpha_2 d_{\text{íàð}}}}, \qquad (2)$$

где k – линейный коэффициент теплопередачи, Вт/(м·К);

α_1, α_2 – коэффициенты теплоотдачи, Вт/(м^2·К);

$d_{\text{нар}}$, $d_{\text{вн}}$ – диаметры теплообменной трубы, м;

λ – коэффициент теплопроводности материала теплообменных труб, Вт/(м·К).

Интенсификация процесса теплообмена между теплоносителями через теплопередающую стенку теплообменных труб за счет увеличения коэффициента теплопередачи позволит либо только снизить температуру горячего теплоносителя, либо уменьшить массогабаритные характеристики теплообменного аппарата (в данном случае радиатора системы охлаждения). Это является немаловажным фактором, поскольку позволяет получить теплообменник меньшей массы и габаритов при тех же интервалах температур охлаждающей жидкости и воздуха (за счет применения меньшего количества набивки).

Из теории теплопередачи известно [3], что при любом режиме движения жидкостей и газов в гладких каналах (трубах), около стенки трубы имеется ламинарный пограничный подслой, где движение теплоносителя (имеет характер ламинарного, слоистого, и передача теплоты происходит не конвекцией, а теплопроводностью через слои теплоностеля. Поскольку теплоносители являются жидкостями или газами, а они, как известно, имеют малый коэффициент теплопроводности, это непосредственно влияет на снижение интенсивности передачи теплоты через теплопередающую стенку. Поэтому разрушение ламинарного пограничного подслоя (турбулизация пристенного слоя теплоносителя) позволит интенсифицировать процесс теплопередачи, в данном случае за счет увеличения коэффициента α_1 теплоотдачи от горячего теплоносителя к стенке (см. уравнение (2)).

Наиболее простым способом разрушения ламинарного подслоя и таким образом интенсификации процесса теплообмена в трубах без усложнения их конструкции является создание дискретно-шероховатой поверхности теплообмена [3]. Примером данной поверхности является поперечная кольцевая накатка на стенке трубы, получаемая способом накатывания роликами и являющаяся наименее трудоемкой в изготовлении (рис. 2).

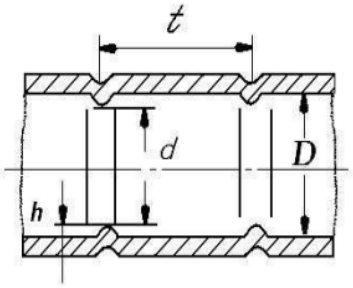
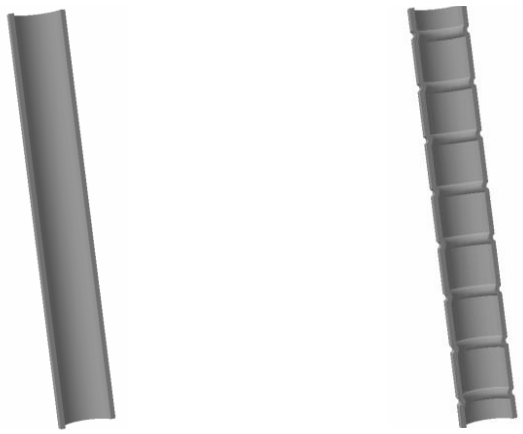


Рисунок 2 – Схема поперечной кольцевой накатки в трубе

При применении данного способа методом накатывания роликом в трубе с определенным шагом t снаружи образуются кольцевые углубления, а внутри – кольцевые выступы высотой h, благодаря которым и разрушается ламинарный пограничный подслой, что увеличивает коэффициент теплоотдачи внутри трубы за счет увеличения конвективной составляющей, таким образом растет линейный коэффициент теплопередачи (см. уравнение (2)) и интенсифицируется процесс. При этом в месте образования кольцевых выступов внутренний диаметр трубы D уменьшается до размера d, равного $D–2h$. Размеры t и h подбираются экспериментально с целью наибольшего увеличения коэффициента теплопередачи от горячего воздуха к холодному через стенку трубы.

На рис. 3 показана объемная модель участка обычной гладкой теплообменной трубки и трубки того же диаметра с нанесением поперечной кольцевой накатки.



а) б)

Рисунок 3 – 3D-модель (в разрезе) гладкой трубы теплообменника (а) и трубы с нанесением поперечной кольцевой накатки (б)

Применение поперечной кольцевой накатки на протяжении всей длины трубы, в данном случае радиатора охлаждения двигателя внутреннего сгорания, обеспечивает разрушение ламинарного подслоя (турбулизацию потока теплоносителя в трубе), увеличивает коэффициент теплоотдачи и линейный коэффициент теплопередачи, таким образом интенсифицируется процесс передачи теплоты от горячего теплоносителя (охлаждающей жидкости) холодному теплоносителю (окружающему воздуху). Это позволит снизить температуру охлаждающей жидкости и избежать перегрева, а при сохранении разности температур охлаждающей жидкости и воздуха – снизить габаритные размеры радиатора и его массу за счет снижения площади поверхности теплообмена (уменьшения длины труб или количества сотовой набивки). Снижение размеров и массы радиатора в данном случае могут улучшить мощностные характеристики двигателя и снизить расход топлива.

Список литературы

1. Теплообменники масляных систем двигателей летательных аппаратов и их расчет: учеб. пособие / С.Л. Панченко, С.А. Толстов, А.К. Айсин. – Воронеж: «Роза ветров», 2022. – 94 с.
2. Основы теплопередачи / М.А. Михеев, А.М. Михеева. – М.: «Энергия», 1977. – 344 с.
. Методы интенсификации и моделирования тепломассообменных процессов. Учебно-справочное пособие / А.Г. Лаптев, Н.А. Николаев, М.М. Башаров. – М.: «Теплотехник», 2011. – 335 с.

References

1. Heat exchangers of aerial vehicles engines oil systems and calculation: training manual / S.L. Panchenko, S.A. Tolstov, A.K. Aysin. – Voronezh: «Roza Vetrov», 2022. – 94 p.
2. Basic of the heat trasfer / M.A. Mikheev, A.M. Mikheeva. – Moscow: «Энергия», 1977. – 344 p.
3. Methods of intensification and modeling of heat mass transfer processes. Training-referential manual / A.G. Laptev, N.A. Nikolaev, M.M. Basharov. – Moscow: «Teplotekhnik», 2011. – 335 p.

DOI: 10.58168/MSTT2025_229-233
УДК 621.793.74:621.791.927.55

КОМПОНОВОЧНЫЕ СХЕМЫ ЗОН ДЛЯ ЗАРЯДКИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

Е.В. Снятков[1], С.В. Дорохин[1], В.Р. Хлистун[1], И.А. Кириченко[1]
[1] Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова, г. Воронеж, Россия, e-mail snyatkov@list.ru

Аннотация. Исследование рынка электромобилей показало, что средний годовой темп роста количества зарегистрированных в России машин с 2015 по 2024 год составил 160,2%. В этих условиях наиболее остро стоит проблема недостатка зарядных станций, а также их оптимального расположения.

Ключевые слова: зарядная станция, инфраструктура, электромобиль, компоновка, автомобиле-место, зона для зарядки.

LAYOUT DIAGRAMS OF CHARGING ZONES FOR ELECTRIC VEHICLES

E.V. Snyatkov[1], S.V. Dorokhin[1], V.R. Hlistun[1], I.A. Kirichenko[1]
[1] Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russian Federation, e-mail snyatkov@list.ru

Annotation. A study of the electric vehicle market showed that the average annual growth rate of the number of cars registered in Russia from 2015 to 2024 was 160.2%. In these conditions, the problem of the lack of charging stations, as well as their optimal location, is most acute.

Keywords: charging station, infrastructure, electric vehicle, layout, parking space, charging area.

Целью данной статьи является исследование проблемы недостатка зарядных станций для электромобилей и их расположения, а также разработка новых компоновок размещения зарядных станций, которые позволят увеличить их число на единицу площади и обеспечить владельцев электромобилей доступной инфраструктурой. В статье понятие «зарядная станция» рассматривается как элемент транспортной инфраструктуры, предоставляющий электроэнергию для зарядки аккумуляторного электротранспорта.

За 2024 год в России было реализовано 17805 новых электромобилей. Это на 26,4% больше, чем за прошлый год. Как отметили эксперты, это самый высокий показатель в истории нашей страны. Ключевым фактором роста популярности автомобилей с электромотором послужили идеи, заложенные в «Концепции развития производства и использования электротранспорта в России до 2030 года», принятой правительством РФ в 2021 году. [1, 4]

Согласно проекту, к концу текущего году на дорогах страны окажутся 25 тыс. новых электромобилей, для которых откроют еще 9,4 тыс. ЭЗС. По плану,

© Снятков Е. В., Дорохин С. В., Хлистун В. Р., Кириченко И. А.

это должно привести к тому, что к 2030 году доля такого рода транспорта в России составит 10%.

Проект правительства предполагает три основных этапа: запуск рынка, который сейчас находится на старте развития; увеличение числа электромобилей в автосалонах и поддержку их производства. На текущий момент общее число электромобилей на территории РФ составляет 59,6 тысяч (рис.1).

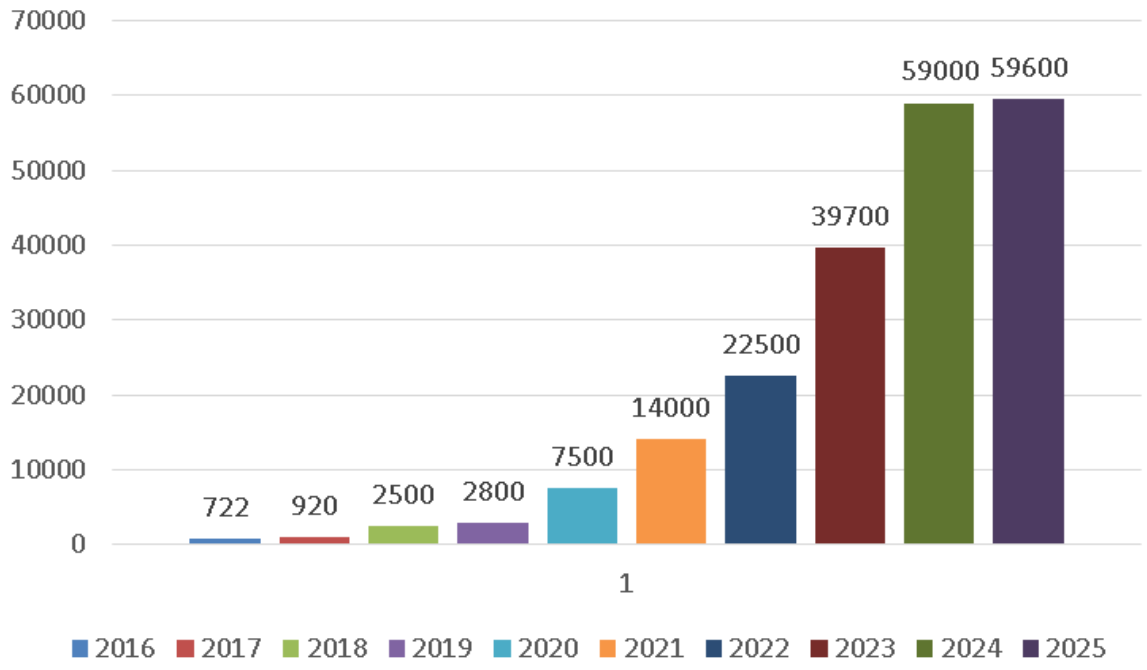


Рисунок 1 – Рост количества электромобилей в период с 2016 по 2025 год

Если рынок электромобилей и их общее число в России уверенно растет из года в год, то количество зарядных станций по состоянию на 2024 год находится на отметке 7400 единиц (рис. 2), быстрых из которых всего лишь 2555.

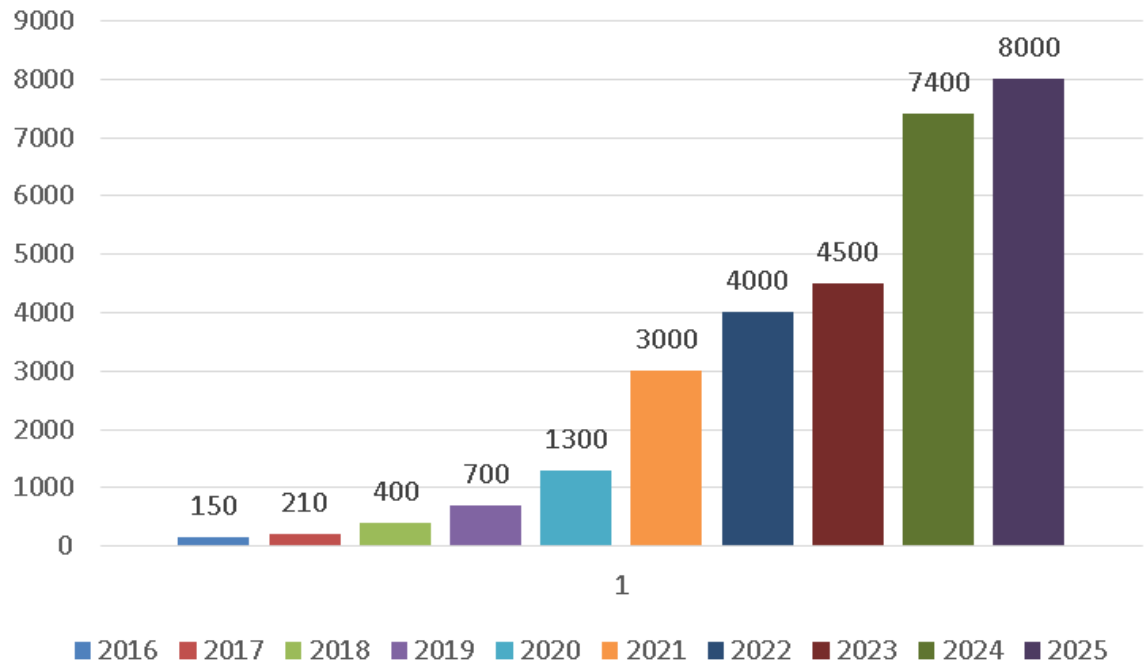


Рисунок 2 – Рост количества зарядных станций в период с 2016 по 2025 год.

Несмотря на то, что большинство владельцев заряжают свои электромобили от домашней сети 220В, проблема недостатка общественных станций для зарядки остается актуальной, поскольку даже современный электромобиль на одном заряде батареи в реальных условиях эксплуатации редко преодолевает расстояние более 300 км. [6]

Большинство зарядных станций, при отдаче всей своей мощности, могут принять на себя только 1 электромобиль, а зоны зарядки зачастую не очень комфортные в использовании.

К основным требованиям, которые стоит учесть при разработке новых планировочных решений зон для зарядки, относятся: расположение станций без нарушения функционирования существующей инфраструктуры; обеспечение удобства для клиентов путем оптимального расположения зон для зарядки. На территории станции помимо зон для зарядки важно предусмотреть наличие открытой парковочной зоны для клиентов, ожидающих зарядку. [5]

Так как зарядка электромобиля длится в среднем 1,5 часа, рекомендуем располагать станции рядом с различными зонами отдыха. Основными показателями таких зарядных станций являются: число заряжаемых электромобилей в год и полезная площадь участка, которую они занимают.

Исходя из выше перечисленных ограничений, были разработаны новые компоновочные схемы зон для зарядки электромобилей), ориентируемых на 4 автомобиле-места (рис. 3).

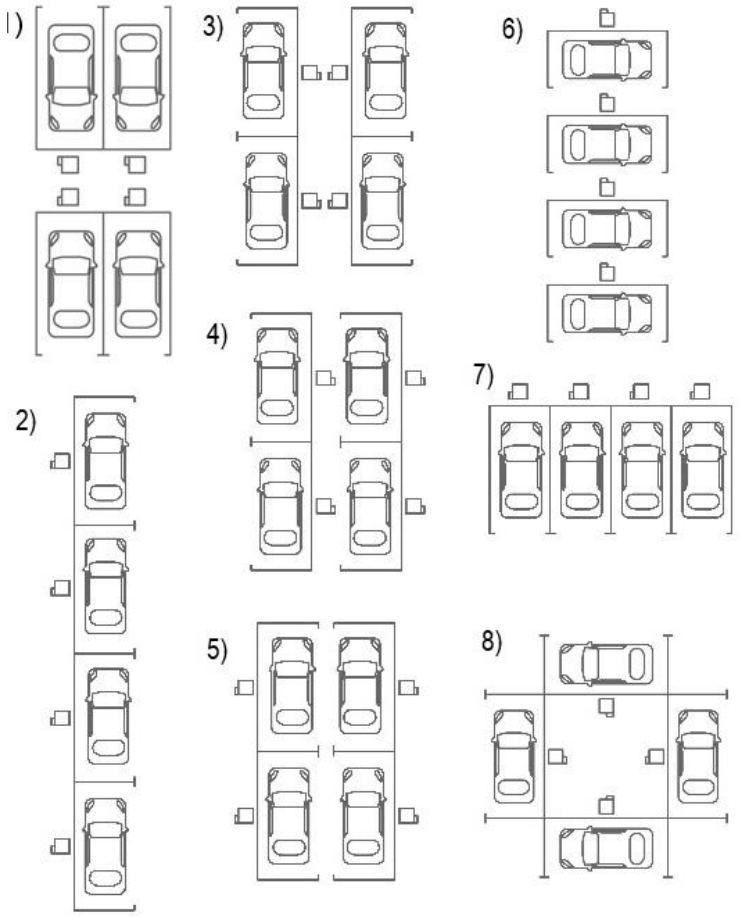


Рисунок 3 – Компоновочные схемы расположения зон для зарядки электромобилей

Такие схемы повысят вариативность размещения зон для зарядки, поскольку имеют различные габариты и занимаемую площадь. Они могут располагаться как в городе, так и за его пределами, что значительно упростит передвижение на электромобиле между городами. Их можно внедрить в общественные парковочные зоны или сделать обособленными в специально отведенных для них местах. Наименования, габариты и занимаемая площадь предлагаемых нами зон для зарядки электромобилей представлены в табл. 1.

Таблица 1– Наименования, габаритные размеры и занимаемая площадь компоновочных схем зон для зарядки электромобилей

Наименование компоновочной схемы	Габаритные размеры, мм	Занимаемая площадь, м2
Перпендикулярная внутренняя	14600 × 5300	77,38
Параллельная боковая (продольная)	24500 × 3800	93,10
Параллельная внутренняя (парная)	12300 × 7500	92,25
Параллельная боковая (парная)	12300 × 7500	92,25
Параллельная внешняя	12300 × 8100	99,63
Параллельная боковая (поперечная)	16700 × 6200	103,54
Перпендикулярная внешняя	10500 × 7300	76,65
Параллельная внутренняя (круговая)	11400 × 11400	129,96

Габариты зон для зарядки были рассчитаны путем сложения габаритов автомобиле-места, ширины дорожной разметки, габаритов электрозарядной станции и расстояния от станции до электромобиля.

Согласно ГОСТ 33062-2014 [2], автомобиле-место для легкового автомобиля при продольной парковке должно иметь габариты 6000×2500 мм, ширина разметки – 100 мм. Габариты зарядной станции 600×600 мм были взяты исходя из габаритов станции ЭСЭМ–1–50К–2 [3], расстояние от станции до электромобиля принято условно за 500 мм.

Развитие зарядной инфраструктуры является необходимым условием стабильного развития электротранспорта. На данный момент зарядная инфраструктура отстает от роста количества электромобилей примерно в 8 раз. При планировании новых зон для зарядки электромобилей следует обратить внимание на их оптимальную компоновку. Особенно это необходимо при размещении зарядных станций в условиях городской застройки.

Список литературы

1. Энтони Д., Оливье Б., Кристель С. Электромобиль, устройство, принцип работы, инфраструктура. – 2022. – URL: https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9785937001016_A48645363/preview-9785937001016_A48645363.pdf (дата обращения 04.04.2025). – Текст: электронный.

2. ГОСТ 33062-2014. Требования к размещению объектов дорожного и придорожного сервиса: дата введения 2015-12-01. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200123714 (дата обращения 04.04.2025). – Текст: электронный.

3. Быстрая зарядная станция электромобилей ЭСЭМ-1-50К-2: описание и спецификация. – URL: https://videoglaz.ru/upload/manuals/Parus-electro/specification_esem1_50k_2.pdf (дата обращения 04.04.2025). – Текст: электронный.

4. Концепция по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта в Российской Федерации на период до 2030 года // Утверждена 23 августа 2021 г. № 2290-р // Правительство Российской Федерации. – 2021. – URL: http://static.government.ru/media/files/bW9wGZ2rDs3BkeZHf7ZsaxnlbJzQbJJt.pdf (дата обращения 04.04.2025). – Текст: электронный.

5. Бояршинов, М. Г. Количественные характеристики использования придорожного парковочного пространства / М. Г. Бояршинов, Ю. А. Щукин, Д. В. Артеменко // Мир транспорта и технологических машин. – 2025. – № 1-2(88). – С. 63-70. – DOI 10.33979/2073-7432-2025-1-2(88)-63-70. – EDN PKUACK.

6. Результаты натурного эксперимента по установлению зависимости потребляемой мощности электромобилем от внешних факторов / Д. С. Беляев, Е. М. Генсон, Н. В. Лобов, М. А. Вахрушев // Мир транспорта и технологических машин. – 2024. – № 1-3(84). – С. 63-70. – DOI 10.33979/2073-7432-2024-1-3(84)-63-70. – EDN CBNIMN.

References

1. Anthony D., Olivier B., Kristel S. Electric vehicle, device, principle of work, infrastructure. - 2022. – URL: https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9785937001016_A48645363/preview-9785937001016_A48645363.pdf (accessed 04/04/2025). – Text: electronic.

2. GOST 33062-2014. Requirements for the placement of road and roadside service facilities: date of introduction 2015-12-01. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200123714 (accessed 04/04/2025). – Text: electronic.

3. ESEM-1-50K-2 Electric Vehicle Fast Charging Station: description and specification. – URL: https://videoglaz.ru/upload/manuals/Parus-electro/specification_esem1_50k_2.pdf (accessed 04/04/2025). – Text: electronic.

4. The concept for the development of production and use of electric motor transport in the Russian Federation for the period up to 2030 // Approved on August 23, 2021, No. 2290-r // Government of the Russian Federation. - 2021. – URL: http://static.government.ru/media/files/bW9wGZ2rDs3BkeZHf7ZsaxnlbJzQbJJt.pdf (accessed 04/04/2025). – Text: electronic.

5. Boyarshinov, M. G. Quantitative characteristics of the use of roadside parking space / M. G. Boyarshinov, Yu. A. Shchukin, D. V. Artemenko // The world of transport and technological machines. – 2025. – № 1-2(88). – Pp. 63-70. – DOI 10.33979/2073-7432-2025-1-2(88)-63-70. – EDN PKUACK.

6. The results of a field experiment to establish the dependence of electric vehicle power consumption on external factors / D. S. Belyaev, E. M. Genson, N. V. Lobov, M. A. Vakhrushev // The world of transport and technological machines. – 2024. – № 1-3(84). – Pp. 63-70. – DOI 10.33979/2073-7432-2024-1-3(84)-63-70. – EDN CBNIMN.

DOI: 10.58168/MSTT2025_234-238
УДК 621.436 + 621.352.6 + 504.054

ПРИМЕНЕНИЕ ВОДОРОДНО-КИСЛОРОДНОГО ГАЗА (HHO) ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ ДВС

Р.А. Кораблев[1], В.П. Белокуров[1], Э.Н. Бусарин[1], С.Э. Бусарина[1], Ф.А. Шакина[1]
[1] Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова, г. Воронеж, Россия, korablevra@vglta.vrn.ru

Аннотация. В данной статье исследуется влияние водородно-кислородного газа (HHO), получаемого методом электролиза воды, на работу двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Проведены эксперименты с генераторами HHO различной конструкции, измерены показатели выбросов (CO, NO_x, CH) и топливной экономичности. Результаты показывают, что добавление HHO в топливно-воздушную смесь снижает выбросы загрязняющих веществ, одновременно повышая КПД сгорания.

Ключевые слова: HHO-газ, электролиз воды, снижение выбросов, очистка двигателя, энергоэффективность, альтернативное топливо.

APPLICATION OF HYDROGEN-OXYGEN GAS (HHO) FOR REDUCING ICE EMISSIONS

R.A. Korablev[1], V.P. Belokurov[1], E.N. Busarin[1], S.E. Busarina[1], F.A. Shakina[1]
[1]Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia, korablevra@vglta.vrn.ru

Abstract. This article investigates the influence of hydrogen-oxygen gas (HHO) produced by water electrolysis on the performance of internal combustion engines (ICE). Experiments were conducted with HHO generators of various designs, measuring emissions (CO, NO_x, CH) and fuel efficiency. The results demonstrate that the addition of HHO to the air-fuel mixture reduces emissions of pollutants while simultaneously improving combustion efficiency.

Keywords: HHO gas, water electrolysis, emissions reduction, engine cleaning, energy efficiency, alternative fuel.

Введение

Современные экологические вызовы, связанные с глобальным изменением климата и ухудшением качества воздуха в урбанизированных районах, требуют поиска инновационных решений для транспортного сектора. Несмотря на активное развитие электромобилей, двигатели внутреннего сгорания (ДВС) продолжают доминировать на мировом рынке, что делает актуальными исследования, направленные на повышение их экологичности.

© Кораблев Р. А., Белокуров В. П., Бусарин Э. Н., Бусарина С. Э., Шакина Ф. А., 2025

Особую проблему представляют автомобили с большим пробегом, в которых накопление отложений в камере сгорания приводит к значительному ухудшению экологических показателей. Традиционные методы очистки, такие как механическая разборка или использование химических реагентов, обладают рядом существенных недостатков, включая высокую трудоемкость, потенциальную опасность для компонентов двигателя и образование токсичных отходов.

С ростом экологических требований к транспортным средствам актуальной задачей становится поиск технологий, снижающих вредные выбросы ДВС без значительной модернизации конструкции. Одним из перспективных решений является использование водородно-кислородного газа (ННО), получаемого путем электролиза воды [1, 2].

Водородно-кислородный газ (ННО) – это смесь газообразных водорода (H_2) и кислорода (O_2), полученная путем электролиза воды. Также известен как «газ Брауна» или оксиводород [1].

В этом контексте технология применения водородно-кислородного газа, получаемого путем электролиза воды, представляет особый интерес. Физико-химические свойства ННО-газа, включая высокую скорость горения и способность к активному окислению углеродистых отложений, теоретически позволяют одновременно решать две важнейшие задачи: очистку двигателя от нагара и улучшение процесса сгорания топлива.

Целью настоящего исследования являлась экспериментальная оценка эффективности ННО-технологии для снижения вредных выбросов ДВС, восстановления исходных характеристик двигателя, повышения топливной экономичности и сравнения с традиционными методами очистки.

Гипотеза: добавление ННО в камеру сгорания улучшает процесс окисления топлива, снижает образование нагара и уменьшает вредные выбросы.

1 Материалы и методы

Для проведения исследований была разработана специализированная установка, включающая три основных модуля: систему генерации ННО-газа, систему подачи в двигатель и комплекс измерительного оборудования [3].

Генератор ННО выполнен по двухкамерной схеме с титановыми электродами, покрытыми наноструктурированным каталитическим слоем на основе платиноиридиевого сплава. В качестве электролита использовался 20 % раствор гидроксида калия (KOH), обеспечивающий оптимальное сочетание электропроводности и коррозионной стойкости. Особенностью конструкции является применение импульсного источника питания с возможностью точного регулирования параметров электролиза в диапазоне 12–48 В при токах до 50 А.

Система подачи газа включала многоступенчатую очистку от паров электролита, датчики контроля расхода и предохранительный клапан, предотвращающий обратную вспышку. Подача ННО осуществлялась во впускной коллектор непосредственно перед дроссельной заслонкой, что обеспечивало равномерное смешивание с воздушно-топливной смесью.

Исследования проводились на экспериментальной установке генератора ННО с электролизером со щелочным электролитом (KOH) на титановых электродах с наноразмерным покрытием, производительностью: 150–200 л/ч и энергопотреблением: 2,7–3,2 кВт·ч/м³. Испытания проводились на динамометрическом стенде на двигателе автомобиля Nissan X-Trail 2,0L (2005 г.в.) с системой распределенного впрыска топлива с пробегом 117000 км (значительное нагарообразование). Двигатель был специально подготовлен для испытаний - искусственно созданы условия для интенсивного нагарообразования путем длительной работы на обогащенной смеси при пониженных оборотах.

Газоанализатором производились базовые замеры выбросов (CO, CH, NO_x) до обработки и после обработки ННО: при подаче газа во впускной коллектор (15–20 мин), с фиксацией расхода топлива и контролем параметров в реальном времени. Повторные замеры производились для анализа выбросов после очистки и оценки динамики мощности и расхода топлива.

Для обеспечения высокой точности измерений использовался комплекс современного диагностического оборудования: пятикомпонентный газоанализатор Testo 350 с погрешностью не более 1% от измеряемого значения; динамический стенд MAHA LPS 3000 для измерения мощности и крутящего момента; тепловизор Fluke Ti480 PRO для контроля температурного состояния двигателя; эндоскопическая система для визуального контроля состояния камеры сгорания.

2 Результаты и обсуждение

2.1 Анализ эффективности очистки

Проведенные испытания продемонстрировали значительное улучшение экологических показателей двигателя после обработки ННО-газом. Наиболее существенное снижение наблюдалось по выбросам угарного газа (CO) - с 0,26% до 0,01%, что соответствует уменьшению на 96 % (табл. 1). Такой эффект объясняется способностью атомарного водорода, содержащегося в ННО, катализировать процесс окисления CO до CO_2.

Таблица 1 – Влияние ННО на выбросы загрязняющих веществ

Параметр	До очистки	После очистки	Снижение, %
NO_x (ppm)			

Выбросы углеводородов (CH) сократились с 386 ppm до 108 ppm (на 72 %), что связано с более полным сгоранием топлива благодаря улучшенным условиям воспламенения. Интересно отметить нелинейный характер изменения концентрации NO_x: в первые 5–7 минут обработки наблюдался рост выбросов с 55 ppm до 105 ppm, что объясняется повышением температуры сгорания, однако к концу процедуры значение стабилизировалось на уровне 36 ppm (снижение на 35 %).

Вывод: ННО значительно улучшает экологические показатели, особенно по CO и CH.

2.2 Влияние на эксплуатационные характеристики

Важным результатом исследования стало подтверждение положительного влияния ННО-обработки на энергетическую эффективность двигателя. Измерения на динамометрическом стенде показали увеличение мощности на 5–8 % и крутящего момента на 6–10 % в среднем диапазоне оборотов (2500–4000 об/мин). Удельный расход топлива снизился на 10–15 % в городском цикле движения.

Эндоскопическое исследование камеры сгорания после обработки выявило практически полное удаление углеродистых отложений с поверхности поршней и клапанов, что объясняет восстановление исходных характеристик двигателя. При этом, в отличие от химических методов очистки, не наблюдалось негативного воздействия на детали цилиндропоршневой группы.

Вывод: использование ННО снижает расход топлива на 10–15 % (городской цикл) и увеличивает мощность двигателя на 5–8 % (за счет лучшего сгорания).

2.3 Сравнение с существующими технологиями

Проведенный сравнительный анализ демонстрирует существенные преимущества ННО-технологии перед традиционными методами очистки двигателей (табл. 2). В отличие от механической очистки, требующей полной разборки двигателя, ННО-обработка проводится без вмешательства в конструкцию, что значительно сокращает время и стоимость процедуры [4].

Таблица 2 – Сравнение с аналогами

Параметр	ННО-метод	Химическая очистка	Механическая очистка
Эффективность	Высокая	Низкая	Средняя
Безопасность	✅	❌ (токсично)	✅
Стоимость	Низкая	Средняя	Высокая

По сравнению с химическими методами, технология ННО полностью исключает риск повреждения компонентов двигателя агрессивными реагентами и не создает проблем с утилизацией отходов. Важным экономическим преимуществом является возможность многократного использования оборудования, в то время как химические составы требуют постоянного приобретения расходных материалов [2, 4].

Вывод: ННО по сравнению с другими технологиями не требует разборки двигателя, не образует вредных отходов и экономически выгоден (окупаемость 1–1,5 года).

Заключение

Проведенное исследование подтвердило высокую эффективность применения ННО-газа для решения комплекса задач по повышению экологичности и эффективности ДВС. Разработанная технология позволяет обеспечивать глубокую очистку двигателя от нагара; значительно снижать вредные выбросы; восстанавливать исходные эксплуатационные характеристики; повышать топливную экономичность.

Перспективы дальнейшего развития технологии связаны с:

птимизацией конструкции генераторов для массового производства;
азработкой автоматизированных систем контроля параметров обработки;
нтеграцией с бортовыми системами современных автомобилей;
спользованием возобновляемых источников энергии для электролиза.

Полученные результаты открывают новые возможности для создания экологически безопасных и экономически эффективных решений в области обслуживания и эксплуатации ДВС, что особенно актуально в условиях ужесточения экологических норм и роста требований к энергоэффективности транспортных средств.

Список литературы

1. Бокрис Дж.О.М., Шринивасан С. Топливные элементы: их электрохимия. – Нью-Йорк: МакГроу-Хилл, 1969. – 659 с. – URL: https://books.google.ru/books/about/Fuel_cells_their_electrochemistry.html?id=OG8MyAEACAAJ&redir_esc=y

2. Мусмар С.А., Аль-Роузан А.А. Влияние газа HHO на выбросы при сгорании в бензиновых двигателях // Топливо. № 90, 2011. – С. 3066-3070. – DOI:10.1016/j.fuel.2011.05.013.

3. Модели экспертных оценок и их исследование в задачах выбора и принятия решений при управлении транспортными процессами / В.П. Белокуров, С.В. Белокуров, Р.А. Кораблев, А.А. Штепа // Журнал физики: Серия конференций, Томск, 17-20 января 2018 г. – Томск, 032132, 2018. – DOI 10.1088/1742-6596/1015/3/032132.

4. Йылмаз А.Ч., Улудамар Э., Айдын К. Влияние добавления гидроксильного газа (HHO) на работу и выбросы дизельных двигателей // Международный журнал по водородной энергетике. № 35, 2010. – С. 11366-11372. – DOI:10.1016/j.ijhydene.2010.07.040.

References

1. Bockris J.O.M., Srinivasan S. Fuel cells: their electrochemistry // New York: McGraw-Hill, 1969. – 659 p. – URL: https://books.google.ru/books/about/Fuel_cells_their_electrochemistry.html?id=OG8MyAEACAAJ&redir_esc=y

2. Musmar S.A., Al-Rousan A.A. Effect of HHO gas on combustion emissions in gasoline engines // Fuel. № 90, 2011. – pp. 3066-3070. – DOI:10.1016/j.fuel.2011.05.013.

3. Models of expert assessments and their study in problems of choice and decision-making in management of motor transport processes / V. P. Belokurov, S. V. Belokurov, R. A. Korablev, A. A. Shtepa // Journal of Physics: Conference Series, Tomsk, January 17–20, 2018. – Tomsk, 032132, 2018. – DOI 10.1088/1742-6596/1015/3/032132.

4. Yilmaz A.C., Uludamar E., Aydin K. Effect of hydroxy (HHO) gas addition on performance and exhaust emissions in compression ignition engines // Int J Hydrogen Energy. № 35, 2010. – pp. 11366–11372. – DOI:10.1016/j.ijhydene.2010.07.040.

DOI: 10.58168/MSTT2025_239-244
УДК 629.3.014 : 629.362.5

ПРОБЛЕМЫ ОБОСНОВАНИЯ НАИБОЛЕЕ ЗНАЧИМЫХ ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОГРУЗОВИКОВ

А.Е. Пушкарев[1], Д.С. Колесниченко[2]
[1, 2] Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Россия
[1] pushkarev-agn@mail.ru
[2] daniilkolessnichenko@yandex.ru

Аннотация. В условиях ограниченных возможностей для улучшения характеристик грузовиков с электрическими силовыми установками, обоснование параметров, наиболее значимых для модернизации, является одной из важнейших задач для повышения конкурентоспособности такой техники.

Ключевые слова. Электромобиль; электрическая силовая установка; коммунальная машина; технический уровень; транспортная и технологическая работа.

PROBLEMS OF SUBSTANTIATION OF THE MOST SIGNIFICANT PARAMETERS FOR MODERNIZATION OF ELECTRIC TRUCKS

A.E. Pushkarev1, D.S. Kolesnichenko[2]
[1, 2] Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint Petersburg, Russia
[1] pushkarev-agn@mail.ru
[2] daniilkolessnichenko@yandex.ru

Annotation. In conditions of limited opportunities to improve the performance of trucks with electric power plants, the justification of the parameters most important for modernization is one of the most important tasks to increase the competitiveness of such equipment.

Keywords. Electric vehicle; electric power plant; utility vehicle; technical level; transport and technological work.

На данный момент, грузовые автомобили с электрическими силовыми установками выпускаются многими компаниями, как крупными, занимающимися преимущественно выпуском техники с ДВС, так и небольшими, специализирующимися на выпуске электромобилей. Широкому распространению грузовых электромобилей препятствует группа факторов: высокая стоимость, низкий уровень развития зарядной инфраструктуры, ограниченный запас хода и более низкая грузоподъемность относительно машин с ДВС.

С учетом текущего уровня развития технологий, на наш взгляд, не представляется возможным создать электрический грузовик, превосходящий по всем параметрам технику с ДВС. Такие параметры как емкость тяговых АКБ, мощ-

© Пушкарев А. Е., Колесниченко Д. С., 2025

ностных показателей и КПД электродвигателя, грузоподъемности шасси, времени зарядки и т.д. невозможно улучшать изолированно от других, поэтому важно выявить набор параметров, обеспечивающих максимальную эффективность модернизации.

В зависимости от назначения грузового электромобиля, группа важнейших для модернизации параметров, будет отличаться. Для удобства анализа разделим параметры электрических грузовиков на две категории:

araметры, относящиеся к общей конструкции шасси;

araметры, относящиеся к электрической силовой установке.

К первой категории можно отнести параметры подвески, колес, кабины. Крупные производители грузовой техники часто создают электрогрузовики с использованием узлов и агрегатов от аналогичных машин с ДВС, к таким частям относятся каркас кабины и ее внутренняя отделка, подвеска и колеса, рама, светотехника. Ко второй категории относятся все параметры, связанные непосредственно с электродвигателем и тяговыми батареями, такие как мощность, крутящий момент, запас хода, грузоподъемность, полная масса.

В случае работы с техникой, построенной на базе грузовиков с ДВС, важнейшие параметры для модернизации стоит отбирать из второй категории, так как замена узлов, унифицированных с массово выпускаемой техникой, повлечет увеличение стоимости. Производители, специализирующиеся на электромобилях, создают электрические грузовики с нуля, без использования элементов обычных грузовиков, поэтому параметры первой категории для таких машин изначально определяются параметрами электрической установки. Например, в подобных машинах, предназначенных для магистральных перевозок, используют кабины с более низким коэффициентом аэродинамического сопротивления и специальные колпаки на колесные диски для экономии заряда (рис. 1) [1].

Рисунок 1 – электрические грузовики с кабинами пониженного аэродинамического сопротивления

Однако, для грузовиков, применяющихся в городских условиях или на таких объектах, как заводы, аэропорты, парки и заповедники, эффект от улучшенной аэродинамики и сниженной массы конструкции будет значительно менее заметен. Поэтому унификация электрических грузовиков с техникой на ДВС распространена шире, чем разработка уникальных узлов и агрегатов.

Для того, чтобы подтвердить правильный выбор набора параметров, обеспечивающих наиболее эффективную модернизацию, необходимо провести оценку технического уровня машины. Наиболее наглядным будет сравнение с близкими по назначению и характеристикам образцами. Существуют запатентованные программы для ЭВМ, позволяющие выявить среди нескольких образцов лучший по совокупности характеристик.

Авторами данной статьи уже проводился сравнительный анализ технического уровня грузовиков с электрическими силовыми установками. Было отобрано 8 образцов электрогрузовиков, обозначенных буквами от А до З. Для модернизации была выбрана машина «Е», не имевшая параметров, по которым она лидировала. В результате исследований при помощи компьютерной программы было установлено, что заметное повышение технического уровня достигается только при комплексном улучшении группы параметров [2]. На рисунке 2 показан график зависимости количества исходов, при которых образец лидирует от количества параметров, по которым машина лидирует.

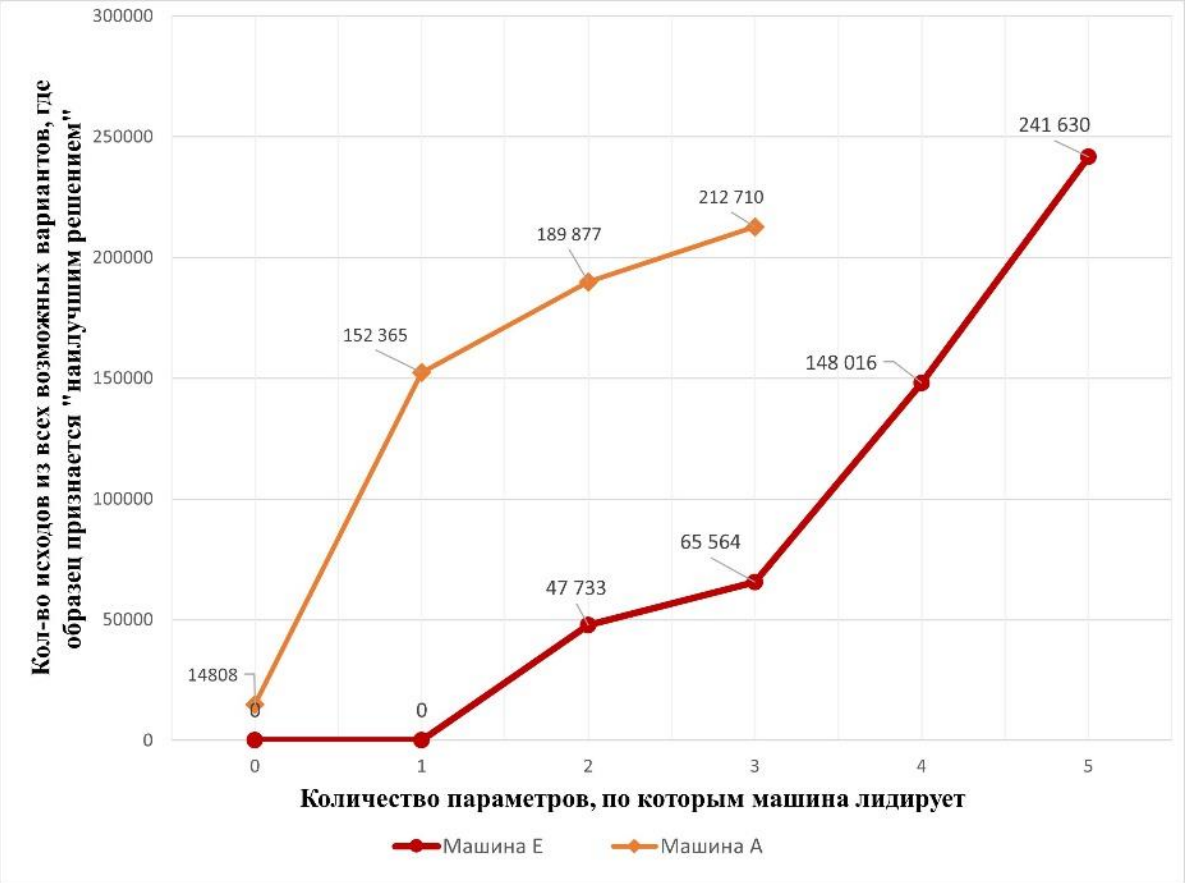


Рисунок 2 – результаты проведения расчетов путем применения алгоритма оценки технического уровня НТТС с учетом последовательного изменения нескольких параметров машины

В таблице 1 показано положение машин до модернизации образца «Е», в таблице 2 показан результат комплексного улучшения параметров, в результате которого машина «Е» переместилась с последнего места на первое.

Таблица 1 – рейтинг машин до модернизации образца Е

Место в рейтинге	Обозначение машины	Количество областей, принадлежащих решениям
	А	
	Г	
	З	
	Б	
	Ж	
	В	
	Д	
	Е	

Таблица 2 – рейтинг машин после комплексного улучшения параметров образца Е

Место в рейтинге	Обозначение машины	Количество областей, принадлежащих решениям
	Е	
	З	
	Г	
	А	
	Ж	
	Б	
	В	
	Д	

Однако, наиболее важной является проблема точного и однозначного выбора параметров, составляющих группу, оказывающую наибольшее влияние на технический уровень образца машины. Так, для развозного грузовика, выполняющего только транспортную работу, наиболее важными параметрами будут грузоподъемность и запас хода. Для таких машин, как аэродромный тягач, значимыми будут мощностные показатели двигателя, при этом емкость батареи будет значительно менее существенным параметром [3]. Для коммунальной машины набор важнейших характеристик будет более широким, так как такая техника должна не только перемещаться по дорогам, но и работать с технологическим оборудованием.

Для определения набора параметров, важнейших для модернизации конкретного вида электрогрузовиков, можно использовать метод экспертной оценки. Несмотря на субъективность опрашиваемых экспертов, данные, полученные в ходе такого вида оценки, могут задать общее направление для выбора параметров. Для грузовиков, выполняющих только работу по перевозке груза на расстояние, параметры второй категории, то есть связанные с электрической силовой

установкой, будут непосредственно определять технический уровень. Для машин, служащих шасси для различной специализированной техники, такой как коммунальная, параметрами, определяющими технический уровень, будут те, которые характеризуют работу оборудования, установленного на шасси. Например, для коммунальной машины определяющими будут параметры ширины обрабатываемой полосы, толщины убираемого слоя снега, объема или массы подбираемого мусора и пыли и т.д. [4].

Здесь становится очевидна проблема более низкой универсальности грузового шасси на электрической тяге. Для коммунальных машин с ДВС, как правило, используются стандартные шасси бортовых грузовиков или самосвалов. Для подобной машины на электротяге возникает проблема взаимосвязи характеристик: запаса хода, мощностных показателей силовой установки и грузоподъемности. Использование более мощного электродвигателя для обеспечения не только транспортной работы на перемещение, но и технологической работы навесного оборудования и стандартной батареи для сохранения грузоподъемности, приведет к снижению запаса хода. Увеличение емкости батареи обусловит снижение грузоподъемности при неизменной полной массе и нагрузке на ось, что приведет к ограничению применения навесного оборудования. Поэтому при создании коммунальной техники на электротяге, необходимо заранее представлять сценарий использования конкретной машины.

Заключение: таким образом, оценка технического уровня зависит не только от превосходства одного образца над другими по совокупности показателей, но и от влияния каждого показателя на эксплуатацию техники при выполнении задач, для которых она была спроектирована. Определение группы параметров, обеспечивающих максимальную эффективность модернизации грузовиков с электрическими силовыми установками, позволит значительно повысить конкурентоспособность таких машин. Состав группы зависит от назначения техники и может включать разное количество параметров. Параметры шасси будут напрямую влиять на внешние параметры, и при использовании серийного оборудования, именно за счет улучшения показателей шасси, будет повышаться технический уровень машины. Однако, для наиболее эффективной модернизации, необходимо однозначно определить зависимости между параметрами применяемого оборудования и шасси, что является важной задачей, для решения которой необходима разработка новых методов, в том числе опирающихся на компьютерные программы.

Список литературы

1. Tesla Semi. – URL: https://www.tesla.com/semi

2. Пушкарев А.Е., Абросимова А.А., Виноградова Т.В., Колесниченко Д.С. Безэкспертная оценка технического уровня пневмоколесных шасси с электрическими энергетическими установками // Грузовик. – 2024. – № 12. – С. 3-6.

3. Аэротягач под током, Sprinter для отпугивания птиц и другие: экзотика на выставке NAIS. – URL: https://autoreview.ru/articles/gruzoviki-i-avtobusy/aerodromnyy-tyagach-pod-tokom-sprinter-dlya-otpugivaniya-ptic-i-drugie-aviacionnaya-ekzotika-na-vystavke-nais

4. Колесниченко Д.С., Пушкарев А.Е. Расчет требуемой мощности для выполнения различных технологических операций коммунальной машиной на универсальном шасси с электрической силовой установкой // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. – 2024. – № 24. – С. 60-67.

References

1. Tesla Semi. – URL: https://www.tesla.com/semi

2. Pushkarev A.E., Abrosimova A.A., Vinogradova T.V., Kolesnichenko D.S. An expert assessment of the technical level of pneumatic wheeled chassis with electric power plants // Truck. – 2024. – № 12. – pp. 3-6.

3. Electric air tractor, Sprinter for scaring birds and others: exotics at the NAIS exhibition. – URL: https://autoreview.ru/articles/gruzoviki-i-avtobusy/aerodromnyy-tyagach-pod-tokom-sprinter-dlya-otpugivaniya-ptic-i-drugie-aviacionnaya-ekzotika-na-vystavke-nais

4. Kolesnichenko D.S., Pushkarev A.E. Calculation of the required power for performing various technological operations by a utility vehicle on a universal chassis with an electric power plant // Transport, mining and construction engineering: science and production. – 2024. – No. 24. – pp. 60-67.

DOI: 10.58168/MSTT2025_245-249
УДК 656.076.2

АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА ГОРОДА БРЯНСКА

С.П. Шец[1], Е.В. Справцева[2]
[1, 2] Брянский государственный технический университет, г. Брянск, Россия
[1] shetssp@mail.ru
[2] kama3@list.ru

Аннотация. Несмотря на наличие в нашей стране огромных запасов нефти и газа, переход на экологичные виды транспорта является приоритетной задачей для любого региона. В сфере городских перевозок пассажиров города Брянска также следует рассмотреть перспективы применения современного экологичного подвижного состава.

Ключевые слова: альтернативные источники энергии, биотопливо, общественный транспорт, электробусы, солнечные батареи.

ANALYSIS OF PROMISING AREAS OF DEVELOPMENT PUBLIC TRANSPORT IN BRYANSK

S.P. Shets[1], E.V. Spravtseva[2]
[1, 2] Bryansk State Technical University, Bryansk, Russia
[1] shetssp@mail.ru
[2] kama3@list.ru

Abstract. Despite the presence of huge oil and gas reserves in our country, the transition to environmentally friendly modes of transport is a priority for any region. In the sphere of urban passenger transportation in Bryansk, the prospects for the use of modern environmentally friendly rolling stock should also be considered.

Keywords: alternative energy sources, biofuels, public transport, electric buses, solar panels.

В настоящее время маршрутный пассажирский транспорт в г. Брянск представлен муниципальными автобусами и троллейбусами, которые обслуживают 46 городских маршрутов, а также коммерческим транспортом, осуществляющим перевозки по 18 маршрутам. Из всех применяемых видов пассажирского транспорта в Брянске троллейбусы являются наиболее безопасными с точки зрения влияния на окружающую среду, поэтому в последние годы (с 2022 по 2024 гг.) троллейбусный парк МУП «Брянское троллейбусное управление» существенно обновился, на баланс предприятия поступило почти 100 троллейбусов ПКТС-6281 «Адмирал» и ВМЗ-5298.01«Авангард». По состоянию на 01.01.2025 года в городе эксплуатируются 117 троллейбусов, средний возраст парка составляет менее трех лет.

© Шец С. П., Справцева Е. В., 2025

Но транспортные технологии не стоят на месте, и для обеспечения эффективной работы городского пассажирского транспорта требуется следить за тенденциями при выборе подвижного состава, который должен быть экологичным, экономичным, надежным, долговечным, максимально компактным, но при этом иметь большую вместимость, низкое потребление топлива, а также быть доступен для маломобильных групп населения. Среди основных направлений повышения привлекательности общественного транспорта для населения можно выделить применение новых видов топлива, а также применение инновационных материалов в конструкции для снижения общего веса, потерь от трения, коррозии и др. [1].

На рис. 1 представлены рассмотренные в работе приоритетные направления развития городского пассажирского транспорта в России.

Рисунок 1 – Перспективные направления развития подвижного состава общественного транспорта

Среди наиболее актуальных направлений можно выделить следующие:

- применение автобусов особо-большой вместимости на отдельных городских маршрутах с большим потоком пассажиров;
- переход на альтернативные источники топлива;
- внедрение беспилотных транспортных средств;
- развитие сети электробусов и зарядной инфраструктуры.

Рассмотрим эти направления более детально.

Подвижной состав особо большого класса (длиной более 16 м) в настоящее время в России представлен сочлененными электробусами, автобусами и троллейбусами. Их длина и вместимость практически одинаковые, но с точки зрения экологичности автобус существенно проигрывает [2].

Применения биотоплива для ДВС также является одним из путей снижения вредных выбросов автомобильным транспортом, наиболее популярными являются топлива на основе биоэтанола (который получают в основном из сахарного тростника, кукурузы и других культур с высоким содержанием сахаров), а также биодизеля (его производят из рапса, сои и других масличных культур). Еще 10 лет назад в России и других странах мира применение биотоплива рассматривалось как одно из самых перспективных направлений. Но постепенно данные разработки стали все менее востребованными из-за действия различных факторов, сдерживающих развитие биоэнергетики, таких как отсутствие государственной поддержки из-за недостаточной ценовой конкурентоспособности биотоплив и высоких капитальных затрат на производство единицы мощности. Еще одним альтернативным источником топлива для ДВС является природный газ, который применяется в виде компримированного (сжатого) природного газа и сжиженного природного газа. Оба этих топлива безопасны, экологичны и экономичны, но обладают определенными ограничениями, которые делают неэффективными данный вид топлива для пассажирского транспорта [3].

Наибольший технологический прорыв в настоящее время можно наблюдать в сфере беспилотных технологий, в частности, при перевозках пассажиров. И если совсем недавно беспилотный автобус «Матрёшка» тестировался на площадках Сколково, а Шаттл производства КамАЗ возил туристов на чемпионате мира по футболу в 2018 году в Казани, то автономный электробус Карсан Отомус Е-АТАК уже активно перевозит пассажиров по городским маршрутам в Европе, а беспилотное маршрутное такси ГАЗель Некст-Ева также тестируется для осуществления перевозки пассажиров по маршрутам в г. Москва [4].

Фаворитами на рынке технологий являются электробусы. В России они стали серийно выпускаться после 2016 года, и за последние годы их технические характеристики заметно изменились. Например, первым электробусом, который стал курсировать по улицам Москвы, стал ЛиАЗ-6274, который производился с 2018 года; он имеет запас хода 80 км. Модификация 2023 года называется «e-Citymax 12» и имеет запас хода 200 км. У новой модификации КамАЗ-6282 ONC 2024 года запас хода составляет до 285 километров [5].

Многие компании для снижения стоимости эксплуатации пассажирского транспорта рассматривают вариант получения электроэнергии самим электробусом от солнечных панелей – так называемые SolarBus [6]. В жарком климате данные автобусы позволяют вырабатывать энергию для обеспечения полного цикла работы, то в регионах с умеренным и более холодным климатом эксплуатируются гибридные автобусы; солнечные батареи применяют для получения части энергии, которую можно использовать, например, на отопление или кондиционирование салона, а также освещение. Подобные технологии применяются в Китае, Индии, Великобритании, Австрии, США, Казахстане и других странах.

На сегодняшний день можно выделить три принципиально разные метода зарядки электробусов:

1) Медленная зарядка в депо (преимущественно ночная), занимает порядка 4-10 часов, позволяет обеспечить запас хода порядка 150 км, но требует аккумуляторов большой массы, т.е. в салоне электробуса остается меньше места для пассажиров. Преимуществом такой системы является отсутствие необходимости в зарядных станциях на улицах города (на конечных остановках).

2) Быстрая зарядка на конечных остановках маршрутов, которая длится всего 5-10 минут. При этом батареи имеют меньший вес и габариты, а также большую устойчивость к низким температурам.

3) Динамическая зарядка (на ходу, подключаясь к существующей троллейбусной контактной сети). Среди преимуществ – нет простоев на подзарядку, запас хода до 25 км, кондиционирование и отопление салона не требуют дополнительных дизельных отопителей. При разъединении с контактной сетью электробус продолжает движение, а на ближайшей остановке сам подключается к сети.

При выборе стратегии заряда, которую планируется применяться на пассажирском предприятии, необходимо учитывать следующие факторы:

1. Вместимость депо.

2. Наличие технической возможности для технологического присоединения к электросетям зарядных станций на конечных остановках.

3. Продолжительность зарядного цикла.

4. Применяемая система зарядки электробусов, емкость аккумуляторов, а также запас автономного хода.

5. Протяженность маршрута, на котором предполагается эксплуатация подвижного состава.

6. Возможные задержки на маршруте следования.

В итоге очень важно принять стратегическое решение, основанное на конкретных особенностях каждого города и оператора. Если рассматривать в качестве примера для внедрения электробусов город Брянск, то вероятнее всего, лучшим решением будет комбинация ночной зарядки и зарядки на конечных остановках. Учитывая, что на улично-дорожной сети города существует обновленная контактная троллейбусная сеть, можно также осуществлять дополнительный тип зарядки – динамическую (на ходу), что позволит отказаться от оборудования зарядных станций на некоторых конечных остановках.

Список литературы

1. Варкентин Д.Д., Уголков С.В. Модернизация общественного транспорта в Санкт-Петербурге // Аэрокосмическое приборостроение и эксплуатационные технологии: третья Междунар. научн. конференция. Санкт-Петербург, 2022. – С.55-58.

2. Войтенков С.С., Агаева О.А. Современный подвижной состав городского пассажирского транспорта // Образование. Транспорт. Инновации. Строительство: Сборник материалов IV Национальной научно-практической конференции, Омск, 22–23 апреля 2021 года. – Омск: Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), 2021. – С. 277-284.

3. Рыжова А.С. Перечень вопросов для проведения исследования эффективности внедрения автобусов на альтернативном топливе // Автомобилестроение: проектирование, конструирование, расчет и технологии ремонта и производства: материалы V Всероссийской научно-практ. конференции. Ижевск, 2021. – С.362-364.

4. Малышев М.И. Инновации в области городского общественного транспорта и перспективы внедрения принципов новой мобильности // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2022. – Т. 25, № 3. – С. 36-50.

5. Чикишев Е.М., Капский Д.В., Семченков С.С. Оценка влияния транспортных и природно-климатических факторов на уровень расхода электроэнергии электробусов в условиях городской среды // Наука и техника. – 2023. – Т. 22, № 1. – С. 48-59.

6. Рыжова А. С. Применение технологий с использованием солнечных элементов на автомобильном транспорте // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. – 2016. – Т. 3, № 2(5). – С. 178-181.

References

1. Varkentin D.D., Ugolkov S.V. Modernization of public transportation in St. Petersburg // Aerospace instrumentation and operational technologies: the third International Scientific Conference. Saint Petersburg, 2022. pp.55-58.

2. Voitenkov S.S., Agaeva O.A. Modern rolling stock of urban passenger transport // Education. Transport. Innovation. Construction: Proceedings of the IV National Scientific and Practical Conference, Omsk, April 22-23, 2021. Omsk: Siberian State Automobile and Road University (SibADI), 2021. pp. 277-284.

3. Ryzhova A.S. List of questions for conducting research on the effectiveness of introducing buses with alternative fuels // Automotive engineering: design, construction, calculation and technologies of repair and production: materials of the V All-Russian Scientific-practical conferences. Izhevsk, 2021. – pp.362-364.

4. Malyshev M.I. Innovations in the field of urban public transport and prospects for the introduction of the principles of new mobility // Scientific Bulletin of the Moscow State Technical University of Civil Aviation. – 2022. – Vol. 25, No. 3. – pp. 36-50.

5. Chikishev E.M., Kapsky D.V., Semchenkov S.S. Assessment of the influence of transport and climatic factors on the level of electricity consumption of electric buses in an urban environment // Science and Technology. - 2023. – Vol. 22, No. 1. – pp. 48-59.

6. Ryzhova A. S. Application of technologies using solar cells in automobile transport // Alternative energy sources in the transport and technological complex: problems and prospects of rational use. - 2016. – Vol. 3, No. 2(5). – pp. 178-181.

DOI: 10.58168/MSTT2025_250-253
УДК 621.793.74

ОСОБЕННОСТИ ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ40

В.А. Иванников[1], В.Н. Бухтояров[1], А.Д. Голев[1], Е.А. Астахова[1], А.И. Третьяков[1]
[1] Воронежский государственный лесотехнический университет, имени Г.Ф. Морозова, г. Воронеж, Россия, ivannikov_vrn@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены особенности пластического деформирования плазменных покрытий. Предложена последовательность обкатки роликов в несколько стадий.

Ключевые слова: напыление, покрытие, пластичность, пластическое деформирование, обкатка роликом или шариком.

FEATURES OF PLASTIC DEFORMATION OF PLASMA COATINGS V.A.

Ivannikov [1], V.N. Bukhtoyarov [1], A.D. Golev [1], E.A. Astakhova [1], A.I. Tretyakov[1]
[1] Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia, ivannikov_vrn@mail.ru

В отечественной и зарубежной промышленности возникает необходимость работать над повышением качества деталей машин, следить за тем, чтобы выпускаемая продукция отвечала современным требованиям.

Современное машиностроительное производство развивается в направлении совершенствования технологий управления свойствами поверхностного слоя деталей машин. Часто такие технологии основаны на создании поверхностных слоев с необходимыми свойствами с помощью нанесения функциональных покрытий и их последующего упрочнения. При этом используют комбинированные методы обработки, основанные на термомеханических и химико-термических процессах [1].

Для создания покрытий с заданными свойствами на поверхностях деталей машин часто используют плазменное напыление. Покрытия, получаемые данным способом, обладают хорошей износостойкостью, коррозионной и температурной стойкостью, но не всегда обеспечивается необходимая прочность соединения покрытия и основного материала. Покрытия, полученные плазменным напылением, обладают гетерогенной структурой, что снижает возможности их использования в условиях повышенных давлений и ударных нагрузок.

© Иванников В. А., Бухтояров В. Н., Голев А. Д., Астахова Е. А., Третьяков А. И., 2025

Традиционно применяемые для упрочнения плазменных покрытий технологические приемы, основанные на нагреве выше температуры фазовых преобразований (оправление, спекание), влекут за собой снижение усталостной прочности деталей в связи с укрупнением зерен микроструктуры и увеличением трещинообразования.

Большой интерес представляет пластическое деформирование покрытий. Указанная группа технологических приемов включает в себя большой комплекс возможных воздействий на плазменные покрытия [2 … 4].

Имеется возможность обкатки роликом при нормальной температуре, однако при этом требуется существенно увеличивать давление, снижать степень деформации покрытия. При этом вероятность растрескивания и отслаивания покрытия возрастает. Другим классом способов является термомеханическая обработка с нагревом (в печи или непосредственно плазменной струей или другим концентрированным источником тепла). В этом случае возможно снижение удельного давления ролика на покрытие, повышение степени деформации, но растет вероятность нежелательных структурных изменений в материале детали и покрытия. Кроме того, из-за разницы в коэффициентах линейного расширения материалов, возможно нарастание уровня внутренних напряжений в зоне прикрепления покрытия и основы.

В информационных источниках встречается напыление с одновременной обкаткой роликом или шариком.

Плазменные покрытия имеют специфическую, ламелеобразную, пористую структуру, формируемую летящими частицами, увлекаемыми потоком плазмы. Данные частицы в процессе полета окисляются, при ударе о поверхность окислы трескаются и попадают в покрытие. В то же время частицы оплавляются не полностью, а могут находиться в пластичном состоянии, что способствует образованию пор.

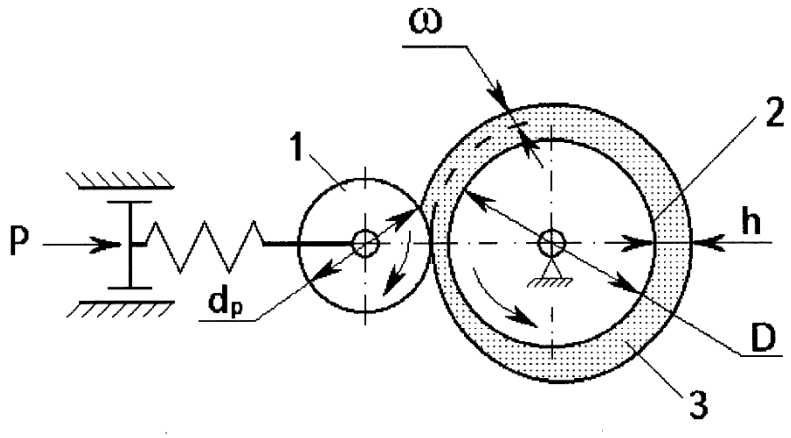
С использованием пластического деформирования плазменных покрытий в горячем или холодном состоянии повышаются основные физико-механические характеристики, а именно прочность соединения покрытия с основным материалом и его износостойкость.

Сущность обкатки роликом или шариком (рис. 1) заключается в том, что под влиянием рабочей поверхности инструмента происходит смятие пор, деформирование поверхностного слоя покрытия, оно в результате таких действий становиться более плотным. В результате обработки происходят структурные изменения в кристаллической решетке. Уплотнение материала покрытия способствует увеличению износостойкости.

В результате пластической деформации в покрытии возникают сжимающие напряжения. Наличие сжимающих напряжений, увеличивают сопротивление усталости детали, так как не позволяют возникать отрицательным напряжениям (напряжения не меняют значение из положительного в отрицательные) [5].

Немаловажным показателем качества плазменного покрытия, является прочность его соединения с основным материалом. В технологическом процессе напыления заложена операция пескоструйной обработки для создания нужного микрорельефа. В процессе напыления разогретые частицы порошка ударяясь о

поверхность не всегда полностью прилегают и заполняют все неровности поверхности. При пластическом деформировании поверхности покрытие максимально прижимается к основному металлу, что позволяет увеличить количественно «якорное» зацепление. Приближение покрытия к основному материалу в сочетании с термическим воздействием будет способствовать увеличению вероятности диффузии материалов [6, 7].



1 – ролик; 2 – деталь; 3 – покрытие; P – усилие обкатки; d_p – диаметр ролика; D – диаметр детали; h – толщина покрытия; ω – глубина деформации покрытия

Рисунок 1 – Схема обкатки роликом покрытия

При пластическом деформировании плазменных покрытий в холодном состоянии, из-за специфики формирования и как результат пористой структуры, есть большая вероятность того, что оно растрескается. Поэтому лучше такого рода покрытия, предварительно нагревать до пластичного состояния, что позволит, во-первых, уменьшить усилие обработки, во-вторых получать более качественное покрытие без растрескивания.

То есть, предлагается обкатывать покрытие в две стадии. На первой стадии покрытие оплавляется (температура колеблется от 1300 … 1400 К), при этом усилие обкатки 300 … 500 Н/мм. На второй стадии обкатка происходит на холодную с усилием 500 … 800 Н/мм. Основная цель первой стадии – придание правильной формы, размера, а вторая стадия придание необходимых физико-механических свойств [6].

При исследовании были проведены испытания покрытий на износостойкость, сопротивление усталости и прочность соединения основного материала и нанесенного слоя. Использовались стандартные методы испытаний на машине трения МИ-1, машине для усталостных испытаний МУИ-600, прочность сцепления определялась методом сдвига.

Сравнительные экспериментальные исследования показывают, что обкатка роликом с термической обработкой в сравнении с традиционным оплавлением плазматроном способствует повышению прочности сцепления на 8 … 10 %, сопротивлению изнашиванию на 10 … 20 %, увеличивает предел выносливости на 14 … 15 %.

Список литературы

1. Соснин Н. А. Пламенные технологии. Руководство для инженеров / Н. А. Соснин, С. А. Ермаков, П. А. Тополянский. – СПб : Изд-во Политехн. ун-та, – 2008. – 406 с.

2. Одинцов, Л. Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным и пластическим деформированием / справочник / Л. Г. Одинцов. – М. : Машиностроение, 1987. – 328 с.

3. Браславский, В. М. Технология обкатки крупных деталей роликами / В. М. Браславский. – М. : Машиностроение, 1975. – 160 с.

4. Аскинази, Б. М. Упрочнение и восстановление деталей машин электромеханической обработкой : учеб. пособие / Б. М. Аскинази. – М. : Машиностроение, 1989. – 200 с.

5. Кадырметов, А. М. Перспективы упрочнения покрытий методом плазменного напыления с одновременной электромеханической обработкой / А. М. Кадырметов, В. О. Никонов, В. Н. Бухтояров, Е. В. Снятков, А. Ф. Мальцев // Технологии упрочнения, нанесения покрытий и ремонта : теория и практика: В 2 частях : материалы 14-й международной научно-практической конференции. Часть 1 – СПб : Изд-во политехи, ун-та, 2012. – С. 75-79.

6. Яковлев, К. А. Разработка процесса термомеханического упрочнения поверхностей с газотермическими покрытиями : автореф. ... канд. техн. наук : 05.03.01 / К. А. Яковлев. – Воронеж, 1998. – 15 с.

7. Никонов, В. О. Совершенствование технологии восстановления шеек коленчатых валов автомобильных двигателей плазменным напылением с одновременной электромеханической обработкой : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.22.10 – Владимир, 2013. – 17 с.

References

1. Sosnin N. A. Flame technologies. Handbook for engineers / N. A. Sosnin, S. A. Ermakov, P. A. Topolyansky. – St. Petersburg : Polytechnic Publishing House. University, 2008, 406 p.

2. Odintsovo, L. G. Hardening and finishing of parts by surface and plastic deformation / handbook / L. G. Odintsovo. – M. : Mashinostroenie, 1987. – 328 p.

3. Braslavsky, V. M. Technology of rolling large parts with rollers / V. M. Braslavsky. – M. : Mashinostroenie, 1975. – 160 p.

4. Askinazi, B. M. Hardening and restoration of machine parts by electro-mechanical processing : textbook. manual / B. M. Askinazi. Moscow : Mashinostroenie, 1989. 200 p

5. Kadyrmetov, A.M. Prospects for hardening coatings by plasma spraying with simultaneous electromechanical treatment / A.M. Kadyrmetov, V. O. Nikonov, V. N. Bukhtoyarov, E. V. Snyatkov, A. F. Maltsev // Technologies hardening, coating and repair : theory and practice: In 2 parts : proceedings of the 14th International Scientific and Practical Conference. Part 1 – Joint Venture

6. Yakovlev, K. A. Development of the process of thermomechanical hardening of surfaces with gas-thermal coatings : abstract of the Candidate of Technical Sciences : 05.03.01 / K. A. Yakovlev. – Voronezh, 1998. – 15 p.

7. Nikonov, V. O. Improving the technology of restoring crankshaft necks of automobile engines by plasma spraying with a single electromechanical treatment : abstract of the dissertation of the Candidate of Technical Sciences : 05.22.10 – Vladimir, 2013. – 17 p.

DOI: 10.58168/MSTT2025_254-259
УДК 620.179.12

К ПРОБЛЕМЕ ОПТИМИЗАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ СТАНЦИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ41

А.Н. Швырёв[1], Э.А. Черников[1], С.А. Швырёв[1], Б.Н. Чумаков[1], А.В. Латынин[2]
Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,
г. Воронеж, Россия, Shvyriov74@mail.ru
ООО «САТОМС» г. Воронеж, Россия, lat-07@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются перспективы получения нового строительного материала, изготовленного с создания прочных теплоизоляционных строительных материалов, позволяющих повысить класс энергоэффективности предприятия.

Ключевые слова: энергоэффективность, станция технического обслуживания автомобилей, новый материал, графит, предел прочности при растяжении, модуль упругости.

ON THE PROBLEM OF OPTIMIZING THE ENERGY COSTS OF CAR SERVICE STATIONS

A.N. Shvyriov[1], E.A. Chernikov[1], S.A. Shvyriov[1], B.N. Chumakov[1], A.V. Latynin[2]
[1] Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, Shvyriov74@mail.ru
[2] Ph. D., SATOMS LLC, Voronezh, RF, lat-07@mail.ru

Keywords. Energy efficiency, car maintenance station, new material, graphite, tensile strength, modulus of elasticity.

Abstract: the article discusses the prospects for obtaining a new building material, made with the creation of durable thermal insulation building materials that can increase the energy efficiency class of the enterprise.

Развитие автомобильного транспорта в конкурентной борьбе различных производителей автомобилей невозможно без мобилизации всех без исключения методов и способов бережливого производства. Однако, организация производства такого вида невозможно без учета энергоэффективности на всех уровнях, включающих не только производство автомобилей, но и эксплуатацию с учетом эксплуатации компонентов.

Основной целью исследования является обеспечение оптимального уровня энергоэффективности станций технического обслуживания автомобилей (СТОА).

Обеспечение цели энергосбережения на предприятиях СТОА достигается выполнением следующих методов: обеспечением доступа к обучению персонала по вопросам энергоэффективности, создание специальных систем учета и мониторинга энергопотребления и их внедрение, использование оборудования с высоким классом энергопотребления.

© Швырёв А. Н., Черников Э. А., Швырёв С. А., Чумаков Б. Н., Латынин А. В., 2025

Несмотря на все прикладываемые усилия вышеперечисленными методами достичь оптимального уровня энергопотребления очень сложно, а задачи создания энергосберегающих предприятий СТОА практически невозможны. Поэтому перед исследователями и разработчиками новых материалов стоят задачи создания новых материалов с низким коэффициентом теплопередачи и способным работать в сложных условиях.

Необходимость создания изделий, работающих в сложных условиях, требует введения в матрицу полимерного композита водоотталкивающей добавки, которая, в свою очередь, должна значительно снижать водопоглощение и защищать древесный наполнитель от проникновения воды, а также обладать противоскользящими свойствами – коррозионные свойства [1]. Графитовая электродная мука может наиболее полно удовлетворить потребности.

Для достижения поставленной цели были выполнены поставленные задачи: подобран состав композиционной смеси, проведены экспериментальные исследования прочностных характеристик изготовленных образцов, изучена водостойкость полученного материала.

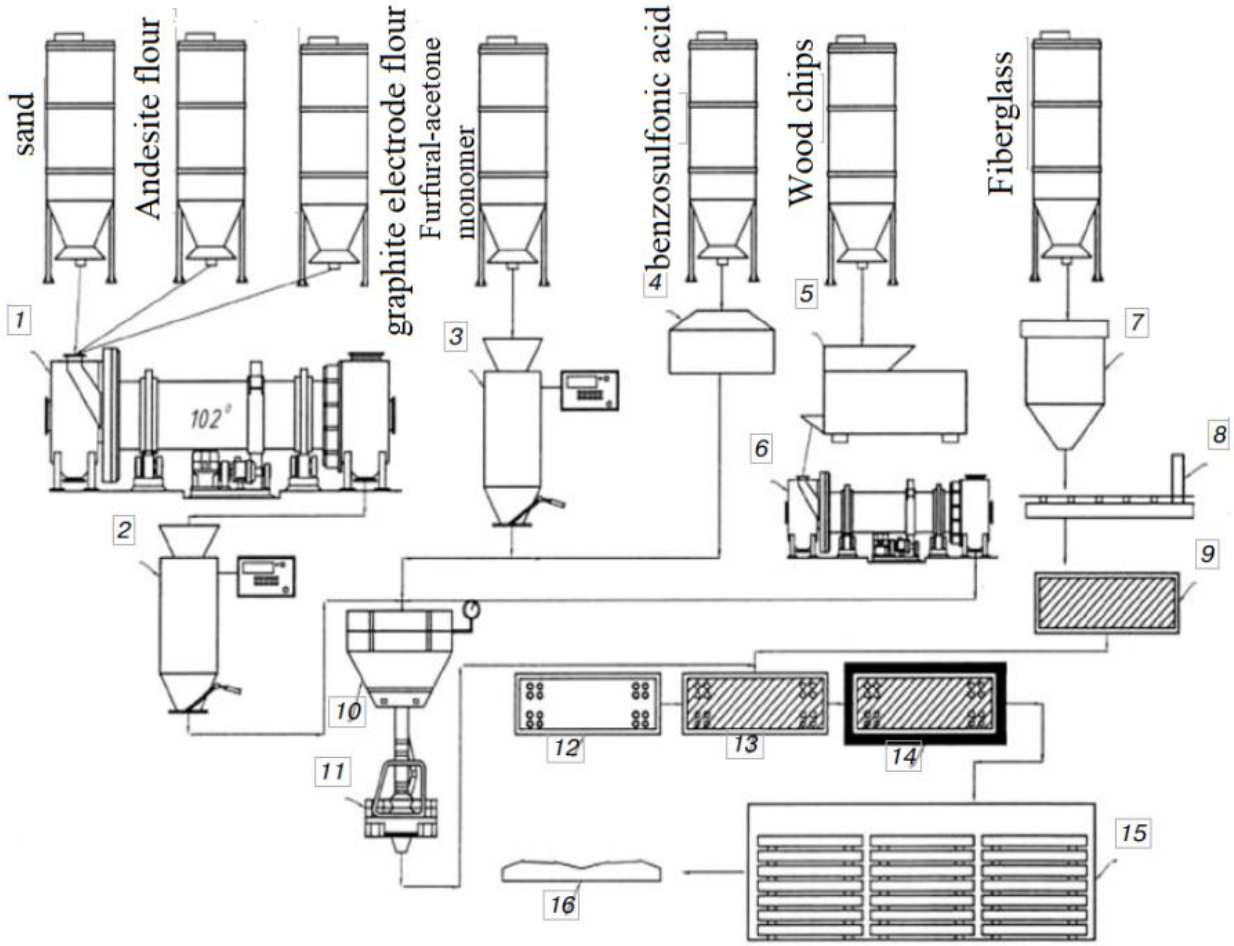
Поскольку графит по своим основным химическим свойствам инертен к жидкостям, газам и твердым частицам, было высказано предположение, что он идеально подходит для снижения поглощения влаги из окружающей среды и снижения внутренних напряжений. Графит неэластичен, но его можно резать и гнуть. Благодаря этим свойствам, а также содержанию жира, он подходит для производства композиционного материала на основе мономера ацетонфурфурола с необходимыми параметрами водопоглощения. Эта идея была подсказана свойствами этого материала, который используется в качестве антикоррозионного компонента в красках, используемых для защиты бетона, дерева, стали, чугуна и других изделий от коррозии [2]. Необходимость введения графитовой муки обусловлена также содержанием в полимерном композиционном материале армирующего древесину наполнителя (по сути, отходов деревообрабатывающей промышленности), который должен быть защищен от насыщения влагой. Такой наполнитель значительно снижает вес изделий и, как следствие, удешевляет их изготовление.

Для определения оптимального процентного содержания графитовой муки от общего объема полимерного композиционного материала базовой композиции с древесным наполнителем были изготовлены и испытаны образцы [3] с содержанием графита от одного до шести процентов (в весовых частях или в процентном отношении):

- мономер фурфулолацетона (ФАМ) 14,0...20,0;
- бензолсульфоновая кислота 3,0...5,0;
- андезитовая мука 47,0...57,0;
- графит 1,0...6,0;
- древесная стружка 16,0...20,0;
- стеклорез или стеклопакет оптом 0,3...0,5;
- специальный низкомолекулярный стирол
- сополимер 1,0...5,0;
- многоатомный спирт 0,3...1,5.

Образцы были изготовлены следующим образом. На дно опалубки была уложена сетка из стекловолокна, затем были уложены большие бруски из отходов деревообработки, которые были залиты бетонной смесью, содержащей древесную стружку, песок, ФАМ и графит. После заливки образцы выдерживали в течение трех дней до полного отверждения в нормальных условиях. Готовые образцы размером 115 мм x 19 мм x 3 мм (ASTM D638) были испытаны на прочность при сжатии и растяжении. Испытания проводились на машине для испытания на растяжение РМ-5 советского производства, изготовленной фирмой «Союзприбор» в 1989 году.

Технологическая схема изготовления изделий из древесно-стекловолоконных композиционных материалов представлена на рис. 1.



– сушка песка, андезитовой муки, графитовой муки; 2 – сушка песка, андезитовой муки; 3 – взвешивание фурфурол-ацетонового мономера; 4 – расплав охлаждающей бензосульфоновой кислоты; 5 – отделение щепы от отходов; 6 – сушка древесной щепы; 7 – сушка стеклопакеты; 8 – резка стеклопакета; 9 – укладка стеклопакета; 10 – смешивание компонентов; 11 – сушка древесной стружки; 12 – подготовка формы; 13 – заливка смеси; 14 – вибрация; 15 – установка в формовочную камеру; 16 – удаление готовая продукция и склад

Рисунок 1 Технологическая схема

Представленная технологическая схема легко вписывается в существующую технологическую цепочку предприятий и позволяет минимизировать затраты предприятия на реструктуризацию производственной линии.

Для контроля физико-механических характеристик была изготовлена серия образцов, не содержащих графитовой муки. Для каждой экспериментальной точки было изготовлено по три образца. Все образцы были подвергнуты испытаниям на изгиб и сжатие для определения пределов прочности при растяжении ($\sigma_{из}$ и $\sigma_с$), модулей упругости $E_{из}$ и $E_с$ и предельной относительной деформации $\varepsilon_р$. Полученные результаты приведены в таблице 1. Данные испытаний на физико-механические характеристики после воздействия воды в течение 90 дней приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Зависимость физико-механических характеристик композиционного материала от количества графитового наполнителя

Количество компонента, %	Предел прочности, МПа		Модуль эластичности, 104 МПа		Относительная деформация εр , %
	изгиб σиз	сжатие σс	изгиб Еиз	сжатие Ес	
0	18.83	83.36	1.60	1.30	0.52
1.0	20.43	65.64	1.73	1.04	0.53
2.0	22.86	69.28	1.93	1.11	0.55
3.0	25.62	82.29	2.17	1.32	0.58
4.0	28.21	92.64	2.39	1.48	0.61
5.0	30.14	88.36	2.55	1.41	0.63

Таблица 2 – Физико-механические характеристики матрицы древесноволокнистого композиционного материала в зависимости от количества графита в полимерных деталях, подвергнутых воздействию воды в течение 90 дней

Количество компонента, %	Предел прочности, МПа		Модуль эластичности, 10^4 МПа		Относительная деформация $\varepsilon_р$, %
	изгиб $\sigma_{из}$	сжатие $\sigma_с$	изгиб $E_{из}$	сжатие $E_с$	
0	14.21	61.15	0.75	1.22	0.37
1.0	16.30	62.27	0.82	1.25	0.42
2.0	18.00	67.18	1.24	1.31	0.47
3.0	24.82	79.25	2.12	1.33	0.55
4.0	27.92	92.61	2.39	1.36	0.61
5.0	29.98	87.98	2.51	1.38	0.63

Основным конструктивным составом древесного композиционного материала является полимерная матрица – раствор песка на основе мономерной смолы фурфурол-ацетон и андезита, армированный пушистой стеклянной паклей, в количестве 0,34% по массе, и опилки, отходы, получаемые в процессе переработки твердой древесины в пиломатериалы в сумме составляет 15,25%. В

таблице. 3 приведены экспериментальные данные о фактическом содержании графитовой муки в процентах от массы полимерной матрицы композиции. Полученные значения физико-механических характеристик образцов с соответствующим содержанием набора компонентов в полимерной матрице древесноволокнистого композиционного материала представлены в таблице 1. Идентичные испытания были также проведены на образцах, подвергнутых воздействию воды в течение 90 дней, полученные экспериментальные данные представлены в таблице 2.

Анализ зависимостей подтверждает ранее полученные экспериментальные данные, опубликованные в работах [4, 5], о том, что при введении графита в основной состав полимерной композитной матрицы наблюдается резкое снижение прочности при сжатии и чистом изгибе, а также модулей упругости при этих видах нагружения [1]. В связи с этим очевидно, что графит следует вводить в композицию только в минимальных количествах (0,1% по массе). Графит как бы как бы «растекается». Это особенно заметно при испытаниях образцов на сжатие

Армирование раствора полимера и композитного материала с сеткой из стекловолокна или стеклянных отходов, как показано в [4, 7, 8], делает эти материалы практически идеально с точки зрения прочности и жесткости, а стекловолоконная сетка стоит достаточно дорого, поэтому нет смысла размещать его по всей высоте секции. и, кроме того, возникают трудности с технологией литья даже при увеличении количества фурфуролацетонмономерной смолы в рецептурах [9]. При армировании полимерного раствора только кусковыми отходами лесопиления – щепой, его действие положительно сказывается на прочности при изгибе этого вида древесного композиционного материала, предельное удлинение также высокое – 0,15% (таблица 2).

Список литературы

1. Адачи Т., Осаки М., Араки В., Квон С.К. (2008) Вязкость разрушения эпоксидных композитов, наполненных нано- и микросферическими частицами кремнезема. Закон об образовании;56:2101-9. http://dx.doi. org/10.1016/j.actamat.2008.01.002.

2. Баджад М.Н., Модера К.Д., Десаи А.К. (2011) Влияние стекла на прочность бетона, подверженного сульфатному воздействию, в т.ч. на английском языке. 1 (2): 01-13.

3. Федерико Л.М., Чидиак С. Э. (2009) Стекольные отходы как дополнительный цементный материал в бетоне – критический обзор методов обработки, Цементные смеси. Compos. 31 (8):606–610.

4. Гонг Г., Пе Дж., Мэтью А.П., Оксман К. (2011) Поведение при растяжении, морфология и вязкоупругий анализ поливинилацетата (PVAc), армированного нановолокнами целлюлозы (CNF). Часть A: Руководство по применению; 42:1275-82. http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesa.2011.05.009.

5. Джин У., Мейер С., Бакстер С. (2000) Стеклобетон на основе стекломассы, ACIMater. J. 97 (2).

6. Харчевников В. И. (1987). Основы структурообразования стеклопластикового полимерного бетона. Известия высших учебных заведений. Строительство и архитектура, (11):62-66.

7. Кроп С., Мейер ХЕХ, ван Бриман Л.С. (2016) Многорежимное моделирование глобальных и локальных деформаций и разрушений в системах эпоксидной смолы, наполненных

частицами. Составная часть Научного руководства по применению; 88:1-9. http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesa.2016.05.012.

8. Нукала С. Г., Конг И., Какарла А. Б., Конг У. И Конг У. (2022). Разработка древесно-полимерных композитов из переработанных древесных и пластиковых отходов: термические и механические свойства. Journal of Compositions Science, 6 (7):194 https://doi.org/10.3390/jcs6070194.

9. Пьерард О., Льорка Дж., Сегурадо Дж., Догри И. (2007) Микромеханика композитов, армированных частицами упруговязкопластичных материалов: конечно-элементное моделирование в сравнении с аффинной гомогенизацией. Инт Джей Пласт;23:1041-60. http://dx.doi.org/10.1016/j.ijplas.2006.09.003.

References

1. Adachi T, Osaki M, Araki W, Kwon SC. (2008) Fracture toughness of nano-and micro-spherical silica-particle-filled epoxy composites. Acta Mater;56:2101–9. http://dx.doi.org/10.1016/j.actamat.2008.01.002.

2. Bajad M.N., Modhera C.D., Desai A.K. (2011) Effect of glass on strength of concretesubjected to sulphate attack, Int. J. Civ. Eng. Res. Dev. 1 (2):01-13.

3. Federico L.M.,. Chidiac S.E. (2009) Waste glass as a supplementary cementitiousmaterial in concrete – critical review of treatment methods, Cement Concr. Compos. 31 (8):606–610

4. Gong G, Pyo J, Mathew AP, Oksman K. (2011) Tensile behavior, morphology and viscoelastic analysis of cellulose nanofiber-reinforced (CNF) polyvinyl acetate (PVAc). Compos Part A: Appl Sci Manuf;42:1275–82. http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesa.2011.05.009.

5. Jin W., Meyer C., Baxter S. (2000) Glascrete Concrete with glass aggregate, ACIMater. J. 97 (2).

6. Kharchevnikov, V. I. (1987). Fundamentals of structure formation of fiberglass polymer concrete. News of higher educational institutions. Building and Architecture, (11):62-66.

7. Krop S, Meijer HEH, van Breemen LCA. (2016) Multi-mode modeling of global and local deformation, and failure, in particle filled epoxy systems. Compos Part A Appl Sci Manuf;88:1–9. http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesa.2016.05.012.

8. Nukala, S. G., Kong, I., Kakarla, A. B., Kong, W., & Kong, W. (2022). Development of Wood Polymer Composites from Recycled Wood and Plastic Waste: Thermal and Mechanical Properties. Journal of Composites Science, 6(7):194 https://doi.org/10.3390/jcs6070194.

9. Pierard O, LLorca J, Segurado J, Doghri I. (2007) Micromechanics of particle-reinforced elasto-viscoplastic composites: finite element simulations versus affine homogenization. Int J Plast;23:1041–60. http://dx.doi.org/10.1016/j.ijplas.2006.09.003.

DOI: 10.58168/MSTT2025_260-265
УДК 621.431

СПОСОБ ОЦЕНКИ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ И ВОЗМОЖНОСТЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НЕИСПРАВНОСТИ ЕЕ МЕХАНИЗМОВ

Д.Г. Тертерашвили[1], С.В. Дорохин[2], А.Р. Глушенков[3], Р.В. Мороз[3]
[1, 2, 3] Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова, г. Воронеж, Россия, [1] terterashvili26@gmail.com
[2] dsvvrn@yandex.ru
[3] glushankov2000@inbox.ru

Аннотация. Рассмотрены основные неисправности системы охлаждения, их симптомы и причины. Предложен альтернативный вариант дистанционного диагностирования системы охлаждения с последующим прогнозированием деталей и узлов системы.

Ключевые слова. Двигатель, система охлаждения, нейросеть, неисправность, диагностирование, прогнозирование, датчик, помпа, термостат, охлаждающая жидкость, вентилятор.

D.G. Terterashvili[1], S.V. Dorokhin[2], A.R. Glushenkov[3], R.V. Moroz[3]
[1, 2, 3] Voronezh State Forest Engineering University named after G.F. Morozov,
[1] terterashvili26@gmail.com
[2] dsvvrn@yandex.ru
[3] glushankov2000@inbox.ru

METHOD OF ASSESSING THE ENGINE COOLING SYSTEM AND THE POSSIBILITY OF PREDICTING THE FAILURE OF OTS MECHANISMS

Abstract. The main faults of the cooling system, their symptoms and causes are considered. An alternative option for remote diagnostics of the cooling system with subsequent prediction of parts and units of the system is proposed.

Keywords. Engine, cooling system, neural network, fault, diagnostics, prediction, sensor, pump, thermostat, coolant, fan.

Современный автомобиль является сложным устройством с множеством систем помощи водителю, обеспечения безопасности пешеходов, водителя и пассажиров, комфорта, экономичности и экологичности. Несмотря на активное внедрение электромобилей на рынок автомобильной отрасли, двигатели внутреннего сгорания (ДВС) остаются также востребованными, особенно при эксплуатации в труднопроходимых местах, в грузовом транспорте, в военном деле и т.д.

© Тертерашвили Д. Г., Дорохин С. В., Глушенков А. Р., Мороз Р. В., 2025

Современные ДВС в виду современного стремления к экономичности и экологичности становятся технологически сложными, а их ресурс снижается в сравнении с предшественниками. В результате чего, рабочая температуры двигателей многих автомобилей превышает 105ºС. При такой температуре даже незначительная неисправность в системе охлаждения двигателя может привести к таким повреждениям как:

1 Деформация головки блока цилиндров (ГБЦ);

2 Интенсивная деградация манжет, прокладок, масла, антифриза.

Основные причины, по которым производители устанавливают такие высокие рабочие температуры двигателя заключается в следующем:

1 Повышение КПД двигателя – чем больше температура, тем лучше сгорает топливо;

2 Экологические нормы – высокая температура снижает выбросы NO_x, CO.

Поэтому заблаговременная оценка состояния системы охлаждения двигателя является актуальной проблемой на сегодняшний день.

Основная задача системы охлаждения двигателя – это установление и поддержание рабочей температуры на различных режимах работы двигателя.

К основным неисправностям системы охлаждения относится:

1 Утечка охлаждающей жидкости;

2 Выход из строя термостата;

3 Отказ водяного насоса;

4 Засорение радиатора;

5 Неисправность вентилятора охлаждения;

6 Воздушная пробка;

7 «Пробитие» прокладки ГБЦ;

8 Неисправность датчика температуры;

9 Потеря свойств охлаждающей жидкости;

10 Повреждение крышки расширительного бачка.

Далее разберем подробно причины и симптомы той или иной неисправности в системы охлаждения [1, 2].

Утечка охлаждающей жидкости происходит из-за образования трещин и разгерметизации в патрубках, радиаторе или расширительном бачке, износ уплотнений помпы, прокладки ГБЦ, коррозия металлических элементов системы. Как правило, основные симптомы данной неисправности проявляются в виде падения уровня антифриза, следов подтеков под автомобилем и (или) характерным запахом охлаждающей жидкости в салоне. Для поиска неисправности прибегают к визуальному осмотру и (или) добавлением УФ-добавку для обнаружения скрытых течей [3].

Неисправность термостата проявляется в виде заклинивания в открытом или закрытом состоянии, или подклиниванием. Проявляется в долгом наборе рабочей температуры или наоборот перегреве двигателя. При скачкообразном изменении температуры двигателя, как правило, связано с подклиниванием термостата [2].

Выход из строя водяной помпы происходит из-за износа подшипника, разрушения крыльчатки вследствие некачественной охлаждающей жидкости и течью через манжету. Основные симптомы неисправной помпы – шум или свист из области помпы, перегрев двигателя, течь антифриза из дренажного отверстия помпы [4].

Засорение радиатора происходит по причине применения некачественного антифриза или воды и засорение его снаружи. Засоренный радиатор проявляется в виде перегрева на трассе (засоренных сотах) и в пробках (при условии, что вентилятор выключен). При засорении радиатора внутри нижний патрубок будет холодным [3–4].

При неработающем вентиляторе охлаждения двигатель будет перегреваться в пробках. Основные причины выходы его из строя заключается в нарушении электрической цепи, выходе из строя датчика температуры.

Воздушная пробка образуется в следствие некачественной замены охлаждающей жидкости или подсосе воздуха в систему охлаждения. Проявляется в скачущей температуре двигателя и холодным радиаторе отопителя. Решается путем прокачки системы [4].

При перегреве двигателя или нарушении его сборки при ремонте может произойти Разрушение прокладки ГБЦ, которая может проявить себя не сразу. Основные симптомы при пробитой прокладки ГБЦ является белый дым из выхлопной трубы, эмульсия в масле и пузырьки в расширительном бачке. При позднем обнаружении неисправности, ремонт двигателя кратно возрастает [3].

Неисправность датчика температуры (ДТ) будет проявляться в виде неправильной работы системы питания и времени срабатывания вентилятора.

Потеря свойств охлаждающей жидкости может стать причиной перегрева двигателя и ускоренной коррозии элементов системы охлаждения.

При повреждении крышки расширительного бачка происходит закипании системы даже при исправном термостате, а также раздуваются патрубки.

Благодаря современным технологиям и большому количеству датчиков, установленных в автомобиле, возможно не только диагностировать текущее состояние системы, но и предсказывать ее износ, предотвращая дорогостоящие ремонты [5].

Так, максимально возможные данные, которые возможно получить, дистанционно через OBDII необходимо передавать на сервер, в котором будут происходить основные вычислительные процессы. Для оценки и прогнозирования системы охлаждения, нейронной сети потребуются следующие данные:

1 Температура охлаждающей жидкости (в реальном времени и динамике);

2 Частота вращения коленчатого вала (нагрузка на нагрев);

3 Скорость автомобиля (обдув радиатора);

4 Активация вентилятора;

5 Уровень и качество антифриза (данные с датчиков или ручной ввод);

6 Текущий поток данных, поступающий в ЭБУ (данные ошибок, активации электронного термостата, электронной помпы);

7 История замен компонентов системы охлаждения (пробег, дата и производитель)

8 Текущее состояние погоды (необходимы для правильной оценки нагрева и охлаждения ДВС);

9 Стиль вождения (спокойный, агрессивный, без прогрева).

Для этой системы источники данных могут быть следующими:

1 OBD2-сканер + облачное хранение (например, через Torque Pro);

2 Телематические системы (для новых авто);

3 Ручной ввод данных о ТО.

Также в автомобиль потребуются дополнительные датчики, такие как датчик качества антифриза, дополнительные датчики температуры-дублеры, интегрированные Омметры для диагностирования электронных помп, вентиляторов и термостатов, датчики давления.

Соответственно, наличие большого количества информации позволит более точно определять текущее состояние системы и прогнозировать износ деталей и механизмов системы.

Простой пример, нейросеть может определять состояние системы:

1 Нормальная работа (температура 105-110°C):

1.1. Система в норме;

2 Перегрев (рост температуры выше 115°C):

2.1. Анализ температуры после термостата и после радиатора;

2.2. Анализ давления в системе;

2.3. Анализ электрической цепи термостата, электрической помпы и вентилятора охлаждения;

2.4. Заключение на основе вышеперечисленного;

2.5. Рекомендации водителю по устранению неисправности.

3 Недогрев:

3.1. Анализ температуры после термостата и после радиатора;

3.2. Анализ давления в системе;

3.3. Анализ электрической цепи термостата, электрической помпы и вентилятора охлаждения.

3.4. Заключения на основе вышеперечисленного;

3.5. Рекомендации водителю по устранению неисправности.

4 Утечка антифриза (падение уровня, частый долив):

4.1. Анализ давления в системе;

4.2. Заключения на основе вышеперечисленного;

4.3. Рекомендации водителю по устранению неисправности.

Основное преимущество внедрение нейросети в диагностику системы охлаждения ДВС является возможность составления прогнозируемого остаточного ресурса.

На основе данных о пробеге, нагрузке и истории отказов можно предсказать:

1 Вероятность выхода из строя помпы (по вибрации, шуму, температуре);

2 Износ термостата (по времени прогрева, колебаниям температуры).

Практическая реализация возможна с помощью систем телематики Geotab и Webfleet, которые анализируют данные с датчиков и предупреждают о рисках,

или сервисах основе AI (IBM Watson, Google AutoML), которые прогнозируют отказы.

Также реализовать данный способ возможно благодаря сбору данных с OBD2, передачи их на сервер; обучение модели (Python + TensorFlow/Keras) и визуализация результатов в виде графиков и предупреждений.

Основные преимущества подхода заключаются в следующем:

1 Раннее обнаружение проблем (до критического перегрева).

2 Прогнозирование замены компонентов (не по пробегу, а по реальному износу).

3 Снижение затрат на ремонт (предотвращение серьезных поломок).

К возможным трудностям данного способа можно отнести:

4 Требуются данные (чем больше история, тем точнее прогноз).

5 Нужны датчики (в старых авто может не быть достаточной телеметрии).

6 Ложные срабатывания (нейросеть нужно дообучать).

Таким образом был проведен анализ основных неисправностей в системе охлаждения ДВС, их диагностика, основные симптомы и причины, неэффективность современных методов диагностирования, поскольку они не могут точно предупредить возможный отказ системы. Был предложен альтернативный способ дистанционного диагностирования в настоящем времени и прогнозирование остаточного ресурса компонентов на основе нейросети. Такой способ может найти активное применение в коммерческом транспорте, так как может предупредить компанию о скором ремонте и предотвратить дорогостоящий ремонт.

Список литературы

1. Иванов А. М. Автомобили: конструкция и рабочие процессы: учебник/ [А.М. Иванов [и др.] ; под ред. В.И. Осипова – Москва : Академия, 2012 – 377 с

2. Патент № 2698556 C2 РФ, МПК F01P 11/16, F01P 11/18, F01P 11/20. Способ диагностики системы хладогента двигателя (варианты) : № 2017111284 : заявл. 04.04.2017 : опубл. 28.08.2019 / С. Реджети, Р. Р. Джентц, А. М. Дудар [и др.] ; заявитель Форд Глобал Технолоджиз, ЛЛК.

3. Салова, Т. Ю. Диагностика автотракторной системы охлаждения на переходных тепловых режимах / Т. Ю. Салова, А. Г. Курмашев, Н. А. Матросов // Улучшение эксплуатационных показателей двигателей, тракторов и автомобилей : Сборник научных трудов международной научно-технической конференции, Санкт-Петербург, 01 января – 31 2003 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, 2003. – С. 495-500.

4. Салова, Т. Ю. Оценки температурного режима системы охлаждения теплового двигателя / Т. Ю. Салова, П. А. Красножон // Известия Международной академии аграрного образования. – 2024. – № 72. – С. 102-107.

5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020619751 РФ. Встроенное программное обеспечение системы жидкостного охлаждения: № 2020618693 : заявл. 03.08.2020 : опубл. 24.08.2020 / С. В. Паулин, А. Е. Белов ; заявитель Публичное акционерное общество «Радиофизика» (ПАО «Радиофизика»)

References

1. Ivanov A. M. Automobiles: design and operating processes: textbook / [A. M. Ivanov [et al.]; edited by V. I. Osipov .- Moscow : Academy, 2012 .- 377 p

2. Patent No. 2698556 C2 RF, IPC F01P 11/16, F01P 11/18, F01P 11/20. Method for diagnosing the engine coolant system (variants): No. 2017111284 : declared 04.04.2017 : published 28.08.2019 / S. Rejeti, R. R. Jentz, A. M. Dudar [et al.]; applicant Ford Global Technologies, LLC.

3. Salova, T. Yu. Diagnostics of the automotive and tractor cooling system under transient thermal conditions / T. Yu. Salova, A. G. Kurmashev, N. A. Matrosov // Improving the performance of engines, tractors and cars: Collection of scientific papers of the international scientific and technical conference, St. Petersburg, January 01 – 31, 2003. – St. Petersburg: St. Petersburg State Agrarian University, 2003. – P. 495-500.

4. Salova, T. Yu. Estimation of the temperature regime of the cooling system of a heat engine / T. Yu. Salova, P. A. Krasnozhon // Bulletin of the International Academy of Agrarian Education. – 2024. – No. 72. – P. 102-107.

5. Certificate of state registration of computer program No. 2020619751 of the Russian Federation. Embedded software of the liquid cooling system: No. 2020618693: declared 03.08.2020: published 24.08.2020 / S. V. Paulin, A. E. Belov; applicant Public Joint-Stock Company Radiofizika (PJSC Radiofizika).

DOI: 10.58168/MSTT2025_266-270
УДК 629.113

МЕТОДИКА ТАРИРОВКИ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ МУЛЬТИФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПОЛНООПОРНОГО СТЕНДА ИРНИТУ

Д.О. Ухватов[1]
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
г. Иркутск, Россия, dim.ia@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена методу тарировки системы измерения силовых параметров мультифункционального полноопорного стенда с беговыми барабанами Иркутского национального исследовательского технического университета. В статье приведены этапы проведения тарировки системы измерения силовых параметров. Показаны полученные данные, вычислены погрешности измерительной системы, а также представлены результаты измерения силовых параметров при проведении экспериментального исследования автомобиля с подключаемым полным приводом с муфтой HALDEX II.

Ключевые слова: стенд с беговыми барабанами, тарировка, полноопорный стенд, КТС.

CALIBRATION PROCEDURE FOR MEASURING THE POWER PARAMETERS OF A MULTIFUNCTIONAL FULL-SUPPORT STAND AT IRNTU

D.O. Ukhvatov[1]
[1] IRKUT National Research Technical University,
Irkutsk, Russia, dim.ia@mail.ru

Annotation. The article is devoted to a calibration method for measuring the power parameters of a multifunctional full-support stand with treadmills of Irkutsk National Research Technical University. The article presents the stages of calibration of the power parameter measurement system. The data obtained are shown, the errors of the measuring system are calculated, and the results of measuring power parameters during an experimental study of a car with a plug-in all-wheel drive with a HALDEX II clutch are presented.

Keywords: stand with running drums, calibration, full-support stand, wheeled vehicle.

В современном мире происходит рост количества автомобилей, в настоящее время семьи, владеющие одним или несколькими личными автомобилями, составляет 63%, показали данные опроса Всероссийского центра изучения общественного мнения (ВЦИОМ) [1]. С увеличением количества автомобилей возрастает потребность в осуществлении качественной и быстрой диагностики колесных транспортных средств на станциях технического обслуживания. Для осуществления качественной и информативной диагностики возможно применение

© Ухватов Д. О., 2025

специальных стендов с беговыми барабанами. Вопрос диагностирования колесных транспортных средств на стендах с беговыми барабанами рассматривали такие люди, как: Федотов А.И., Яньков О.С., Потапов А.С., Чернышков А.С., Портнягин Е.М., Бойко А.В., Степанов А.Н. и т.д. Диагностика колесного транспортного средства с использованием стенда с беговыми барабанами требует определенных систем (система измерения скорости, система измерения силы и т.д.) исходя из этого необходимо осуществлять тарировку этих систем. Одной из важнейших систем является силоизмерительная, процесс ее тарировки осуществляется по следующему алгоритму:

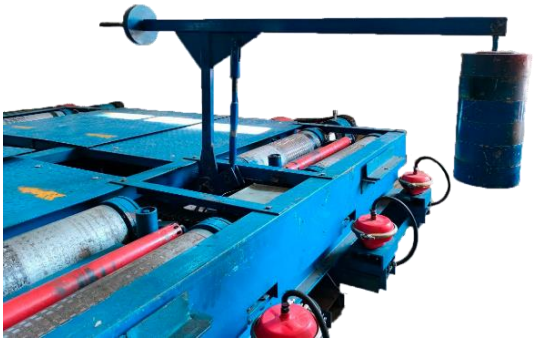
1. Установить фиксирующий стопор в специальное отверстие (рисунок 1 а);
становить нагружающее устройство (рисунок 1 б);
существить нагружение и разгружение специальными грузами массой 10 кг (рисунок 2а);
программной среде ZETLab записать данные с АЦП (рисунок 2б).

а)

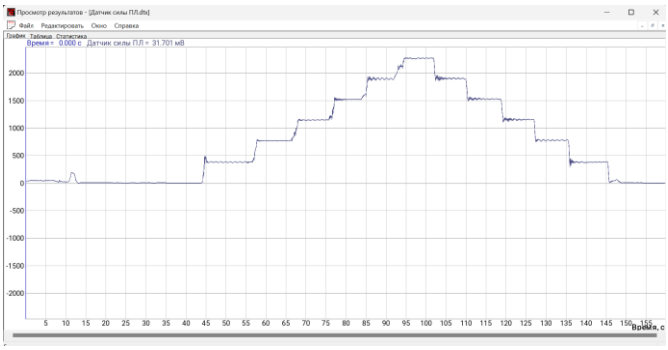
б)

а – внешний вид установленного стопора
б – внешний вид нагружающего устройства

Рисунок 1 – Внешний вид этапов 1 и 2



а)



б)

а – внешний вид грузов на нагружающем устройстве
б – внешний вид осциллограммы из программного комплекса ZETLab

Рисунок 2 – Внешний вид этапов 2 и 3

Получив осциллограммы для каждого бегового барабана, осуществляется расчет приложенной силы по следующей формуле, Н:

$$F_i = \frac{F_Г \cdot l \cdot g}{r_p};$$

где l – длина калибровочного устройства от места крепления шарнира тяги установки грузов до средней точки соединения балки со стойкой рычага, м; g – ускорение свободного падения, м/с^2; r_P – радиус опорного ролика (0,105 м).

Таблица 1 – Результаты калибровки передней силоизмерительной системы

Вес груза, кг	**Передний левый датчик силы**		**Передний правый датчик силы**	
	Напряжение, мВ	Сила на ПЛ барабане, Н	Напряжение, мВ	Сила на ПП барабане, Н
0	-7.605	0	74.957	0
10	437.34	981	585.34	981
20	881.483	1962	1105.89	1962
30	1333.24	2943	1628.85	2943
40	1782.21	3924	2147.52	3924
50	2237.38	4905	2675.65	4905
60	2694.6	5886	3212.51	5886
50	2238.11	4905	2677.84	4905
40	1785.61	3924	2160.35	3924
30	1333.98	2943	1628.82	2943
20	885.883	1962	1109.34	1962
10	437.003	981	582.685	981
0	-7.605	0	74.957	0

Получив таблицу, выполняется построение графиков зависимостей

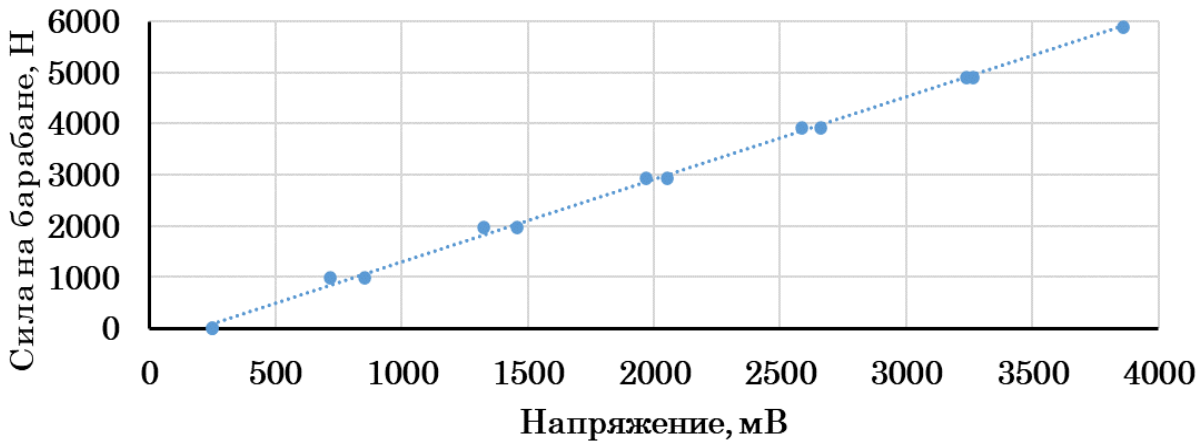


Рисунок 3 – Сигнал измерения силы на левом переднем барабане

После получения графика $F_i = f(U_i)$ необходимо построить линейную линию тренда, описываемую по выражению, Н:

$$F_i = a \cdot U_i \pm b.$$

Для проверки точности полученных данных необходимо определить абсолютную погрешность, Н [2]:

$$\Delta F = F_{\text{НАГР}} - F_{\text{РАЗГР}};$$

где $F_{\text{НАГР}}$ – сила нагружения; $F_{\text{РАЗГР}}$ – сила разгружения.

Полученные данные для переднего левого датчика силы приведены в таблице 2.

Относительная погрешность рассчитывается, % [3]:

$$\delta = \frac{\Delta F}{F_{max}} \cdot 100\%;$$

где δ – относительная погрешность; ΔF – абсолютная погрешность; F_{max} – наибольшее из значений для ряда наблюдений сигналов.

Таблица 1 – Результаты расчета погрешностей измерительной системы переднего левого датчика силы.

Передний левый датчик силы				
Напряжение, мВ	Сила на ПЛ барабане, Н	Через коэф. тарировки, Н	Абсолютная погрешность, Н	Приведенная погрешность, %
-7.605	0	10.84	-10.84	0.184
437.34	981	981.14	-0.14	0.002
881.483	1962	1949.68	12.32	0.209
1333.24	2943	2934.83	8.17	0.138
1782.21	3924	3913.89	10.11	0.171
2237.38	4905	4906.48	-1.48	0.025
2694.6	5886	5903.54	-17.54	**0.297**
2238.11	4905	4908.08	-3.08	0.052
1785.61	3924	3921.31	2.69	0.046
1333.98	2943	2936.44	6.56	0.111
885.883	1962	1959.27	2.73	0.046
437.003	981	980.40	0.60	0.010
-7.605	0	10.84	-10.84	0.184

Из полученных результатов видно, что передний левый датчик силы имеет погрешность 0.297%, данная погрешность не должна превышать 3%.

После тарировки систем измерения силы можно получить достоверные данные, о силе тяги на колесах транспортного средства, а также осуществить диагностику элементов автомобиля и его систем.

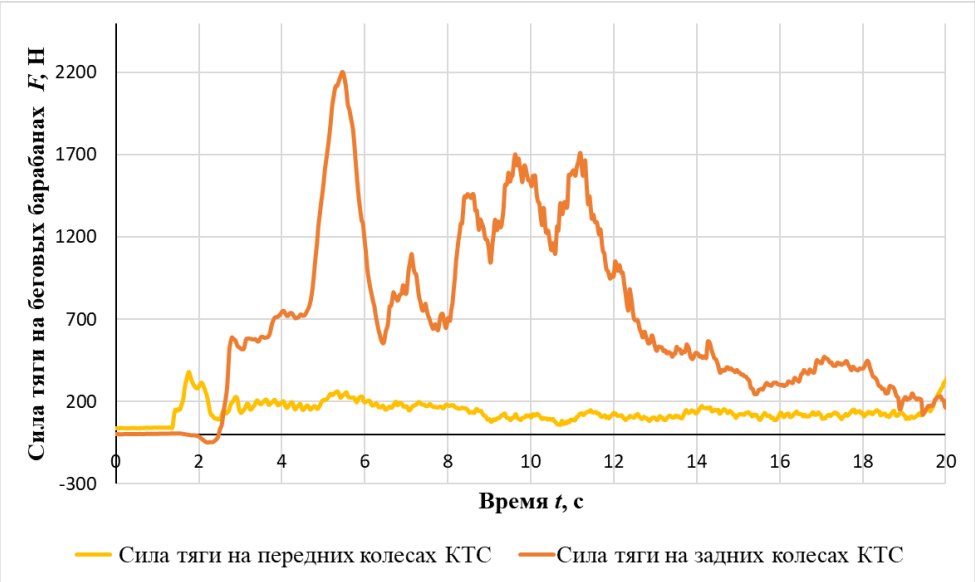


Рисунок 4 – Осциллограмма сил тяги на колесах с муфтой HALDEX II

На рисунке 4 показаны результаты экспериментального исследования процесса функционирования колесного транспортного средства с системой подключаемого полного привода с муфтой HALDEX II на мультифункциональном стенде с беговыми барабанами ИРНИТУ [4].

Список литературы

1 Статистика по количеству автомобилей в России. – URL: https://www.zr.ru/content/news/941186-podschitali-skolko-avtomobile/ (дата обращения 10.03.2025).

2 Федотов А.И. Основы теории эксплуатационных свойств автомобиля: Учебник. Изд-во ИрГТУ, Иркутск. 2016. 288 с. Ил. 214. Табл. 5. Библиограф.: 12 назв.

3 Федотов А. И. Технология и организация диагностики при сервисном сопровождении: учебник для студентов ВУЗов / А.И. Федотов. – М.: Издательский центр «Академия», 2015. – 352 с.

4 Федотов, А. И. Исследование процесса функционирования системы управления подключаемого полного привода колёсных транспортных средств на стендах с беговыми барабанами / А. И. Федотов, О. С. Яньков, Д. О. Ухватов // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2024. – Т. 21, № 5(99). – С. 736-754. – DOI 10.26518/2071-7296-2024-21-5-736-754. – EDN CMUWCB.

References

1 Statistics on the number of cars in Russia. – URL: https://www.zr.ru/content/news/941186-podschitali-skolko-avtomobile / (accessed 03/10/2025).

2 Fedotov A.I. Fundamentals of the theory of vehicle performance properties: Textbook. Publishing house of IrSTU, Irkutsk. 2016. 288 p. Ill. 214. Table 5. Bibliograph.: 12 titles.

3 Fedotov A. I. Technology and organization of diagnostics with service support: a textbook for university students / A.I. Fedotov. – M.: Publishing center "Academy", 2015. – 352 p.

4 Fedotov, A. I. Investigation of the process of functioning of the control system for plug-in all-wheel drive of wheeled vehicles on stands with running drums / A. I. Fedotov, O. S. Yankov, D. O. Ukhvatov // Bulletin of the Siberian State Automobile and Road University. – 2024. – Vol. 21, No. 5(99). – pp. 736-754. – DOI 10.26518/2071-7296-2024-21-5-736-754. – EDN CMUWCB.

DOI: 10.58168/MSTT2025_271-276
УДК 629.03.027.45

РЕЗУЛЬТАТЫ ДИНАМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ШИН В РЕЖИМЕ ТОРМОЖЕНИЯ НА ШИННОМ ТЕСТЕРЕ ИРНИТУ

О.С. Яньков[1], Л.А. Ященко[2], А.Ч. Раднаева[3], Д.О. Ухватов[4]
[1, 2, 3, 4] Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет», г. Иркутск, Россия
[1] yos913005@mail.ru.
[2] yashalion2001@yandex.ru
[3] liska_stepanova@mail.ru
[4] dim.ia@mail.ru

Аннотация. В статье приведены результаты испытаний шин на шинном тестере ИРНИТУ в режиме торможения. Были получены функциональные зависимости продольной силы F_X от проскальзывания S при варьировании нормальной нагрузки G_K и зависимость сцепных характеристик шины от проскальзывания S при варьировании начальной скорости торможения $V_Б$.

Ключевые слова. шины, динамические характеристики шин, функциональные зависимости, коэффициент сцепления, растормаживание, затормаживание, проскальзывание, стенд с беговым барабаном.

RESULTS OF DYNAMIC TIRE TESTING IN BRAKING MODE ON THE TIRE TESTER OF IRNITU

O.S. Yankov[1], L.A. Yaschenko[2], A.C. Radnaeva[3], D.O. Ukhvatov[4]
[1] Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Irkutsk National Research Technical University», г. Иркутск, Россия
[1] yos913005@mail.ru.
[2] yashalion2001@yandex.ru
[3] liska_stepanova@mail.ru
[4] dim.ia@mail.ru

Abstract. The article presents the results of tire tests on the tire tester of IRNITU in braking mode. Functional dependencies of longitudinal force F_X from slip S were obtained while varying the normal load G_w, and dependence of tire grip characteristics on slip S while varying the initial braking speed V_b

Key terms: tires, dynamic characteristics of tires, functional dependencies, coefficient of friction, deceleration, braking, slipping, rolling bench test stand.

Введение

Развитие автомобильного транспорта представляет собой актуальное и перспективное направление научных исследований. Дальнейшее углубление зна-

© Яньков О. С., Ященко Л. А., Раднаева А. Ч., Ухватов Д. О., 2025

ний о шинах, разработка новых материалов и конструкций, а также совершенствование методик оценки их работы важны для повышения безопасности дорожного движения, снижения аварийности и минимизации негативного воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду.

На кафедре автомобильного транспорта ФБГОУ ВО ИРНИТУ были разработаны методики испытания шин и комплекс для экспериментального исследования динамических и фрикционных характеристик шин с беговым барабаном [3].

Методика экспериментальных исследований характеристик шин в тормозном режиме

Рисунок 1 – Алгоритм методики испытания шины в режиме торможения

Подготовка колеса с шиной к испытаниям

Процесс подготовки колеса с испытуемой шиной включает в себя монтаж шины на обод специального колеса, проверку и устранение дисбаланса колеса с испытуемой шиной, контроль давления воздуха P_W, установка колеса с шиной на стенд с контролем параметров его позиционирования относительно опорной поверхности бегового барабана стенда.

Подготовка шинного тестера

Для проведения экспериментальных испытаний шин конструкция шинного тестера должна иметь высокую жесткость. Элементы тестера должны иметь собственные частоты колебаний как минимум на порядок выше собственных частот исследуемых процессов и шин. Система нагружения должна обеспечивать возможность нагружения шины нормальной нагрузкой до заданных значений для испытания шин.

Подготовка измерительных систем тестера

Измерительные системы шинного тестера должны иметь метрологические характеристики с приведенными погрешностями Δ измерений:

ормальной нагрузки *0…10 кН*, $\Delta F_Z \leq \pm 3{,}0\%$;
родольной силы *0…10 кН*, $\Delta F_X \leq \pm 3{,}0\%$;
гловой скорости колеса *0…90 рад*$^{-1}$, $\Delta\omega_К \leq \pm 1{,}5\%$;
гловой скорости бегового барабана *0…32 рад*$^{-1}$, $\Delta\omega_Б \leq \pm 1{,}5\%$;
родольного проскальзывания шины *0…1,0* $\Delta S_X \leq \pm 1{,}5\%$.

Прогрев шин перед испытаниями

Перед экспериментальными исследованиями характеристик шин их нужно прогреть до рабочих температур, нагружая колесо и обкатывая шину по беговому барабану. Прогрев выполняется в следующей последовательности:

1 Установить заданную скорость вращения барабана;

2 Нагрузить шину нормальной нагрузкой F_Z;

3 Обкатать шину в течение 15 минут со скоростью $v_К$, равной скорости тестового режима.

Тестовые воздействия на шину при испытаниях её динамических характеристик в тормозном режиме

Экспериментальные исследования стационарных фрикционных характеристик шин выполняют циклами.

Таблица 1. Скорости бегового барабана при включении передач в КПП привода шинного тестера при выборе заданной передачи

№ передачи в КПП привода	Скорость бегового барабана		
	Угловая *ωб*, рад$^{-1}$	Окружная	
		$v_К$, км/час	$v_К$, м/с
1	4.60	12.02	3.71
2	8.34	21.81	6.73
3	14.94	39.05	12.05
4	23.27	60.84	18.78
5	34.21	89.43	27.60

Результаты экспериментальных исследований стационарных характеристик шин в значительной степени определяются корректностью и стабильностью режимов тестовых воздействий [1].

Задание тестовых режимов в каждом цикле испытаний включает следующие процедуры.

1 Последовательно, устанавливать и фиксировать одно из заданных дискретных значений нормальной нагрузки F_Z на колесо: 1972 Н, 3286 Н, 4601 Н, 6573 Н и 9202 Н.

2 В каждом цикле испытаний последовательно дискретно устанавливать одно из значений скорости колеса $v_К$, согласно табл. 1.

3 Перед каждым новым испытанием визируют нулевое значение реализованной продольной реакции $F_X = 0$. В случае отклонения от нуля следует выполнить балансировку системы измерения F_X.

4 После каждого цикла испытаний с заданной нагрузкой на шину изменяют скорость вращения бегового барабана и повторяют цикл испытаний с измерением исследуемых параметров см. табл. 1.

Измерение исследуемых параметров шины

В процессе испытаний шин измеряют как силовые параметры: нормальную нагрузку на шину F_Z; реализованную продольную силу F_X; тормозной момент Мт, так и кинематические параметры исследуемого процесса: угловую скорость вращении колеса $\omega_К$; угловую скорость вращении бегового барабана стенда $\omega_Б$ [4].

Измерительные системы стенда обеспечивают измерение контролируемых параметров в виде аналоговых сигналов, которые передаются на вход АЦП. АЦП преобразует эти сигналы в цифровые коды и передает их в компьютер для хранения в виде массивов данных.

Программное обеспечение преобразует цифровые коды в числовые значения силовых и кинематических параметров, позволяя представлять их в табличном и графическом виде. Результатом измерений являются осциллограммы и табличные значения параметров, например, осциллограмма процесса торможения колеса с эластичной шиной (см. рис. 2).

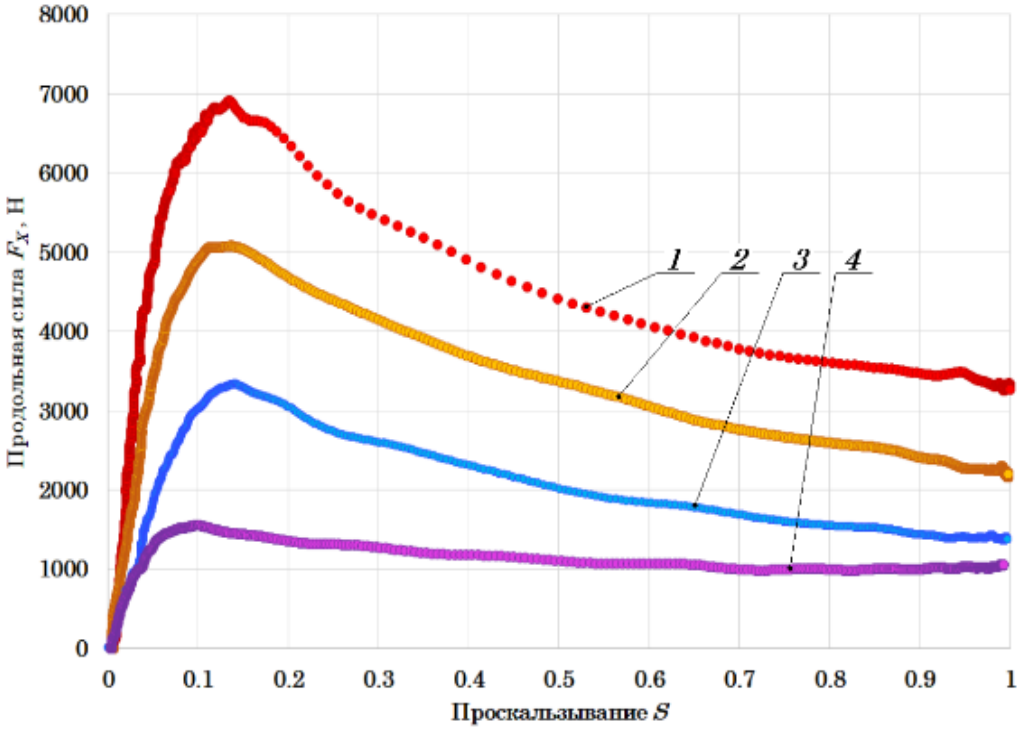


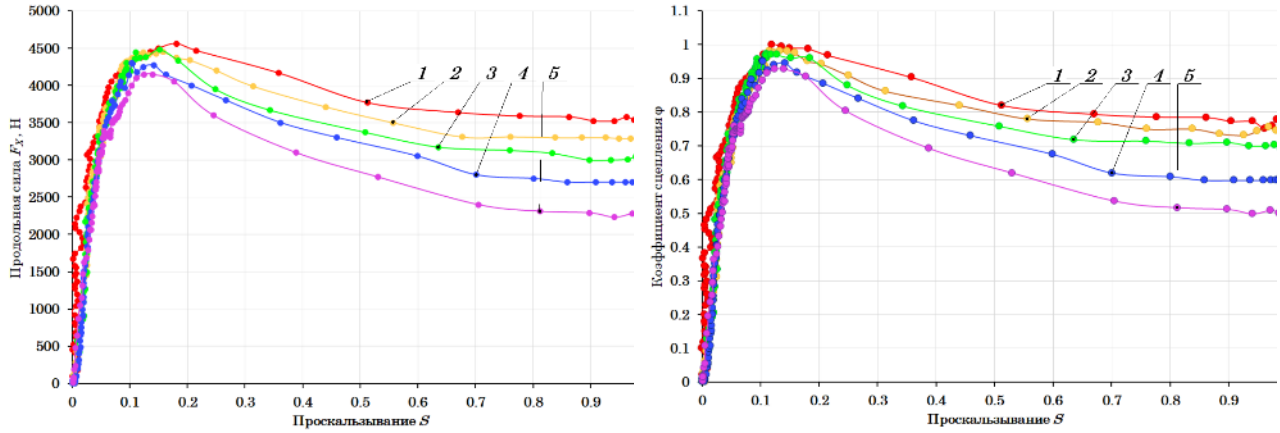
Рисунок 2 – Зависимость продольной силы F_X от проскальзывания S при варьировании нормальной нагрузки G_K (*эксперимент*, при $V_Б = 19{,}4$ м/с):
1 – при $G_K = 6573$ Н; 2 – при $G_K = 4601$ Н;
3 – при $G_K = 3286$ Н; 4 – при $G_K = 1972$ Н.

Сохранение результатов измерений, их обработка и построение графиков

Обработку результатов испытаний следует начинать с построения и первичного анализа осциллограмм исследуемых процессов для выявления наиболее

информативных участков. Обработка выполняется в программе «Microsoft Excel». Строятся графики зависимостей: продольной силы $F_X = f(S_X)$ от продольного проскальзывания, коэффициента продольного сцепления $\varphi_X = f(S_X)$ от продольного проскальзывания и другие графики, в зависимости от необходимости [2].

На рисунке 2 представлен график зависимости продольной силы F_X от проскальзывания S шины Dunlop SP Sport LM705W 205/55 R 16 при варьировании нормальной нагрузки G_K. На рисунке 3 (а), демонстрируется график зависимости коэффициента продольного сцепления φ_X от проскальзывания S шины при изменении начальной скорости торможения $V_Б$. На рисунке 3 (б), иллюстрируется график зависимости коэффициента сцепления шины φ от проскальзывания S также при изменении начальной скорости торможения $V_Б$ (φ (S)-диаграмма).



а б

Рисунок 3 – Зависимость сцепных характеристик шины от проскальзывания S при варьировании начальной скорости торможения $V_Б$ шины *Dunlop SP Sport LM705W 205/55 R 16* (*эксперимент*, при $G_K = 6573$ Н): *а* – продольная сила F_X; *б* – коэффициент сцепления φ; 1 – при $V_Б = 3{,}9$ м/с; 2 – при $V_Б = 6{,}9$ м/с; 3 – при $V_Б = 12{,}5$ м/с; 4 – при $V_Б = 19{,}4$ м/с; 5 – при $V_Б = 27{,}8$ м/с.

Результаты проведенного исследования позволяют сделать следующие выводы и рекомендации:

Параметры нагрузочных и скоростных режимов испытаний шин на стенде с беговым барабаном определяются мощностью его привода. В перспективе, при увеличении этой мощности станет возможным осуществление более широкого спектра испытаний, а также достижение больших скоростей и нагрузок.

Разработанные методики, а также изготовленное оборудование могут в будущем служить ценным наработанным материалом для подготовки и проведения испытаний шин на износ.

По полученным зависимостям могут быть определены функциональные зависимости продольной силы F_X от проскальзывания S при изменении нормальной нагрузки G_K и зависимости сцепных характеристик шины от проскальзывания S при изменении начальной скорости торможения $V_Б$ шины.

Список литературы

1. Васильев Ю. Э. Проведение экспериментальных работ по замеру динамического радиуса колеса при различных режимах вращения стенда / Ю. Э. Васильев, И. С. Братищев, И. О. Столетов // Интернет-журнал Науковедение. – 2014. – № 1(20). – С. 58.

2. Федотов А. И. Исследование процесса торможения колеса с эластичной шиной под действием переменной нормальной нагрузки // Безопасность колесных транспортных средств в условиях эксплуатации: материалы 99-й Международной научно-технической конференции. Иркутский национальный исследовательский технический университет; под общ. ред. А. И. Федотова. Иркутск, 2017. С. 167–178.

3. Федотов А. И. Шинный тестер с беговым барабаном для исследования характеристик шин / А. И. Федотов, Н. Ю. Кузнецов // Вестник Иркутского государственного технического университета. Иркутск, 2016. № 2. С. 123–126.

4. Федотов А.И. Испытания шин колесных транспортных средств: монография. – Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2024.

References

1. Vasiliev Yu. E., Bratishchev I. S., Stoletov I. O. Conducting experimental work on measuring the dynamic radius of a wheel under various rotation modes of the stand // Internet Journal of Science. – 2014. – No. 1(20). – P. 58.

2. Fedotov A. I. Investigation of the braking process of a wheel with an elastic tire under variable normal load // Safety of wheeled vehicles in operational conditions: materials of the 99th International Scientific and Technical Conference. Irkutsk National Research Technical University; edited by A. I. Fedotov. Irkutsk, 2017. P. 167–178.

3. Fedotov A. I., Kuznetsov N.Yu. Tire tester with a rolling bench for investigating tire characteristics // Bulletin of Irkutsk State Technical University. Irkutsk, 2016. No. 2. P. 123–126.

4. Fedotov A.I. Testing of Tires for Wheeled Vehicles: Monograph. – Irkutsk: Publishing House of Irkutsk National Research Technical University, 2024.

DOI: 10.58168/MSTT2025_277-282
УДК 656.135

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫМИ ЗАПАСНЫМИ ЧАСТЯМИ В УСЛОВИЯХ СУРОВОГО КЛИМАТА

Ю.Д. Ишкин[1]
[1] Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия, yrtmn@outlook.com

Аннотация. Рассмотрена значимость обеспечения запасами запасных частей в технической эксплуатации автомобилей. Описаны особенности транспортного обеспечения нефтегазодобывающих предприятий. Определены наиболее востребованные группы запасных частей для поддержания автомобилей в работоспособном состоянии вдали от баз. Перечислены факторы, влияющие на определение оптимального запаса запасных частей при различных подходах к организации обслуживания автомобилей.

Ключевые слова: автомобильные запасные части, управление запасами запасных частей, номенклатура запасных частей, сезонные условия, условия эксплуатации.

PROVISION OF ENTERPRISES WITH AUTOMOBILE REPLACEMENTS PARTS IN HARSH CLIMATE

Y.D. Ishkin[1]
[1] Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia, yrtmn@outlook.com

Abstract. The significance of spare parts stocking in the technical operation of vehicles is considered. The peculiarities of transportation support of oil and gas producing enterprises are described. The most demanded groups of spare parts for maintaining vehicles in serviceable condition away from the bases are determined. The factors influencing the determination of the optimal stock of spare parts at different approaches to the organization of vehicle maintenance are listed.

Keywords: car spare parts, spare parts inventory management, range of spare parts, seasonal conditions, operating conditions.

Эффективная эксплуатация автомобильной техники невозможна без поддержания её в работоспособном состоянии, которое обеспечивается проведением технических обслуживаний и ремонтов. В процессе проведения технических обслуживаний и ремонтов возникает потребность в запасных частях. Принимая во внимание, что до 45 % эксплуатационных затрат приходится на запасные части, вопрос обеспечения запасами становиться значимым [1]. Обеспечение предприятий запасами запасных частей автотранспортных средств в суровом климате Севера представляет собой сложную задачу, которая должна учитывать особенности климатических условий, удаленность поставщиков запасных частей

© Ишкин Ю. Д., 2025

и специфику эксплуатации автомобильной техники. Особенностью суровых климатических условий являются низкие температуры атмосферного воздуха, снег и лед на дорожном полотне которые создают сложные условия для движения. Обслуживание нефтегазовых месторождений автомобильным транспортом сопряжено со сложными дорожными условиями, выражающимися движением по бездорожью и внутрипромысловым дорогам. Автомобильная техника обслуживающая нефтегазовые месторождения находится на значительном удалении от населенных пунктов, соответственно и от поставщиков запасных частей, однако на предприятиях существует практика организации обслуживания на месте дислокации техники. Таким образом, можно выделить два вида запроса на автомобильные запасные части в зависимости от места дислокации. Первый это обеспечение эксплуатационных предприятий, которые проводят обслуживание и ремонт в населенном пункте. Второй, организация обслуживания автомобилей на месте производственного процесса на месторождениях, вдали от населенных пунктов.

Управление запасами запасных частей автомобилей в транспортном предприятии является важным аспектом, который напрямую влияет на эффективность работы и снижение затрат предприятия. Проблемами технической эксплуатации и ремонта автомобилей, включая обеспечение запасными частями автомобилей занимались: Кузнецов Е.С., Власов В.М., Говорущенко Н.Я., Карагодин В.И., Напольский Г.М., Фастовцев Г.Ф., Захаров Н.С., Болдин А.П., Лукинский В.С., Трофимов Б.С. и другие. При планировании запасов как правило учитывают надежность узлов и агрегатов автомобиля, условия эксплуатации, сезонность, а также планирование запасных частей исходя из имеющейся практики их расходования в прошлые периоды. Так же есть подходы основанные на учете надежности и условий эксплуатации автомобилей, но они сложны к применению либо дают очень усреднённый показатель потребности в запасных частях. На основе существующих методик невозможно определить соответствие номенклатуры и количественных показателей запасных частей для конкретного парка автомобилей.

Совершенно ясно, что невозможно хранить на складах предприятия всю номенклатуру запасных частей по всем эксплуатируемым маркам и моделям эксплуатируемых автомобилей. Одним из подходов к определению необходимых запасов и номенклатуры запасных частей является деление на три группы ABC [2]. Этот подход используют чаще всего для определения запасов запасных частей в автосервисах и магазинах автозапчастей. Автор [3] в своей работе определяет потребность в запасных частях на основании норм расхода и выделяет следующие методы определения норм расхода запасных частей (ЗЧ):

- аналитический метод расчета норм расхода ЗЧ (на основе ведущей функции потока отказов в зависимости от срока эксплуатации);
- приближенная оценка нормы расхода ЗЧ по ресурсу до первой замены детали (в зависимости от среднегодового пробега автомобиля);
- определение нормы расхода ЗЧ по среднему числу замен деталей за срок службы автомобиля или по наработке (в зависимости от надежности и динамики замен);

- определение средней нормы расхода ЗЧ методом дополнительного учета вариации ресурса деталей (зависимость ресурса от среднегодового пробега).

Математические принципы выбора математических моделей для прогнозирования потребностей в запасных частях и анализ математических моделей прогнозирования без рекомендаций применения оптимального по затратам варианта представлены в работе Казахских ученых [4].

Существуют подходы к управлению запасами запасных частей с учетом неоднородности спроса на основе имитационного моделирования и расчленения смесей вероятностных распределений и применения закона Пуассона [5].

Вопросами оптимизации заказа ЗЧ занимались Донецкие ученые [6, 7], которые рассматривали подходы к определению оптимального количества необходимых ЗЧ для эффективного функционирования техники. Расчет оптимального запаса запасных частей на складе – это важная задача для управления запасами, которая помогает минимизировать затраты и обеспечить доступность необходимых деталей, однако это комплексный процесс, который требует учета множества факторов.

Исследованиями влияния наработки автомобилей, обслуживающих нефтегазодобывающие предприятия на потребность в ЗЧ и совершенствованием методики определения потребности в ЗЧ посвящены работы ученых ТИУ [8, 9]. Установлено, что с увеличением пробега автомобиля расход ЗЧ увеличивается. Однако не существует методики определения запаса запасных частей которая учитывала бы условия эксплуатации и удаленность от поставщиков запчастей (место дислокации автомобилей), в связи этим подобные исследования являются актуальными.

Обеспечение предприятий ЗЧ при проведении обслуживания и ремонта на собственной территории осуществляется как правило на основе статистики потребления в прошлые периоды и не учитывает возможный срок хранения на складе до установки на автомобиль.

В целях оптимизации затрат на хранение, можно определить группы запасных частей исходя из надежности автомобилей, а также с учетом условий эксплуатации, в соответствии с которыми будет определена целесообразность хранения. Для группы запасных частей, которые не рекомендуются для хранения, ввиду доступности (возможность поставки 1–3 дня) целесообразнее применять систему поставки точно в срок, что позволит оптимизировать запасы (рис. 1).

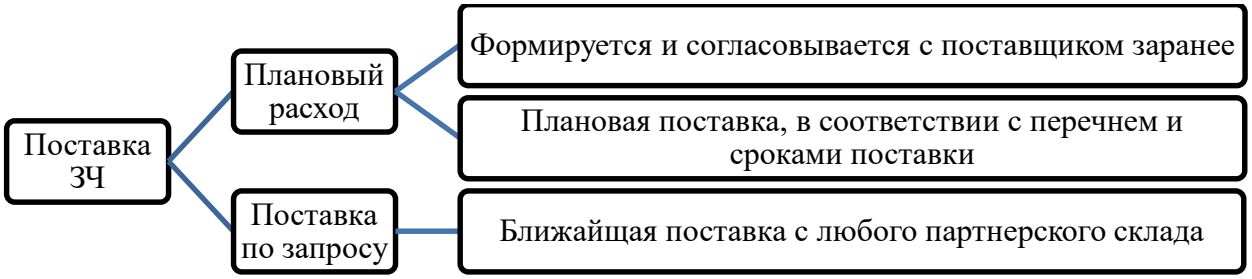


Рисунок 1 – Предлагаемые принципы поставки запасных частей для проведения обслуживаний на предприятии

Прогнозирование и оптимизация существующих запасов запасных частей на складах комплексных предприятий позволят снизить эксплуатационные затраты.

В целях определения более востребованных ЗЧ в разрезе календарного года, на основании статистики автотранспортного эксплуатационного предприятия, обслуживающего нефтегазодобывающие предприятия, разделили все ЗЧ на семь групп. К группе тормозная система относятся – тормозные колодки, диски, барабаны, гидравлическая система, главный тормозной цилиндр, антиблокировочная система. В группу детали двигателя, фильтрующих элементов и резиновых уплотнений автомобиля входят следующие компоненты – поршневые кольца, прокладки головки блока цилиндров, вкладыши подшипников, масляный, воздушный, топливный и кабинный фильтры, уплотнительные кольца, уплотнения для тормозной системы и прочие уплотнители. К подвеске и рулевому управлению автомобиля относятся – амортизаторы, рычаги подвески, пружины, стабилизаторы, подшипники, рулевой механизм и тяги, гидроусилитель руля. Электрооборудование – система освещения, система запуска (стартер, аккумулятор и пр.), электронные блоки управления. Трансмиссия – сцепление, коробка передач, дифференциал, редуктор, полуоси. К системам питания, смазки, охлаждения относятся – топливная система (насос, инжекторы, система впуска и пр.), масляный и водяной насос, радиатор, термостат, трубопроводы. Остальные ЗЧ вошли в группу – разное. Распределение ЗЧ по группам имеет следующий вид (рис. 2).

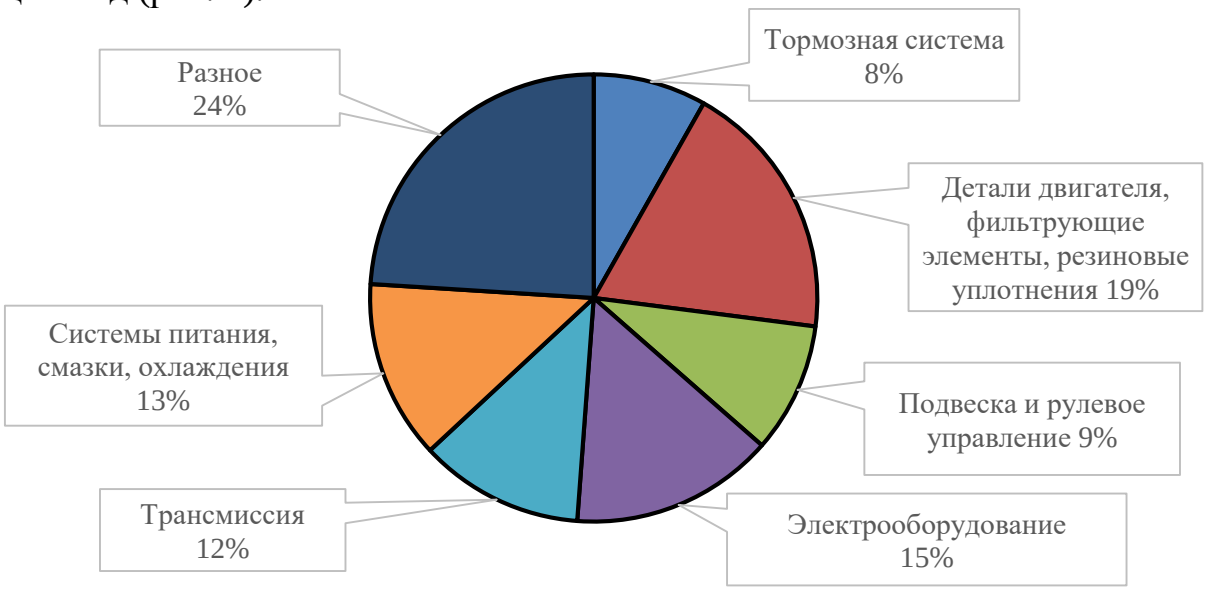


Рисунок 2 – Потребление ЗЧ по группам

Распределение потребности в ЗЧ на рисунке 2 можно объяснить следующим образом. Автомобили обслуживающие нефтегазодобывающие предприятия как правило имеют среднегодовые пробеги от 15 до 40 тысяч километров и эксплуатируется на нерегулируемых дорогах, в связи с этим потребность в ЗЧ групп тормозной системы, подвески и рулевого управления ниже чем у подобного парка автомобилей, обслуживающих городские и междугородние перевозки.

Постоянная работа автомобилей на месторождении связана с производственным процессом нефтегазодобычи, а организация обслуживания автомобилей на месте производственного процесса на месторождениях связана со сложными подъездными путями на месторождение и оптимизацией времени обслуживания автомобилей [10]. Как правило, к таким обслуживаниям относится проведение плановых и сезонных работ. Возможность поставки ЗЧ зависит от подъездных путей в одних случаях зависит от периода речной навигации (май-сентябрь), а в других случаях от периода работы автозимников, по которым возможна поставка ЗЧ (ноябрь-февраль). Принимая во внимание, что в большинстве случаев подъездные пути к месторождению единственные, то при планировании поставки запчастей необходимо учитывать потребность в ЗЧ на период не менее 7-8 месяцев. Соответственно перечень запасных частей в этом случае определяется на основании проводимых работ, а основным принципом формирования запаса ЗЧ является сопоставление графика проведения работ с возможность поставки ЗЧ.

В связи с вышеизложенным, исследования, позволяющие определить методику прогнозирования номенклатуры и количественных показателей запасных частей автомобилей являются актуальными ввиду получения возможности финансовой экономии на хранении запасов и уменьшение приобретения невостребованных запасных частей. Расчет оптимального запаса запасных частей – это комплексный процесс, который требует учета множества факторов. Для определения оптимального запаса ЗЧ необходимо учитывать заказчика транспортных услуг, так как от условий работы автомобилей и места их обслуживания зависят принципы формирования потребности в ЗЧ.

Список литературы

1. Ишкин, Ю. Д. Влияние надежности автомобилей на затраты на приобретение запасных частей / Ю. Д. Ишкин, Н. С. Захаров, Е. Г. Ишкина // Архитектура, строительство, транспорт. – 2024. – № 1(107). – С. 98-105.

2. Судак, Ф. М. Усовершенствование методики расчета необходимого количества запасных частей на предприятиях автомобильного транспорта / Ф. М. Судак, И. Ф. Воронина, А. И. Заика // Вести Автомобильно-дорожного института. – 2018. – № 3(26). – С. 44-48.

3. Глущенко, А. А. Техническая эксплуатация автомобилей: учебное пособие для студентов инженерно-физического факультета / А.А. Глущенко – Ульяновск: УлГУ, 2019. – 232 с.

4. Кызылбаева, Э. Ж. Анализ математических моделей прогнозирования запасных частей / Э. Ж. Кызылбаева, А. С. Кадыров // Наука и техника Казахстана. – 2018. – № 2. – С. 56-62.

5. Катаргин, В. Н. Оценка спроса на автомобильные запасные части на основе модели смеси вероятностных распределений / В. Н. Катаргин, В. М. Терских // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2014. – № 4(87). – С. 110-115.

6. Оптимизация заказа запасных частей на автотранспортных предприятиях / И. Ф. Воронина, Ф. М. Судак, В. С. Перов [и др.] // Вести Автомобильно-дорожного института. – 2021. – № 1(36). – С. 50-55.

7. Повышение эффективности использования автомобилей путем оптимизации заказа запасных частей / И. Ф. Воронина, Ф. М. Судак, В. В. Негурица, Ф. В. Молозин // Научно-технические аспекты развития автотранспортного комплекса 2020 : Материалы VI международной научно-практической конференции в рамках 6-го Международного научного форума Донецкой Народной Республики "Инновационные перспективы Донбасса: Инфраструктурное

и социально-экономическое развитие", Горловка, 27 мая 2020 года / Редколлегия: М.Н. Чальцев [и др.]. – Горловка: Автомобильно-дорожный институт Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Донецкий национальный технический университет", 2020. – С. 20-23.

8. Захаров, Н. С. Влияние наработки автомобилей нефтегазодобывающего предприятия на расход запасных частей / Н. С. Захаров, С. А. Теньковская, А. Акжол Уулу // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2018. – № 7. – С. 84-87.

9. Захаров, Н. С. Совершенствование методики формирования потребности в запасных частях для автомобилей при обслуживании объектов нефтегазодобычи / Н. С. Захаров, С. А. Теньковская, А. В. Власов // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2019. – № 2. – С. 32-40.

10. Организация работы служб предприятий по эксплуатации и ремонту автотранспортных средств и специальной техники / Е. Г. Ишкина, С. А. Эртман, Е. А. Корякина [и др.]. – Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2017. – 157 с.

References

1. Ishkin, Yu. D. Influence of car reliability on the costs of spare parts purchase / Yu. D. Ishkin, N. S. Zakharov, E. G. Ishkina // Architecture, Construction, Transport. - 2024. - № 1(107). - C. 98-105.

2. Sudak, F. M. Improvement of the methodology for calculating the required number of spare parts at the enterprises of automobile transportation / F. M. Sudak, I. F. Voronina, A. I. Zaika // Vesti Avtomobilno-dorozhnogo Institutet. - 2018. - № 3(26). - C. 44-48.

3. Glushchenko, A. A. Technical operation of automobiles: textbook for students of the Faculty of Engineering and Physics / A. A. Glushchenko - Ulyanovsk: UlSU, 2019. - 232 c.

4. Kyzylbaeva, E. J. Analysis of mathematical models of spare parts forecasting / E. J. Kyzylbaeva, A. S. Kadyrov // Science and Technology of Kazakhstan. - 2018. - № 2. - C. 56-62.

5. Katargin, V. N. Estimation of the demand for automotive spare parts based on the mixture model of probability distributions / V. N. Katargin, V. M. Terskikh // Vestnik of Irkutsk State Technical University. - 2014. - № 4(87). - C. 110-115.

6. Optimization of spare parts ordering at motor transport enterprises / I. F. Voronina, F. M. Sudak, V. S. Perov [et al.] // Vesti Avtomobilno-dorozhnogo Institut. - 2021. - № 1(36). - C. 50-55.

7. Increasing the efficiency of car use by optimizing the order of spare parts / I. F. Voronina, F. M. Sudak, V. V. Neguritsa, F. V. Molozin // Scientific and technical aspects of the development of motor transport complex 2020 : Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference within the framework of the 6th International Scientific Forum of the Donetsk People's Republic “Innovative Prospects of Donbass: Infrastructural and Socio-Economic Development”, Gorlovka, May 27, 2020 / Editorial Board: M. N. Chaltsev [et al.]. - Gorlovka: Automobile and Road Institute of the State Educational Institution of Higher Professional Education “Donetsk National Technical University”, 2020. - C. 20-23.

8. Zakharov, N. S. Influence of oil and gas producing enterprise vehicles runtime on spare parts consumption / N. S. Zakharov, S. A. Tenkovskaya, A. Akzhol Uulu // Intellect. Innovations. Investments. - 2018. - № 7. - C. 84-87.

9. Zakharov, N. S. Improvement of the methodology of forming the need for spare parts for vehicles in the maintenance of oil and gas production facilities / N. S. Zakharov, S. A. Tenkovskaya, A. V. Vlasov // Transport. Transportation facilities. Ecology. - 2019. - № 2. - C. 32-40.

10. Organization of work of services of enterprises for operation and repair of motor vehicles and special equipment / E. G. Ishkina, S. A. Ertman, E. A. Koryakina [et al.]. - Tyumen : Tyumen Industrial University, 2017. - 157 c.

DOI: 10.58168/MSTT2025_283-287
УДК 656.13

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ВЫСОКОАВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

Н.В. Подопригора[1], Д.Ю. Зингер[1], А.В. Терентьев[2]
[1] Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Санкт-Петербург, Россия, n.v.podoprigora@gmail.com
[2] Государственный университет управления,
г. Москва, Россия, aleksej.terentev.67@bk.ru

Аннотация. Статья посвящена вопросу формирования универсального подхода к адаптации жизненного цикла высокоавтоматизированных транспортных средств (ВАТС) для пассажирских перевозок. Авторами анализируется применяемый подход к производству, эксплуатации и утилизации базовых транспортных средств (ТС) внедряя актуальные тенденции развития электрических транспортных средств.

Ключевые слова: жизненный цикл, высокоавтоматизированное транспортное средство, электрическое транспортное средство.

MATHEMATICAL MODEL OF THE LIFE CYCLE OF HIGHLY AUTOMATED VEHICLES FOR PASSENGER TRANSPORTATION

N.V. Podoprigora[1], D.Y. Zinger[1], A.V. Terentev[2]
[1] St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering,
St. Petersburg, Russia, n.v.podoprigora@gmail.com
[2] State University of Management
Moscow, Russia, aleksej.terentev.67@bk.ru

Abstract. This article focuses on establishing a universal framework for adapting the lifecycle of highly automated transport systems used in passenger transportation. The authors examine existing practices in manufacturing, operation, and disposal of standard vehicles while integrating modern advancements in electric vehicle technology.

Keywords: life cycle, highly automated vehicle, electric vehicle.

В ближайшее десятилетие, согласно исследованиям аналитического агентства «АВТОСТАТ», доля электрических высокоавтоматизированных транспортных средств (ВАТС) на мировом рынке будет продолжать расти экспоненциально. Это обусловлено сочетанием технологического прогресса, государственной поддержки, экономических факторов и потребительского спроса. В будущем ожидается широкое распространение таких ВАТС в различных сферах, включая и пассажирские перевозки, являющиеся социально-значимым видом деятельности для Российской Федерации.

© Подопригора Н. В., Зингер Д. Ю., Терентьев А. В., 2025

В представленной авторами модели жизненного цикла (ЖЦ) электрических высокоавтоматизированных транспортных средств для пассажирских перевозок рассматриваются этапы ЖЦ, имеющие замкнутый цикл от производства до утилизации.

Стадия утилизации в ЖЦ ВАТС играет существенно важную роль, особенно с учетом их конструктивной сложности, высокой стоимости и потенциальным воздействием на экологическую безопасность окружающей среды. Важность стадии утилизации обусловлена экологической и социальной ответственностью, экономической целесообразностью, безопасностью, сложностью утилизации ВАТС и необходимостью разработки нормативных требований.

В рассматриваемой статье авторами анализируется фактор «сложности утилизации ВАТС», включающий в себя такие составляющие как:

- сложность конструкции ВАТС;
- разнообразие используемых материалов;
- содержание большого количества электронных компонентов;
- элементы питания (аккумуляторные батареи).

Вопрос утилизации литий-ионных аккумуляторных батарей (Li-Ion АКБ), используемых в электрических ВАТС для пассажирских перевозок, требуют особого внимания в вопросах утилизации по причине потенциальной опасности их возгорания и/или взрыва. Подобные случаи в настоящее время все чаще освещаются средствами массовой информации, поскольку электрификация является актуальным процессом по внедрению электрической энергии во многие сферы человеческой деятельности, включая и транспорт.

Как известно, производство и переработка Li-Ion АКБ является одной из сложнейших экологических и технологических задач во всем мире. Согласно исследованиям экологов, изучающих содержание и концентрацию выбросов в атмосферу вредных веществ, было установлено, что при производстве электрических транспортных средств (ЭТС) их химический состав и количество оказалось эквивалентно производству традиционных автомобилей с двигателем внутреннего сгорания (ДВС). Таким образом, процесс производства и переработки Li-Ion АКБ для вновь создаваемых ВАТС для пассажирских перевозок требует существенной модернизации. Решение подобной задачи, являющейся как технологической, так и экологической, требует системного подхода для ее решения.

Применение вторичного сырья может обеспечить новый подход к использованию, утилизации и производству транспортных средств. Предлагаемая авторами модель ЖЦ электрических ВАТС имеет существенное преимущество над моделью ЖЦ традиционного транспортного средства с ДВС на начальной и конечной стадиях. На рисунке 1 более подробно представлена структурная схема ЖЦ электрического ВАТС для пассажирских перевозок.

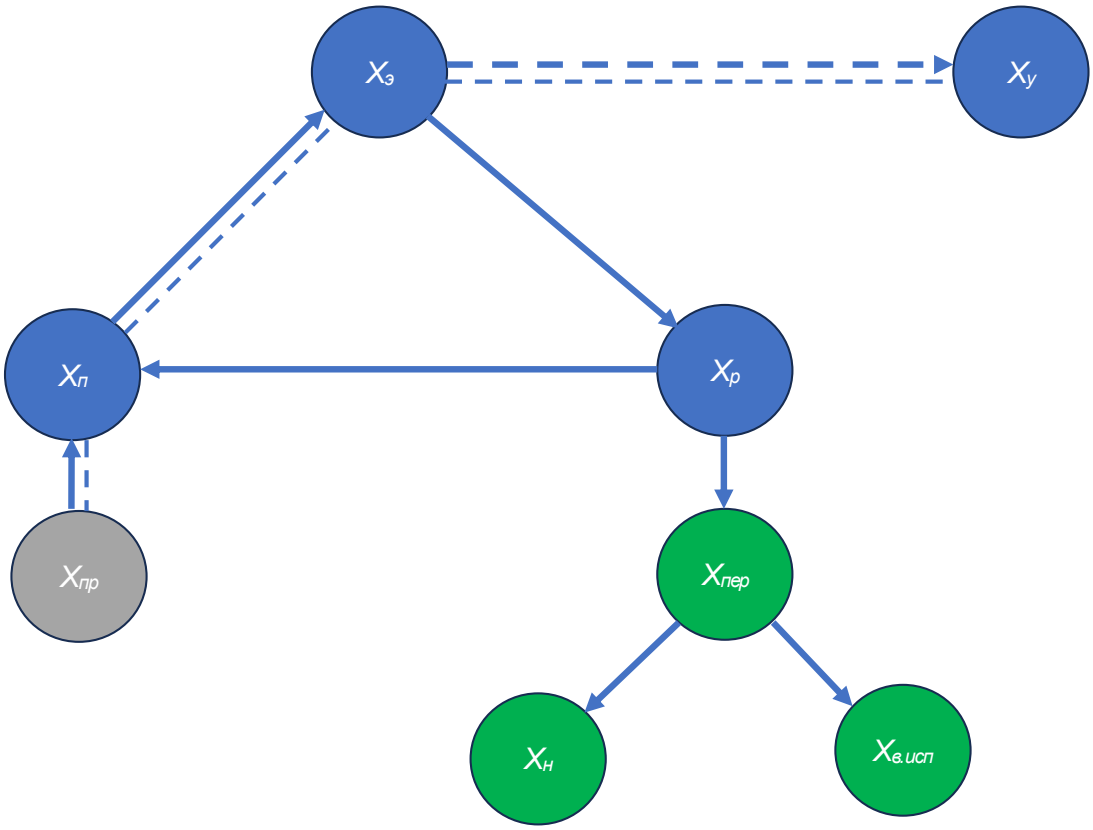


Рисунок 1 – Структурная схема жизненного цикла электрических ВАТС для пассажирских перевозок

где: $X_{пр}$ – этап проектирования; $X_п$ – этап производства; $X_э$ – этап эксплуатации; $X_у$ – этап утилизации; $X_р$ – этап рециклирования; $X_{пер}$ – этап переработки; $X_{в.исп}$ – этап вторичного использования; $X_н$ – этап начального использования.

Математическое моделирование ЖЦ электрического ВАТС представляет собой важный аналитический инструмент как для оценки результативности происходящих процессов (от производства до утилизации), так и для прогнозирования перспектив развития ЭТС. Преимущество данного инструмента заключается в возможности оценки качественных показателей как для личного (индивидуального), так и коммерческого (корпоративного) автомобильного транспорта. С этой целью авторами разработана математическая модель ЖЦ, оценивающая эффективность этих качественных показателей.

$$
Э = \begin{cases}
X_{11} \\
X_{п}^{1} = \begin{cases} K_{11}X_{12}^{2} \\ K_{11}K_{12}^{2}X_{13}^{2} \\ X_{14} \end{cases} \\
X_{э}^{1} = \begin{cases} K_{(12,14)}^{2}K_{(21,23)}^{3}X_{21}^{2} \\ K_{11}X_{22}^{2} = \begin{cases} X_{21}^{3} \\ X_{22}^{3} \\ X_{23}^{3} \end{cases} \\ K_{11}K_{(22,23)}^{3}X_{23}^{2} = \begin{cases} X_{24}^{3} \\ X_{25}^{3} \end{cases} \end{cases} \\
X_{р}^{1} = \begin{cases} K_{11}X_{31}^{2} \\ X_{32}^{2} \\ K_{11}X_{33}^{2} = \begin{cases} X_{33}^{3} = \begin{cases} X_{31}^{4} \\ X_{32}^{4} \end{cases} \\ X_{34}^{3} \end{cases} \end{cases}
\end{cases}
$$

В представленной математической модели описаны этапы ЖЦ ВАТС переменными X_j^i – эффективность каждого процесса и подпроцесса этапа ЖЦ ВАТС (i – индекс уровня рассматриваемого процесса (i =1,…4), j – порядковый номер данной переменной в каждом этапе) и коэффициентами K_m^n – описывающими зависимость одного процесса от другого (n – уровень, m – порядковый номер переменной, задающей зависимость).

Предложенная математическая модель ЖЦ электрических ВАТС для пассажирских перевозок позволяет оценивать, как эффективность этапов ЖЦ, так и выявлять основные направления для их дальнейшего совершенствования. Практическая значимость модели заключается в возможности проведения детального анализа каждого технологического процесса по отдельности, позволяя корректировать каждый элемент, получая максимальную эффективность на каждом этапе ЖЦ электрических ВАТС.

Список литературы

1. Подопригора Н.В. Модели управления эксплуатационной надежностью высокоавтоматизированных транспортных средств / Н.В. Подопригора, Я.В. Васильев // Грузовик: научно-технический и производственный журн. – 2023. – №8. – С.20-24. DOI: 10.36652/1684-1298-2023-8-20-24.
2. Терентьев, А. В. Векторная оптимизация / А. В. Терентьев, Б. Д. Прудовский // Инновационные системы планирования и управления на транспорте и в машиностроении: материалы 2-ой международной научно-практической конференции. – СПб.: Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2014. – С. 64–66.
3. Прудовский Б.Д. Методы решения многокритериальных автотранспортных задач / Б.Д. Прудовский // Вестник гражданских инженеров. – СПб: СПбГАСУ, 2015. – 2(49), – С.154-159.
4. Конычева Н.А. Методика оценки уровня качества автотранспортного обслуживания

/ Н.А. Конычева, А.Б. Мартынушкин, К.П. Андреев, В.В. Терентьев // Бюллетень транспортной информации. - 2019. - № 6 (288). - С. 22-26.

5. Терентьев, А.С. Метод экономической оценки качества обслуживания населения пассажирским транспортом / А.С. Терентьев, Г.К. Рембалович, А.В. Шемякин, А.Б. Мартынушкин, Е.А. Матюнина, К.С. Алексахина // TRANSPORT BUSINESS IN RUSSIA. - 2019. - №5. - С 111-113.

6. Курганов, В. М. Методика нормирования материальных ресурсов для автобусов / В. М. Курганов, М. В. Грязнов, А. Н. Дорофеев, А. А. Адувалин // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2022. – №1. – С.102 –116.

References

1. Podoprigora, N.V. Models for controlling the operational reliability of highly automated vehicles / N.V. Podoprigora, Y.V. Vasiliev // Gruzovik: scientific-technical and production journal. - №8. - C.20-24. DOI: 10.36652/1684-1298-2023-8-20-24.

2. Terentyev, A. V. Vector optimization / A. V. Terentyev, B. D. Prudovsky // Innovative systems of planning and management in transport and mechanical engineering: Proceedings of the 2nd international scientific-practical conference. - SPb.: National Mineral and Raw Materials University “Gorny”, 2014. - C. 64-66.

3. Prudovskiy, B.D. Methods of solving the multicriteria automobile transportation problems / B.D. Prudovskiy // Vestnik of civil engineers. - SPb: SPbGASU, 2015. - 2(49), - C.154-159.

4. Konycheva, N.A. Methodology for assessing the quality level of motor transport service / N.A. Konycheva, A.B. Martynushkin, K.P. Andreev, V.V. Terentyev // Bulletin of transport information. - 2019. - № 6 (288). - C. 22-26.

5. Terentyev, A.S. Method of economic evaluation of the quality of public passenger transportation service / A.S. Terentyev, G.K. Rembalovich, A.V. Shemyakin, A.B. Martynushkin, E.A. Matyunina, K.S. Aleksakhina // TRANSPORT BUSINESS IN RUSSIA. - 2019. - №5. - C 111-113.

6. Kurganov, V. M. Methodology of material resources rationing for buses / V. M. Kurganov, M. V. Gryaznov, A. N. Dorofeev, A. A. Aduvalin // Intellect. Innovations. Investments. - 2022. - №1. - C.102 -116.

DOI: 10.58168/MSTT2025_288-291
УДК 631.25

ПРИМЕНЕНИЕ АВТОТРАКТОРНОГО БОКСА В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОТРАСЛИ

А.А. Сидоров[1], М.А. Гаврилин[2], Д.Г. Чурилов[3]
[1, 2, 3] Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева,
[1] andreyka_sidorov_2003@mail.ru
[2] maks.gavrilin.01@mail.ru
[3] churilov.dmitry@yandex.ru

Аннотация. В данной статье рассматривается применение автотракторного бокса в сельскохозяйственной отрасли. Делаются необходимые выводы об эффективности его эксплуатации.

Ключевые слова: хранение, трактор, техническое обслуживание, сельскохозяйственная техника, эксплуатация, диагностика.

APPLICATION OF THE TRACTOR BOX IN THE AGRICULTURAL SECTOR

A.A. Sidorov[1], M.A. Gavrilin[2], D.G. Churilov[3]
[1, 2, 3] Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev,
Ryazan, Russia, e-mail: andreyka_sidorov_2003@mail.ru
[1] andreyka_sidorov_2003@mail.ru
[2] maks.gavrilin.01@mail.ru
[3] churilov.dmitry@yandex.ru

Annotation. This article discusses the use of tractor boxes in the agricultural sector. The necessary conclusions are drawn about the effectiveness of its operation.

Keywords: storage, tractor, maintenance, agricultural machinery, operation, diagnostics.

Универсальные автотракторные боксы выполняют комплексные функции по поддержанию работоспособности сельскохозяйственной техники, включая мойку, сервисное обслуживание и хранение машин различной продолжительности. Многофункциональные помещения данного типа максимально востребованы аграрным сектором благодаря возможности реализации полного спектра необходимых операций.

Эксплуатационный цикл автотракторного бокса включает очистку, техническое обслуживание и консервацию техники. Процесс очистки охватывает тщательную мойку внешних поверхностей и внутренних элементов трактора. Технический осмотр позволяет определить необходимость ремонтных работ либо подготовить машину к постановке на хранение. Детальный анализ каждой стадии раскрывает специфику производственного процесса [1].

© Сидоров А. А., Гаврилин М. А., Чурилов Д. Г., 2025

Сельскохозяйственные работы сопровождаются интенсивным загрязнением механизмов трактора пылью и почвой. Несвоевременная очистка рабочих элементов приводит к ускоренному износу деталей и снижению безопасности эксплуатации. Подготовительная очистка проводится на специальной площадке путем удаления крупных загрязнений, преимущественно с подкрылок и ходовой части. Последующая мойка осуществляется водой под регулируемым через специальную насадку давлением. После достижения требуемой степени чистоты трактор просушивается естественным способом, моечное оборудование демонтируется и размещается в специально отведенном месте [2].

После мойки и сушки сельскохозяйственная техника размещается в специализированном помещении для проведения комплексного технического обслуживания. Обнаруженные неполадки устраняются непосредственно в универсальном автотракторном боксе, оснащенном необходимыми инструментами. Диагностика выявляет множество потенциальных проблем: нарушение геометрии колес, структурные повреждения рамы, механические деформации корпуса, температурные отклонения двигателя, дисфункцию трансмиссии, утечку смазочных материалов, изношенность тормозной системы.

Профессиональный осмотр позволяет обнаружить загрязнения воздушных фильтров, сбои электрооборудования, нестандартные выхлопы, повреждения выхлопной системы, неисправности сцепления, аномальные вибрации, дефекты трансмиссионных механизмов, недостаточность смазки, нарушения системы зажигания, затрудненную работу педального узла, акустические отклонения на холостых оборотах, самопроизвольную активацию гидравлики, затрудненное рулевое управление, нестабильность передней оси.

При выявлении неисправных компонентов осуществляется заказ запчастей или производится их получение со склада, после чего машина отправляется на доремонтное хранение. Исправная же техника направляется на плановое хранение согласно установленным нормативам.

Размещение сельскохозяйственной техники в закрытом боксе обеспечивает защиту от неблагоприятных погодных условий: атмосферных осадков, штормового ветра, механических повреждений. Закрытый способ хранения предотвращает несанкционированный доступ к технике, хищение комплектующих, минимизирует риск случайных повреждений при маневрировании другой сельскохозяйственной техники.

Универсальный автотракторный бокс представляет многофункциональное решение для обслуживания специализированной техники. Современное оснащение включает комплексные системы очистки с применением профессиональных моющих составов, стационарное оборудование для сушки, специализированные зоны хранения инструментов. Продуманная эргономика пространства обеспечивает комфортный доступ к узлам и агрегатам машин.

Конструктивные особенности бокса включают армированные защитные панели, многоканальную систему видеомониторинга с инфракрасной съемкой, многоуровневую охранную систему с механическими блокираторами, автоматизированный климат-контроль с регулировкой воздухообмена.

Модульная архитектура позволяет встраивать бокс в существующие помещения либо эксплуатировать его автономно. Металлическое исполнение внешней обшивки автономных конструкций обеспечивает необходимую прочность при перемещении. Современные технологические решения расширяют функциональные возможности боксов, адаптируя их под индивидуальные требования заказчиков с учетом специфики обслуживаемой техники.

Многофункциональные автотракторные боксы различаются размерами под конкретные задачи сельскохозяйственных предприятий. Компактные конструкции вмещают одну единицу техники, учитывая габариты конкретной модели трактора при проектировании внутреннего пространства. Масштабные сооружения позволяют разместить несколько машин, с учетом безопасных промежутков между ними, для свободного маневрирования и открывания дверей.

Конструктивные особенности бокса предусматривают два варианта исполнения:

1 – механическая система открывания – реализуется посредством центральной ручки, размещенной в нижней части полотна (автоматизированный механизм управляется дистанционным пультом);

2 – альтернативный вариант – представлен распашными воротами на петлях.

Универсальные боксы обеспечивают надежную защиту сельскохозяйственной техники от негативных природных факторов. Закрытое пространство предотвращает коррозионные процессы, минимизирует абразивный износ, нейтрализует температурные воздействия, создает оптимальные условия для проведения планового технического обслуживания и ремонтных работ.

Размещение автотракторного бокса требует соответствия следующим критериям:

– достаточная территория под застройку;
– прочное ровное основание;
– удобные подъездные пути;
– высококачественные строительные материалы;
– нормативные отступы от смежных объектов.

Динамичное развитие агропромышленного сектора формирует повышенные стандарты безопасного хранения сельскохозяйственной техники, стимулируя рост конкуренции среди производителей специализированного оборудования. Экономия на толщине металлических листов при производстве боксов создает существенные риски повреждения конструкции, что обуславливает приоритет качественных материалов над ценовыми преимуществами при обеспечении сохранности техники [3].

Монолитная конструкция автотракторных боксов, созданная по принципу металлического контейнера со сварными швами под защитным покрытием, при незначительном снижении мобильности обеспечивает максимальную прочность. Специальное покрытие минимизирует возможность повреждений конструкции внешними факторами, гарантируя безопасность хранимой техники. Применение

экологически безопасных материалов позволяет размещать боксы в непосредственной близости от сельскохозяйственных угодий без угрозы загрязнения почвы.

Внедрение универсальных автотракторных боксов представляет экономически эффективное решение для защиты сельскохозяйственной техники. Компактность, простота эксплуатации, надежность и доступная стоимость определяют востребованность данных конструкций среди агрохолдингов, обеспечивая оптимальные условия хранения машинно-тракторного парка.

Список литературы

1. Сидоров, А. А. О продлении срока эксплуатации сельскохозяйственных агрегатов / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, А. И. Ушанев // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024. – С. 137-143.

2. Ерохин, А. В. Главные аспекты технического обслуживания сельскохозяйственной техники / А. В. Ерохин, А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин // Перспективы развития транспортной системы в Российской Федерации : Материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции, приуроченной к профессиональному празднику - Дню работника автомобильного транспорта, Рязань, 25 октября 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024. – С. 196-201.

3. Полищук С.Д. Защита латунных деталей с.-х. техники от воздействия коррозионной среды / С.Д. Полищук, М.Н. Горохова // Тракторы и сельхозмашины. - 2013. - № 4. - С. 50-53.

References

1. Sidorov, A. A. On extending the service life of agricultural aggregates / A. A. Sidorov, M. A. Gavrilin, A. I. Ushanev // Prospects for the development of technical operation of mobile equipment : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 24th anniversary of the Department of Technical Operation of Transport, Ryazan, October 08, 2024. Ryazan: Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, 2024. pp. 137-143.

2. Erokhin, A.V. The main aspects of maintenance of agricultural machinery / A.V. Erokhin, A. A. Sidorov, M. A. Gavrilin // Prospects for the development of the transport system in the Russian Federation : Materials of the All-Russian Student Scientific and Practical Conference dedicated to the professional holiday - Motor Transport Worker's Day, Ryazan, October 25, 2024. Ryazan: Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, 2024. pp. 196-201.

3. Polishchuk S.D. Protection of brass parts of agricultural machinery from the effects of a corrosive environment / S.D. Polishchuk, M.N. Gorokhova // Tractors and agricultural machines. - 2013. - No. 4. - pp. 50-53.

DOI: 10.58168/MSTT2025_292-295
УДК 631.25

ХРАНЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ПОД НАВЕСОМ

А.А. Сидоров[1], М.А. Гаврилин[2], Д.Г. Чурилов[3]
[1, 2, 3] Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева,
[1] andreyka_sidorov_2003@mail.ru
[2] maks.gavrilin.01@mail.ru
[3] churilov.dmitry@yandex.ru

Аннотация. В данной статье рассматривается хранение сельскохозяйственной техники под навесом. Делаются необходимые выводы об эффективности данного вида хранения и целесообразности его применения.

Ключевые слова. Хранение техники, навес, трактор, техническое обслуживание, сельскохозяйственная техника.

STORAGE OF AGRICULTURAL TECHNICIANS UNDER A CANOPY

A.A. Sidorov[1], M.A. Gavrilin[2], D.G. Churilov[3]
[1, 2, 3] Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev,
Ryazan, Russia, e-mail: andreyka_sidorov_2003@mail.ru
[1] andreyka_sidorov_2003@mail.ru
[2] maks.gavrilin.01@mail.ru
[3] churilov.dmitry@yandex.ru

Annotation. This article discusses the storage of agricultural machinery under a canopy. The necessary conclusions are drawn about the effectiveness of this type of storage and the expediency of its use.

Keywords. Equipment storage, canopy, tractor, maintenance, agricultural machinery.

Хранение сельскохозяйственных машин под навесом представляет экономически целесообразный метод частично-закрытого размещения техники, демонстрируя особую эффективность в климатических условиях средней полосы. Защитная конструкция минимизирует негативное влияние атмосферных осадков и ультрафиолетового излучения на лакокрасочное покрытие агрегатов.

Подготовительный этап размещения включает демонтаж механических компонентов, нуждающихся в складском хранении, комплексную очистку и профилактическое обслуживание. Восстановление поврежденных элементов конструкции, включая устранение трещин и деформаций, осуществляется на специализированном оборудовании ремонтного подразделения предприятия [1].

© Сидоров А. А., Гаврилин М. А., Чурилов Д. Г., 2025

Размещение навесной площадки производится на возвышенном участке местности во избежание подтопления талыми водами. Проектирование наклонной поверхности хранения обеспечивает эффективный отвод атмосферных осадков через дренажную систему канализационных колодцев.

Размещение навесных конструкций требует тщательного анализа окружающей среды для обеспечения безопасности техники и персонала. Ветровые нагрузки на открытых пространствах создают существенную угрозу деформации или разрушения навесов, что может привести к повреждению оборудования. Аналогичные риски возникают в межкорпусных проходах с интенсивными воздушными потоками.

Близость высоковольтных линий электропередач представляет дополнительные риски при эксплуатации навесных конструкций. Неблагоприятные погодные условия или технические неполадки могут спровоцировать обрыв проводов, возгорание и поражение людей электрическим током. Эксплуатация энергетических объектов требует строгого соблюдения правил безопасности и повышенного внимания персонала.

Подготовка основания под навес включает комплексное асфальтирование площадки для размещения техники. Технологический процесс начинается с расчистки территории специализированной техникой (грейдерами, бульдозерами и погрузчиками), количество которой определяется характером поверхности.

Следующий этап предусматривает выемку грунта на расчетную глубину согласно ожидаемым нагрузкам. Многослойная конструкция дорожного покрытия включает:

– грунтовое основание;
– щебеночный слой;
– песчаную подушку;
– георешетку;
– пористый асфальтобетон;
– плотный асфальтобетон.

Асфальтированная площадка служит фундаментальным элементом защитного сооружения для аграрных машин, где прочность и эксплуатационная надежность напрямую зависят от характеристик асфальтового покрытия и технологии монтажа. Ключевые требования к конструкции включают способность выдерживать механические нагрузки от сельхозтехники при различных погодных воздействиях. Регулярное обследование покрытия и своевременное устранение дефектов обеспечивают длительный срок службы платформы.

Навесные укрытия являются приоритетным способом хранения техники. Это достигается благодаря повышенной сохранности техники, минимизации временных затрат на обслуживание и производственной эффективности. Экономическая целесообразность и простота монтажа выделяют навесные конструкции среди полузакрытых систем хранения аграрного оборудования.

Архитектурные решения навесов варьируются от простейших опорных столбов с тентовым покрытием до капитальных строений с боковыми огражде-

ниями. Выбор конструктивных элементов и материалов определяется производственными задачами предприятия, количественным составом парка техники, габаритными параметрами машин и сложностью навесного оборудования.

Монтаж опорных конструкций требует предварительного анализа длительности эксплуатации объекта, определяющего выбор технологии установки. Метод частичного бетонирования зарекомендовал себя как наиболее эффективное решение для долгосрочного размещения столбов, обеспечивая максимальную устойчивость к механическим воздействиям. Практика показывает существенные преимущества данного способа монтажа, гарантирующего надежную фиксацию при штормовых нагрузках и экстремальных погодных условиях.

Архитектурное решение кровли навесных сооружений предусматривает наклонную, треугольную или купольную форму, предотвращающую накопление атмосферных осадков. Периметральная система водоотведения направляет потоки воды в накопительные резервуары либо канализационные коммуникации. Конструктивные характеристики покрытия определяют эксплуатационный ресурс всего комплекса через способность противостоять расчетным нагрузкам.

Современные требования к строительным материалам включают комплексную оценку прочностных параметров и экологической безопасности. Негативное воздействие токсичных компонентов на природную среду демонстрирует устойчивый рост. Аграрный сектор, непосредственно взаимодействующий с природными ресурсами, несет ответственность за их сохранение и приумножение. Строительные материалы для сельскохозяйственных объектов подлежат обязательной сертификации на соответствие экологическим стандартам безопасности.

При подготовке техники к длительному хранению первостепенное значение приобретает тщательная очистка от почвенных загрязнений посредством специализированного моющего оборудования. Применение щеток с мягким ворсом совместно с мойкой высокого давления гарантирует бережное удаление загрязнений без повреждения поверхностей.

Эффективность процесса очистки существенно повышается благодаря использованию моющих составов различной химической природы. Водорастворимые средства, отличающиеся доступной стоимостью и универсальностью применения, при удалении стойких загрязнений демонстрируют ограниченную результативность. Очищающая пена, нанесенная тонким слоем на обрабатываемую поверхность, за счет химического воздействия позволяет растворить затвердевшие отложения. Максимальную эффективность при устранении сложных загрязнений показывают специальные очищающие пасты. Дизельное топливо, обладающее выраженными растворяющими свойствами, в качестве очистителя применяется лишь локально (для удаления масляных загрязнений с устойчивых поверхностей) при условии последующей тщательной промывки [2].

Тщательный осмотр сельскохозяйственных машин предшествует размещению техники под защитными конструкциями. Расстановка агрегатов выполняется с учетом оптимальных интервалов для беспрепятственного маневрирования. Длительность консервации определяется спецификой эксплуатации и тех-

ническими характеристиками оборудования. Сезонные агрегаты, задействованные при посеве и уборке урожая, находятся на хранении большую часть года, тогда как многофункциональная техника размещается вблизи выезда.

Навесные конструкции являются эффективным решением для агропромышленного сектора. Данный метод обеспечивает надежную защиту от атмосферных воздействий, минимизирует риски повреждений при передвижении и несанкционированного доступа. Практическое применение защитных конструкций на сельхозпредприятиях демонстрирует высокую результативность.

Совершенствование технологий хранения сельскохозяйственной техники остается приоритетным направлением исследовательской работы.

Список литературы

1. О повышении эффективности использования сельскохозяйственной техники / А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин, А. И. Ушанев, А. Г. Арженовский // Перспективы развития технической эксплуатации мобильной техники : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 24-летию кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», Рязань, 08 октября 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024. – С. 12-18.

2. Ерохин, А. В. Главные аспекты технического обслуживания сельскохозяйственной техники / А. В. Ерохин, А. А. Сидоров, М. А. Гаврилин // Перспективы развития транспортной системы в Российской Федерации : Материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции, приуроченной к профессиональному празднику - Дню работника автомобильного транспорта, Рязань, 25 октября 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2024. – С. 196-201.

References

1. On improving the efficiency of using agricultural machinery / A. A. Sidorov, M. A. Gavrilin, A. I. Ushanev, A. G. Arzhenovsky // Prospects for the development of technical operation of mobile equipment : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 24th anniversary of the Department of Technical Operation of Transport, Ryazan, October 08, 2024. Ryazan: Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, 2024. pp. 12-18.

2. Erokhin, A.V. The main aspects of maintenance of agricultural machinery / A.V. Erokhin, A. A. Sidorov, M. A. Gavrilin // Prospects for the development of the transport system in the Russian Federation : Materials of the All-Russian Student Scientific and Practical Conference dedicated to the professional holiday - Automobile Transport Worker's Day, Ryazan, October 25, 2024. Ryazan: Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, 2024, pp. 196-201.

Научное издание

СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ НА ТРАНСПОРТЕ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова

Воронеж, 24 – 25 апреля 2025 г.

Ответственный редактор Д.А. Жайворонок

Материалы издаются в авторской редакции

Подписано к изданию 30.06.2025. Объем данных 27,7 Мб
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»
394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8