

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ НА ТРАНСПОРТЕ:
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

Материалы Международной научно-практической конференции

Воронеж, 23-24 апреля 2026 года

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

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ НА ТРАНСПОРТЕ:
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Материалы Международной научно-практической конференции

Воронеж, 23-24 апреля 2026 года

Воронеж 2026

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 TECHNOLOGIES AND SYSTEMS IN TRANSPORT:
PROBLEMS AND PROSPECTS

Materials of the International Scientific and Practical Conference

Voronezh, April 23-24, 2026

Voronezh 2026

УДК 629.331+001.895
С56

С56 Современные технологии и системы на транспорте: проблемы и перспективы : материалы Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23-24 апреля 2026 года / отв. ред. Д. А. Жайворонок ; М-во науки и высшего образования РФ, ФГБОУ ВО «ВГЛТУ». – Воронеж, 2026. – 315 с. – URL: <https://vgltu.ru/nauka/konferencii/2026/mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferenciya-sovremennye-tehnologii-i-sistemy-na-transporte-problemy-i-perspektivy/>. – Текст : электронный.

ISBN 978-5-7994-1246-3

В сборнике представлены материалы Международной научно-практической конференции «Современные технологии и системы на транспорте: проблемы и перспективы», прошедшей в г. Воронеже 23–24 апреля 2026 года.

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

УДК 629.331+001.895

ISBN 978-5-7994-1246-3

© ФГБОУ ВО «ВГЛТУ», 2026

СОДЕРЖАНИЕ

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

Ф.А. Шакина, Д.А. Жайворонок, В.А. Зеликов, М.А. Малюкова, А.Н. Швырев. Цифровая трансформация контрольно-надзорной деятельности госавтоинспекции.....	7
А.А. Пестов, Н.А. Загородний, Е.А. Цой, Л.В. Орлов, Е.А. Федотов. Цифровизация то и р для сокращения простоя автопарка.....	14
Н.Н. Паринов, Д.В. Лихачев, А.Ю. Артемов, Е.В. Чирков, В.Е. Гришин. Моделирование конфликтных взаимодействий на левом повороте с пешеходами на основе клеточных автоматов.....	19
Н.А. Азарова, Д.А. Борсяков, Э.А. Черников, Г.Д. Жайворонок, Г.В. Середин. Совершенствование транспортно-логистических процессов при экспорте сельскохозяйственной продукции	24
М.Г. Волков, А.В. Домбалян. Повышение прозрачности документооборота в транспортных предприятиях на территории РФ	30
С.А. Добрин, А.Г. Шевцова, С.Ю. Шубкин. К вопросу оптимизации пассажирских маршрутов малых городов	33
Е. В. Мирошников. Современные мероприятия повышения эффективности управления транспортно-логистическим комплексом региона.....	38
С.В. Шавин, И.А. Новиков, А.А. Конев. Проблемы функционирования региональных логистических систем	43
Т.Н. Стородубцева, М.Л. Шабанов, А.В. Корниенко, А.А. Евсеева. Спутниковый контроль лесовозной техники: нормативные основания, технические решения и перспективы применения.....	46
Е.Д. Утенкова, Д.С. Бошина, А.С. Лукьянов. Управление системами транспортной логистики на основе глонасс в деятельности органов внутренних дел....	51
С.Н. Сухатерина. Развитие цифровых технологий на транспорте	55

Секция 2. Интеллектуальные транспортные системы, искусственный интеллект на транспорте

О.Ю. Булатова, Х. Цзянг. Формализация архитектуры итс на основе семантической модели и потребностей пользователей	58
К.А. Бычкова, О.Ю. Нечаев, А.Г. Шевцова. Влияние интеллектуальных транспортных систем на безопасность дорожного движения в условиях роста автомобилизации	65
А.В. Подкопаев, А. Г. Шевцова. Применение инструментов интеллектуальных транспортных систем для прогнозирования количества аварий в городской транспортной системе.....	69
А.А. Феофилова, Л. Ху. Услуги интеллектуальных транспортных систем в условиях чрезвычайных ситуаций	73
А.Ю. Артемов, С.В. Дорохин, Д.В. Лихачев, Н.В. Зеликова, Е.В. Шаталов. Интеллектуальная транспортная система воронежской агломерации: архитектура, эффективность и перспективы развития	78
Э.Н. Бусарин, Р.А. Кораблев, В.Б. Анисимова, Н.В. Зеликова, А.Э. Бусарина. К вопросу развития и современного применения информационных технологий в транспортной логистике.....	82

А.А. Штепа. Когнитивные транспортные системы: управление, моделирование и архитектура.....	85
А.Р. Глушанков, С.В. Дорохин, Д.Г. Тертерашвили, Р.Р. Жидков. Проблемы обеспечения кибербезопасности в интеллектуальных транспортных системах.....	92
Т.Н. Стородубцева, В.А. Морковин, Д.А. Ткачев, Д.А. Курысь. Беспилотные форвардеры и харвестеры в лесозаготовительной отрасли	96

Секция 3 Безопасность дорожного движения

В.А. Зеликов, Г.А. Денисов, Ю.В. Струков, Н.И. Злобина, Н.В. Зеликова. Предотвращение наезда автомобиля на пешехода в опасно-аварийных дорожных ситуациях	102
Р.В. Гринякин, С.В. Дорохин, А.С. Семькина, Н.А. Загородний, Л.В. Орлов. Тормозные системы автомобилей для тяжелых условий эксплуатации: повышение надежности и ресурса при частых торможениях	107
Р.В. Мороз, С.В. Дорохин. Современные подходы организации парковочных мест и их влияние на дорожно-транспортные происшествия	112
Р.А. Котов, С.В. Дорохин, Е.В. Чирков, М.А. Сеницын. Направления и мероприятия по повышению эффективности функционирования городского общественного транспорта.....	117
Н.И. Злобина, В.А. Зеликов, Г.А. Денисов, А.С. Кривцов, А.О. Курганский. Снижение транзита грузового транспорта через г. Воронеж в связи с открытием новых логистических центров	122
А.Д. Ефимов, А.О. Алибаганов, В.В. Локтионов. Анализ влияния элементов улично-дорожной сети на вероятность возникновения ДТП	127
Р.А. Сподарев, С.Р. Сподарев, Г.В. Середин, А.А. Илунина, Г.Д. Жайворонок. Тенденции и направления модернизации системы подготовки водителей транспортных средств	132
Н.В. Зеликова, И.Ю. Струкова, Г.В. Середин, С.С. Веневитина, Е.А. Маклакова, У.Г. Фомина. Уровень и причины аварийности на УДС городов	139

Секция 4 Инновационные технологии в транспортном комплексе

Д.А. Попов, А.М. Кадырметов, Н.В. Скрыльников, Р.Д. Яцюта, В.Д. Кабанцов. Состояние и перспективы развития легковых автомобильных прицепов....	142
Ю.Ф. Кайзер, В.Г. Шрам С.С. Сорокикова, Е.А. Фишер, Я.М. Марьясов. Очистка автомобильных топлив от воды и механических примесей.....	148
В.Г. Шрам, Ю.Ф. Кайзер, С.С. Сорокикова, Е.А. Фишер. Обеспечение сохранности качества автомобильных топлив при их хранении	151
П.П. Коростелёв, А.Г. Шевцова. Опыт применения инновационных технологий в транспортном агропромышленном комплексе	154
В.В. Глазкова, Е.А. Сагитова, А.С. Лукьянов. Инновационные разработки автомобильных видеорегистраторов и охранных комплексов и их применение в деятельности органов внутренних дел.....	159
А.Л. Севостьянов, И.С. Калковнов. Оптимизация логистических процессов транспортировки хлопка в республике узбекистан в условиях экспортно-ориентированной трансформации отрасли	163
А.С. Семькина, Н.А. Загородний, В.А. Лежнева, Л.В. Орлов, Е.А. Цой. Формирование эффективного функционирования транспортно-логистических систем.....	168

К.Ю. Янкина, Д.Ю. Куксов. Перспективы развития мембранных технологий в газоразделительных установках.....	174
О.В. Сторожева, С.В. Дорохин, А.А. Чепрасова, Р.В. Мороз. Цифровизация логистики и грузоперевозок.....	178
Г.Х. Вейискулыева, А.В. Куликов. Разработка транспортной сети международных транспортно-логистических терминалов туркменистана для мультимодальных перевозок.....	182

Секция 5 Энергоэффективные технические решения для автомобильного транспорта

Д.В. Валов, С.В. Ильянов. Эффективность транспортной работы автомобилей категории n1: сравнительный анализ различных типов силовых установок с учетом дорожных условий эксплуатации	190
Р.Ю. Добрецов, С.Б. Добрецова, С.А. Войнаш, В.А. Соколова. Оценка энергоэффективности шасси колесных машин при использовании модульного гусеничного движителя.....	196
Д. А. Жабин, В. А. Морковин, Т. Н. Стородубцева, П. В. Чехлова. Переработанные материалы как путь к энергосбережению и высокому качеству дорог.....	200
С.А. Толстов, С.Л. Панченко, А.С. Толстова, Д.Р. Набатов, К.А. Узунов. Исследование водяного впрыска в ДВС.....	205

Секция 6 Альтернативные источники энергии на транспорте

И.А. Кириченко, В.Р. Хлистун, Е.В. Снятков, М.А. Савинков, С.Н. Крухмалев. Обоснование применения зарядного манипулятора для электромобилей.....	210
В.Н. Бухтояров, В.А. Иванников, И.Е. Поляков, А.Д. Голев. Анализ построения оптимального алгоритма состава смеси воздух-дизель-метан в современных программных продуктах, на примере TE-GD4.....	214

Секция 7 Перспективные технологии изготовления и упрочнения деталей автомобилей

В.С. Волков, К.А. Астафьев. Особенности расчёта карданной передачи с синхронными шарнирами по оценке их работоспособности.....	218
--	-----

Секция 8 Современные неразрушающие методы диагностики агрегатов и систем автомобилей

С.В. Новиков, А.С. Корнеев. Дифференциальная диагностика неисправностей системы охлаждения ДВС: разделение дефектов герметичности камеры сгорания и недостаточной производительности насоса системы охлаждения.....	224
К.Я. Лелиовский, Ю.И. Молев, М.В. Шитов. Моделирование процесса вибродиагностики подшипников коробок передач транспортных средств на основе нейронных сетей.....	229
А. А. Чумаков, Л.М. Федоров, А.А. Грачев, Д.И. Сидоркин. Разработка датчика контроля усталостных напряжений в несущих металлоконструкциях автомобиля.....	235

Е.Р. Вернигора, В.А. Иванников, М.Л. Шабанов, А.П. Новиков, М.С. Хрипченко. Теплофизические методы оперативного контроля состояния гидравлических систем автотранспортных средств.....	241
--	-----

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

А.С. Семькина, Н.А. Загородний, А.В. Белокобыльский, Е.А. Цой, Е.А. Федотов. Разработка архитектуры программно-аппаратного комплекса сбора и первичного анализа данных о работе двигателя внутреннего сгорания на базе отечественной навигационно-телематической платформы ГЛОНАСС.....	247
К.А. Белоусов, А.Д. Кустиков, М.Г. Корчажкин. Исследование причин скрипа плавающих сайлентблоков в опорах рычагов задней подвески кроссоверов BMW G-СЕРИИ и корректирование их обслуживания.....	252
А.В. Филиппова, М.С. Хрипченко, А.П. Новиков, С.Л. Панченко. Особенности конструкции вентиляторов системы охлаждения двигателя при эксплуатации в условиях низких температур.....	259
А.В. Филатов, М.С. Хрипченко, А.П. Новиков. Особенности работы системы охлаждения двигателя в арктических условиях.....	267
Д.Г. Тертерашвили, С.В. Дорохин, А.Р. Глушанков, Р.Р. Жидков. Современные подходы к дистанционному диагностированию системы охлаждения ДВС: диагностические параметры, ограничения и перспективы развития	275

Секция 10 Общие вопросы организации учебного процесса в высшей школе в рамках укрупненной группы 23.00.00

И.В. Григорьева, Е.Г. Волкова, С.К. Валиев. Оценка периода восстановления после стандартной нагрузки.....	281
И.В. Григорьева, Е.Г. Волкова, И.А. Кондратенко. Значение физической подготовки для развития выносливости у гребцов	284
И.В. Григорьева, Е.Г. Волкова, И.А. Кондратенко. Характеристика факторов, составляющих основу механизмов координации движений	287
С.В. Внукова, Е.Н. Лушникова, А.А. Тиньков, П.А. Баранов. Современные подходы к преподаванию гидравлики и электротехники при подготовке инженеров транспортного комплекса.....	290
Д.А. Галушкина, А.А. Ларченко. Оценка осведомленности обучающихся по специальности «техническое обслуживание и ремонт автотранспортных средств» о пользе физической активности для снижения учебного стресса.....	296
И.В. Григорьева, Е.Г. Волкова, И.А. Кондратенко. Интенсивные технологии подготовки бегунов-спринтеров в искусственных условиях	300
И.В. Григорьева, Е.Г. Волкова, А.М. Протопопов. Влияние предварительной тренировки на акклиматизацию в горах.....	304
А.А. Ларченко, Д.А. Галушкина, М.М. Рыбникова, В.А. Масляный, Ф.А. Шакина. Средства воспитания студенческой молодежи на занятиях физической культуры	307
Ф.А. Шакина, Д.А. Жайворонок, И.В. Терехина, А.Е. Матяшов, А.И. Третьяков. Оптимизация организационных форм учебного процесса при подготовке инженеров для автомобильного транспорта в условиях цифровой трансформации отрасли.....	311

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ КОНТРОЛЬНО-НАДЗОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ГОСАВТОИНСПЕКЦИИ

Ф.А. Шакина¹, Д.А. Жайворонок¹, В.А. Зеликов¹, М.А. Малукова¹, А.Н. Швырев¹

¹ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия

Автор, ответственный за переписку: Денис Александрович Жайворонок, dzhaivoronok@bk.ru

Аннотация. В статье рассматриваются процессы цифровой трансформации контрольно-надзорной деятельности Госавтоинспекции на региональном уровне. На примере Воронежской области и города Воронежа анализируется внедрение автоматизированных систем фотовидеофиксации нарушений, развитие интеллектуальной транспортной системы, межведомственное информационное взаимодействие и цифровые сервисы для граждан. Исследуются финансовые аспекты реализации цифровых проектов, динамика бюджетных расходов и технического оснащения. Особое внимание уделяется влиянию цифровизации на показатели аварийности и эффективность контрольно-надзорной деятельности. Делается вывод о системном характере цифровой трансформации, охватывающей техническое перевооружение, развитие телекоммуникационной инфраструктуры и внедрение технологий искусственного интеллекта.

Ключевые слова: Госавтоинспекция, цифровая трансформация, безопасность дорожного движения, фотовидеофиксация, интеллектуальная транспортная система, Воронежская область, искусственный интеллект, межведомственное взаимодействие.

DIGITAL TRANSFORMATION OF CONTROL AND SUPERVISORY ACTIVITIES OF THE STATE TRAFFIC INSPECTORATE

F.A. Shakina¹, D.A. Zhayvoronok¹, V.A. Zelikov¹, M.A. Malyukova¹, A.N. Shvyrev¹

¹ Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

The author responsible for the correspondence: Denis Alexandrovich Zhayvoronok, dzhaivoronok@bk.ru

Abstract. The article examines the processes of digital transformation of the State Traffic Safety Inspectorate's supervisory activities at the regional level. Using the example of the Voronezh Region and the city of Voronezh, the implementation of automated photo and video recording systems for traffic violations, the development of an intelligent transport system, interdepartmental information interaction, and digital services for citizens are analyzed. The financial aspects of digital project implementation, the dynamics of budget expenditures, and technical equipment are studied. Particular attention is paid to the impact of digitalization on accident rates and the efficiency of supervisory activities. The conclusion is drawn about the systemic nature of digital transformation, covering technical re-equipment, development of telecommunications infrastructure, and implementation of artificial intelligence technologies.

Keywords: State Traffic Safety Inspectorate, digital transformation, road safety, photo and video recording, intelligent transport system, Voronezh Region, artificial intelligence, interdepartmental interaction.

Цифровая трансформация контрольно-надзорной деятельности является одним из приоритетных направлений развития системы обеспечения безопасности дорожного движения в Российской Федерации. Воронежская область выступает одним из регионов-лидеров по внедрению цифровых технологий в деятельность Госавтоинспекции, что обусловлено как высокой интенсивностью транспортных потоков, так и последовательной региональной политикой в сфере цифровизации [1].

Актуальность исследования обусловлена необходимостью системного анализа результатов цифровой трансформации, выявления эффективных практик и проблемных зон для тиражирования успешного опыта в других регионах. Целью настоящей статьи является комплексный анализ процессов цифровизации контрольно-надзорной деятельности Госавтоинспекции в Воронежской области и городе Воронеже [2].

Цифровая трансформация Госавтоинспекции осуществляется в рамках реализации национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» и ведомственных программ цифрового развития. На региональном уровне ключевым документом выступает государственная программа Воронежской области «Развитие транспортной системы и обеспечение безопасности дорожного движения».

С 1 марта 2025 года вступили в силу изменения законодательства, расширившие функционал государственных услуг, предоставляемых подразделениями Госавтоинспекции в электронном виде. Цифровые сервисы, связанные с регистрационными действиями, стали одними из наиболее востребованных у россиян государственных услуг, предоставляемых в электронной форме [3].

Ключевым направлением цифровой трансформации выступает развитие сети автоматических средств фиксации нарушений правил дорожного движения. В Воронежской области функционирует система «Крис-Воронеж», объединяющая стационарные, передвижные и мобильные комплексы фотовидеофиксации. Развитие системы фотовидеофиксации в Воронежской области (2024 -2026 гг.) представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Развитие системы фотовидеофиксации в Воронежской области
Table 1 – Development of the photofixation system in the Voronezh region

Показатель	2024 г.	2025 г.	2026 г. (план)
Объем финансирования обслуживания ТСАФ	367 млн руб.	189 млн руб.	189 млн руб.
Количество каналов передачи данных	-	325	325
Пропускная способность каналов	-	10-20 Мбит/с	10-20 Мбит/с
Стоимость услуг передачи данных	-	51,3 млн руб.	В рамках контракта
Новые места установки камер	н/д	7 участков	В рамках развития ИТС

В 2025 году на семи участках улично-дорожной сети Воронежа были установлены новые комплексы автоматической фиксации, в том числе на пересечении улиц Свободы и 9 Января, проспекта Революции и улицы Кольцовской, улицы Димитрова и Ленинского проспекта, бульвара Победы и улицы Маршала Жукова [4].

Для обеспечения функционирования системы в сентябре 2025 года был заключен контракт на оказание услуг связи по передаче данных стоимостью 51,3 млн рублей. В рамках контракта создана виртуальная частная сеть передачи данных с использованием технологии IP VPN L3, объединяющая 325 каналов связи.

Воронеж стал одним из пилотных городов по внедрению интеллектуальной транспортной системы (ИТС), реализуемого в рамках федерального проекта

«Общесистемные меры развития дорожного хозяйства». Система начала внедряться в 2022 году.

Динамика развития интеллектуальной транспортной системы г. Воронежа (2022-2027 гг.) иллюстрирует диаграмма, представленная на рисунке 1.

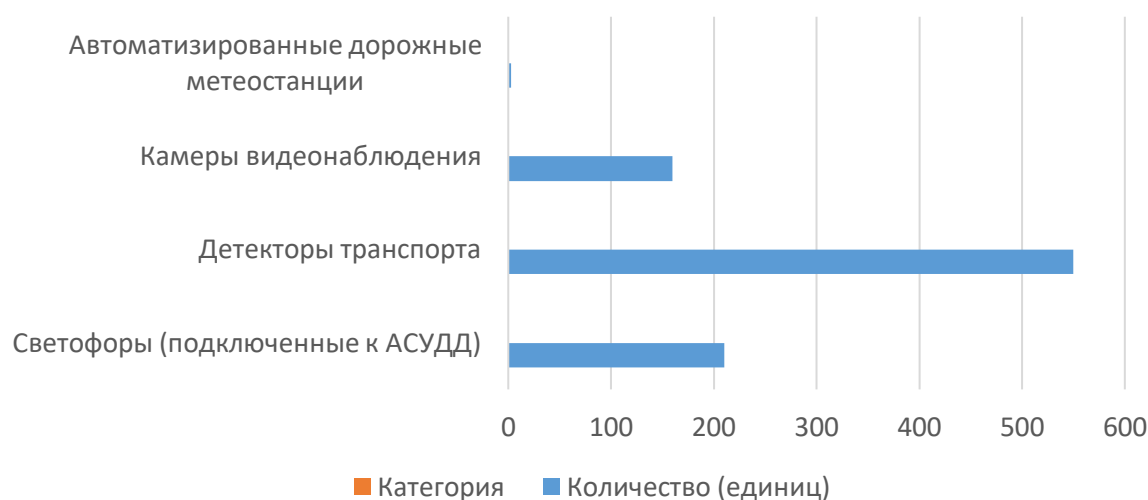


Рисунок 1 – Развитие технической базы ИТС г. Воронежа
Figure 1 – Development of ITS technical base in Voronezh

По состоянию на конец 2025 года в рамках ИТС проведена модернизация перекрестков, к автоматизированной системе управления дорожным движением (АСУДД) подключено более 200 светофорных объектов, установлено порядка 550 детекторов транспорта, три автоматизированные дорожные метеостанции, 160 видеокамер подсистемы видеонаблюдения [5].

В декабре 2025 года был закуплен модуль эффективности на основе нейросетей, который позволит анализировать и перераспределять транспортные потоки, оптимизировать маршруты и отслеживать общественный транспорт, а также получать данные по оплате проезда. Искусственный интеллект обеспечит более точное прогнозирование дорожной ситуации.

В марте 2026 года объявлен конкурс на дальнейшее развитие ИТС Воронежской городской агломерации с начальной ценой контракта 420 млн рублей. Планируется смонтировать более 350 тактических и стратегических детекторов транспорта, более 100 дорожных контроллеров, обеспечить работу 109 средств криптографической защиты информации и свыше 130 обзорных и купольных камер видеонаблюдения.

К 2027 году должна заработать цифровая модель транспортной системы города, созданная на основе собранных и проанализированных ИТС показателей [6]. Эта модель позволит обоснованно проектировать строительство транспортных объектов и другие мероприятия в сфере организации дорожного движения.

Важным аспектом цифровой трансформации выступает развитие межведомственного электронного взаимодействия. В Лискинском районе Воронежской области реализован пилотный проект по информационному обмену между Госавтоинспекцией и налоговой службой.

Создана общая база данных, содержащая информацию о гражданах, зарегистрированных автотранспортных средствах и штрафах, наложенных за нарушения правил дорожного движения. Информация обновляется и обрабатывается в режиме реального времени.

Данные о гражданах и их автотранспорте, поступающие из Госавтоинспекции, используются для проверки налоговых деклараций и определения правильности уплаты

налогов. В свою очередь, информация о должниках по уплате налогов может служить основанием для применения административных мер, включая ограничение права управления транспортным средством [7].

В систему видеонаблюдения Воронежа внедряется специализированное программное обеспечение, позволяющее идентифицировать личность. Ожидается, что это значительно ускорит процесс поиска правонарушителей с использованием изображений, полученных с уличных камер наблюдения.

Госавтоинспекцией Воронежской области активно развиваются цифровые сервисы для автовладельцев. Наибольшей популярностью пользуются электронные услуги по регистрации транспортных средств и снятию их с учета.

В 2025 году запущен чат-бот Госавтоинспекции для приема сообщений о нетрезвых водителях. За время действия программы вознаграждения за информацию о пьяных водителях (5 тыс. рублей) поступило два обращения, позволивших задержать нарушителей до совершения ими ДТП.

В Воронеже созданы пункты безвозмездной аренды детских удерживающих устройств, информация о которых доступна через цифровые сервисы [8].

Для борьбы с несанкционированной парковкой грузового транспорта внедрена система фиксации нарушений с постановкой автомобилей на контроль в федеральной системе «Паутина». При надзоре за движением срабатывает маячок, инспектор останавливает грузовик и выносит постановление.

Динамика аварийности в Воронежской области (2024–2025 гг.) представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Динамика аварийности в Воронежской области (2024–2025 гг.)

Table 2 – Accident rate dynamics in the Voronezh Region (2024-2025)

Показатель	2024 г.	2025 г.	Изменение
Количество ДТП	н/д	2781	+8,5%
Погибло	367	319	-13,1%
Ранено	н/д	~3600	н/д
Количество мест концентрации ДТП	52	73	+40,4%
Погибло в местах концентрации	н/д	15	н/д
Задержано нетрезвых водителей	н/д	~5000	н/д
Возбуждено уголовных дел за повторное пьяное вождение	н/д	>500	н/д

Анализ статистических данных показывает неоднозначное влияние цифровизации на показатели аварийности. При общем росте количества ДТП на 8,5% (до 2781 происшествия) наблюдается снижение числа погибших на 13,1% (с 367 до 319 человек). Это может свидетельствовать о повышении оперативности реагирования и качества оказания медицинской помощи, а также о возможном влиянии автоматической фиксации на снижение тяжести последствий ДТП.

Количество мест концентрации ДТП увеличилось с 52 до 73, однако в этих местах погибло всего 15 человек (около 5% от общего количества погибших), что указывает на преобладание в очагах аварийности ДТП с материальным ущербом и легкими травмами.

За 2025 год сотрудниками Госавтоинспекции задержано почти 5000 водителей в нетрезвом состоянии, из них более 500 — повторно, в отношении последних возбуждены уголовные дела.

Несмотря на позитивные сдвиги, сохраняется ряд проблемных вопросов. Особую тревогу вызывает рост детского дорожно-транспортного травматизма: количество ДТП с детьми увеличилось на 13% (до 383), погибло 15 детей (в 2024 году – 9).

Инфраструктура Воронежа пока не в полной мере соответствует потребностям развития средств индивидуальной мобильности, что требует совершенствования как технических решений, так и нормативного регулирования [9].

В 2026 году вступают в силу изменения в законодательстве, включающие увеличение штрафов за нарушение правил перевозки детей (до 5000 рублей), ужесточение ответственности родителей за допуск детей к управлению транспортными средствами, а также появление более 60 новых дорожных знаков.

В сфере экзаменационной деятельности акценты смещены на практическую составляющую, чтобы кандидаты показывали навыки в реальной обстановке, при этом упрощается процедура теоретической подготовки за счет онлайн-обучения с обязательной фиксацией.

Цифровая трансформация контрольно-надзорной деятельности Госавтоинспекции в Воронежской области демонстрирует системный подход, охватывающий техническое переоснащение (развитие сетей фотовидеофиксации и ИТС), телекоммуникационную инфраструктуру (создание защищенных каналов передачи данных), межведомственное взаимодействие (интеграция баз данных) и развитие цифровых сервисов для граждан.

Общий объем бюджетных средств, направляемых на развитие и обслуживание цифровых систем в 2025–2026 годах, превышает 700 млн рублей, что свидетельствует о приоритетности данного направления региональной политики [10].

Предварительные результаты свидетельствуют о позитивном влиянии цифровизации на снижение тяжести последствий ДТП, однако требуют решения проблемы детского травматизма и адаптации инфраструктуры к новым видам транспортных средств. Дальнейшее развитие цифровых технологий, включая внедрение искусственного интеллекта и создание цифровой модели транспортной системы, позволит повысить эффективность контрольно-надзорной деятельности и качество управления безопасностью дорожного движения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Госавтоинспекция Воронежской области. Новые возможности. – Текст : электронный // Telegram-канал Госавтоинспекции Воронежской области. – 2025. – 28 марта. – URL: https://t.me/gibdd36_vrn (дата обращения: 15.03.2026).

2 Иванова, О. И. 189 млн рублей готовы потратить воронежские власти на фиксацию нарушений ПДД / О. И. Иванова. – Текст : электронный // Московский комсомолец в Воронеже : сетевое издание. – 2025. – 27 ноября. – URL: <https://vrn.mk.ru/social/2025/11/27/189-mln-rubley-gotovy-potratit-voronezhskie-vlasti-na-fiksaciyu-narusheniy-pdd.html> (дата обращения: 15.03.2026).

3 В Воронеже развивается интеллектуальная транспортная система. – Текст : электронный // Цифровая эра транспорта : сетевое издание. – 2025. – 2 декабря. – URL: <https://www.digitalagetransport.ru/media/news/v-voronezhe-razvivaetsya-intellektualnaya-transportnaya-sistema/> (дата обращения: 15.03.2026).

4 Юшкова, О. П. 73 участка дорог в области признали аварийно-опасными в Воронежской области / О. П. Юшкова. – Текст : электронный // Комсомольская правда в Воронеже : сетевое издание. – 2026. – 21 января. – URL: <https://www.vrn.kp.ru/online/news/6777039/> (дата обращения: 15.03.2026).

5 В Лискинском районе руководители Госавтоинспекции и налоговой инспекции провели рабочую встречу с гражданами. – Текст : электронный // Форум Bvf.ru. – 2025. – 20 марта. – URL: <https://bvf.ru/forum/showthread.php?p=25282036> (дата обращения: 15.03.2026).

6 Гасанова, К. Э. Воронежские власти выделяют на фиксацию нарушений ПДД 189 млн рублей / К. Э. Гасанова. – Текст : электронный // Коммерсантъ. – 2025. – 26 ноября. – URL: <https://www.kommersant.ru/doc/8231165> (дата обращения: 15.03.2026).

7 Данилов, Д. А. Воронеж вложит еще 420 млн в развитие интеллектуальной транспортной системы / Д. А. Данилов. – Текст : электронный // Коммерсантъ. – 2026. – 6 марта. – URL: <https://www.kommersant.ru/doc/8494368> (дата обращения: 15.03.2026).

8 Гребенкина, А. С. Увеличение штрафов, уголовная ответственность и просвещение: как в Воронеже будут повышать дорожную безопасность / А. С. Гребенкина. – Текст : электронный // Комсомольская правда в Воронеже : сетевое издание. – 2026. – 8 февраля. – URL: <https://www.vrn.kp.ru/daily/27759/5207297/> (дата обращения: 15.03.2026).

9 Ларионова, У. В. Воронежские власти ищут подрядчика для передачи данных о нарушениях ПДД за 51 млн / У. В. Ларионова. – Текст : электронный // Коммерсантъ. – 2025. – 4 сентября. – URL: <https://www.kommersant.ru/doc/8009605> (дата обращения: 15.03.2026).

10 Морозов, Е. А. Новые камеры фиксации нарушений ПДД появятся в Воронеже: список мест / Е. А. Морозов. – Текст : электронный // TV Губерния : сетевое издание. – 2025. – 1 мая. – URL: <https://tv-gubernia.ru/novosti/obwestvo/novye-kamery-fiksaczii-narushenij-pdd-poyavyatsya-v-voronezhe-sписок-mest/> (дата обращения: 15.03.2026).

REFERENCES

1 Gosavtoinspekciya Voronezhskoj oblasti. Novye vozmozhnosti [State Traffic Safety Inspectorate of the Voronezh Region. New Opportunities]. Telegram-kanal Gosavtoinspekcii Voronezhskoj oblasti, 2025, 28 March. (In Russian). URL: https://t.me/gibdd36_vrn (accessed: 15.03.2026).

2 Ivanova, O. I. 189 mln rublej gotovy potratit' voronezhskie vlasti na fiksaciyu narushenij PDD [Voronezh Authorities Are Ready to Spend 189 Million Rubles on Recording Traffic Violations]. Moskovskij komsomolec v Voronezhe, 2025, 27 November. (In Russian). URL: <https://vrn.mk.ru/social/2025/11/27/189-mln-rublej-gotovy-potratit-voronezhskie-vlasti-na-fiksaciyu-narushenij-pdd.html> (accessed: 15.03.2026).

3 V Voronezhe razvivaetsya intellektual'naya transportnaya sistema [Intelligent Transport System Is Developing in Voronezh]. Cifrovaya era transporta, 2025, 2 December. (In Russian). URL: <https://www.digitalagetransport.ru/media/news/v-voronezhe-razvivaetsya-intellektualnaya-transportnaya-sistema/> (accessed: 15.03.2026).

4 Yushkova, O. P. 73 uchastka dorog v oblasti priznali avarijno-opasnymi v Voronezhskoj oblasti [73 Road Sections Were Recognized as Accident-Prone in the Voronezh Region]. Komsomol'skaya pravda v Voronezhe, 2026, 21 January. (In Russian). URL: <https://www.vrn.kp.ru/online/news/6777039/> (accessed: 15.03.2026).

5 V Liskinskom rajone rukovoditeli Gosavtoinspekcii i nalogovoj inspekcii proveli rabochuyu vstrechu s grazhdanami [In the Liskinsky District, Heads of the State Traffic Safety Inspectorate and the Tax Inspectorate Held a Working Meeting with Citizens]. Forum Bvf.ru, 2025, 20 March. (In Russian). URL: <https://bvf.ru/forum/showthread.php?p=25282036> (accessed: 15.03.2026).

6 Gasanova, K. E. Voronezhskie vlasti vydelyayut na fiksaciyu narushenij PDD 189 mln rublej [Voronezh Authorities Allocate 189 Million Rubles for Recording Traffic Violations]. Kommersant", 2025, 26 November. (In Russian). URL: <https://www.kommersant.ru/doc/8231165> (accessed: 15.03.2026).

7 Danilov, D. A. Voronezh vlozhit eshche 420 mln v razvitie intellektual'noj transportnoj sistemy [Voronezh Will Invest Another 420 Million in the Development of an Intelligent Transport System]. Kommersant", 2026, 6 March. (In Russian). URL: <https://www.kommersant.ru/doc/8494368> (accessed: 15.03.2026).

8 Grebenkina, A. S. Uvelichenie shtrafov, ugovovnaya otvetstvennost' i prosveshchenie: kak v Voronezhe budut povyshat' dorozhnuyu bezopasnost' [Increase in Fines, Criminal Liability and Education: How Road Safety Will Be Improved in Voronezh]. Komsomol'skaya pravda v Voronezhe, 2026, 8 February. (In Russian). URL: <https://www.vrn.kp.ru/daily/27759/5207297/> (accessed: 15.03.2026).

9 Larionova, U. V. Voronezhskie vlasti ishchut podryadchika dlya peredachi dannyh o narusheniyah PDD za 51 mln [Voronezh Authorities Are Looking for a Contractor to Transmit Data on Traffic Violations for 51 Million]. Kommersant", 2025, 4 September. (In Russian). URL: <https://www.kommersant.ru/doc/8009605> (accessed: 15.03.2026).

10 Morozov, E. A. Novye kamery fiksacii narushenij PDD poyavyatsya v Voronezhe: spisok mest [New Cameras for Recording Traffic Violations Will Appear in Voronezh: List of Locations]. TV Guberniya, 2025, 1 May. (In Russian). URL: <https://tv-gubernia.ru/novosti/obwestvo/novye-kamery-fiksaczii-narushenij-pdd-poyavyatsya-v-voronezhe-spisok-mest/> (accessed: 15.03.2026).

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ТО И Р ДЛЯ СОКРАЩЕНИЯ ПРОСТОЯ АВТОПАРКА

А.А. Пестов¹, Н.А. Загородний¹, Е.А. Цой¹, Л.В. Орлов, Е.А. Федотов¹

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», г. Белгород, Россия

Автор, ответственный за переписку: Александр Андреевич Пестов, a.pestov.a@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрена роль цифровых систем технического обслуживания и ремонта автомобилей для сокращения простоя автопарка. Объектом внимания является разрабатываемая концепция информационной системы ТОиР. Показано, что при достаточном наполнении данными, поступающими от транспортных средств, склада и ремонтного цеха, такие системы помогают выявлять транспортные средства, требующие ремонта, планировать работы и уменьшать внеплановый простой.

Ключевые слова: цифровизация ТО и Р, автобусный парк, простой техники, техническая готовность, управление ремонтом, информационная система, предиктивная аналитика.

DIGITALIZATION OF MAINTENANCE AND REPAIR FOR REDUCING VEHICLE FLEET DOWNTIME

A.A. Pestov¹, N.A. Zagorodni¹, E.A. Tsoy¹, L.V. Orlov¹, E.A. Fedotov¹

¹Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov», Belgorod, Russia
Corresponding author: Alexander Andreevich Pestov, a.pestov.a@yandex.ru

Abstract. The paper discusses the role of digital maintenance systems in reducing vehicle fleet downtime. The focus is on a maintenance information system concept currently under development. It is shown that when sufficiently fed with data from vehicles, spare-parts warehouses and repair shops, such systems help identify buses requiring repair, schedule maintenance actions and reduce unscheduled downtime.

Keywords: maintenance digitalization, bus fleet, downtime, technical availability, repair management, information system, predictive analytics.

Для транспортных предприятий простой подвижного состава означает прямые потери: срыв рейсов, рост эксплуатационных затрат, снижение коэффициента выпуска и ухудшение качества обслуживания пассажиров. Для автобусных парков эта проблема особенно ощутима, поскольку отказ даже одной единицы техники отражается на стабильности расписания и загрузке резервного подвижного состава [1, 2].

Нормативная база рассматривает техническое обслуживание и ремонт как систему мероприятий по поддержанию и восстановлению работоспособности техники [3]. Вместе с тем, как отмечает Н.А. Журавлева, цифровизация транспорта связана не только с автоматизацией отдельных операций, но и с переходом к новым управленческим моделям и сервисам [4]. В работе Е.В. Пухова и Я.В. Комарова показано, что информационная система ТОиР должна объединять данные о технике, ремонтах и ресурсах в едином управленческом контуре [5].

В.М. Помогаев и Г.В. Редреев подчеркивают, что информационно-технологическая подсистема формирует «цифровую основу ТОиР» [6]. Более широкий контекст цифровизации транспортной отрасли раскрыт у А.Н. Ларина и И.В. Лариной, рассматривающих цифровую среду как условие повышения эффективности эксплуатации транспортных систем [7]. Цель данной статьи состоит в обосновании роли цифровых систем ТОиР в сокращении простоя автопарка и в описании концептуальной структуры системы, разработка которой в настоящее время ведется авторами.

1 Роль цифровых систем ТОиР в управлении автобусным парком.

В традиционной реактивной модели ремонт начинается после отказа или после поступления жалобы. В результате время теряется на поиск истории по конкретному автобусу, согласование исполнителей, проверку наличия запасных частей и организацию окна ремонта. Цифровая система ТОиР меняет последовательность действий: данные о пробеге, отказах, регламентных сроках, замечаниях водителей и ранее выполненных работах накапливаются непрерывно и используются для принятия решений заранее.

Если система получает данные не только от транспортных средств, но и от склада, ремонтного цеха, диспетчерской и производственных журналов, она позволяет своевременно определить, какие автобусы нуждаются в диагностике, профилактическом обслуживании либо ремонте. Это дает возможность переносить часть работ в плановое окно, уменьшать количество внезапных поломок и тем самым снижать долю простоя.

На рисунке 1 показана логика использования цифровой системы ТО и Р для сокращения простоя автобусного парка.

Логика использования цифровой системы ТОиР для сокращения простоя автобусов



Рисунок 1 – Логика использования цифровой системы ТОиР для сокращения простоя автобусов

Figure 1 – Logic of using a digital maintenance system to reduce bus downtime

2 Концептуальная структура разрабатываемой системы.

Следует подчеркнуть, что в данной работе речь идет не о полностью завершенном и внедренном программном продукте, а о разрабатываемой системе. Авторы исходят из того, что подобные решения уже существуют на рынке и доказали значимость в рамках цифровизации ТОиР, а разрабатываемая структура ориентирована на учет этих подходов и на адаптацию к задачам транспортного предприятия.

Концептуально система включает несколько взаимосвязанных модулей: учет автобусов и их узлов; накопление данных о пробеге и событиях эксплуатации; контроль регламентов ТО; электронные заявки; информацию о наличии запасных частей; учет загрузки ремонтных постов; аналитические панели. При достаточном насыщении этих модулей данными система становится инструментом не только регистрации фактов, но

и раннего выявления автобусов, требующих вмешательства. В таблице 1 приведены основные модули цифровой системы ТОиР и ожидаемый эффект от их использования.

Таблица 1 – Функциональные модули цифровой системы ТОиР и их влияние на простой
Table 1 – Functional modules of the digital maintenance system and their effect on downtime

Модуль	Основная функция	Ожидаемый эффект
Учет автобусов и узлов	Паспорт ТС, пробег, история работ, замечания по эксплуатации	Сокращение времени поиска информации и повышение обоснованности решений
Интеграция данных склада и ремонтной зоны	Остатки, резервирование деталей, загрузка постов и исполнителей	Снижение ожидания ремонта из-за отсутствия ресурсов
Контроль регламентов и диагностики транспорта	Отслеживание сроков ТО, отклонений, признаков возможного отказа	Раннее выявление автобусов, требующих обслуживания или ремонта
Электронные заявки и планирование ресурсов	Формирование задания, приоритета, срока и исполнителя	Сокращение потерь времени на согласование и контроль исполнения
Аналитика простоев	Дашборды по причинам простоев, повторяемости отказов и длительности ремонтов	Корректировка регламентов и повышение технической готовности парка

3 Механизм сокращения простоя.

Снижение простоя достигается за счет нескольких взаимосвязанных механизмов. Во-первых, цифровой контур делает прозрачным состояние каждого автобуса: видно, когда машина проходила обслуживание, какие неисправности повторяются, какие узлы приближаются к предельной наработке. Во-вторых, появляется возможность заранее сформировать список техники, требующей диагностирования либо ремонта, и связать этот список с реальными ресурсами склада и ремонтной зоны.

Интересен и опыт применения технологий цифрового представления объектов ремонта. А. П. Семенов, И. К. Лакин и И. Ю. Хромов показали, что подходы, близкие к концепции цифрового двойника, повышают обоснованность управления ремонтами [8]. С.П. Орлов и С.В. Сусарев отмечают, что системы поддержки принятия решений позволяют планировать техническое обслуживание на основе моделей состояния и производственных операций [7]. В свою очередь, А. А. Арзамасцев и Е. К. Савич демонстрируют перспективность предиктивной диагностики узлов автомобильного транспорта [9].

Применительно к автобусному парку это означает следующее: если информационная система получает достаточный массив достоверных данных, она может указывать не только на факт неисправности, но и на наиболее вероятные объекты риска. В результате диспетчер или инженер получает перечень автобусов, которым необходимо уделить внимание в первую очередь, а предприятие сокращает внеплановый простой и повышает коэффициент технической готовности [10].

4 Условия практического эффекта.

Само по себе наличие программы не гарантирует результата. Эффект достигается только тогда, когда система наполнена достоверными данными и встроена в ежедневную работу предприятия. Необходимы корректные справочники техники и узлов, история ремонтов, сведения о пробеге, дисциплина регистрации замечаний, данные склада и информация о ходе выполнения работ в ремонтном цехе.

Следовательно, разрабатываемое программное обеспечение следует рассматривать как инструмент цифровизации, а не как самоцель. При должном наполнении и насыщении данными, собираемыми с транспорта, складов и ремонтного подразделения, такая система действительно уменьшает процент простоя автобусов, помогает определить, какие единицы парка требуют ремонта, и поддерживает принятие управленческих решений по приоритетам обслуживания.

Заключение

Цифровые системы ТО и Р играют важную роль в управлении современным автопарком, поскольку переводят обслуживание из реактивного режима в планово-аналитический. В статье показано, что подобные системы не ограничиваются регистрацией ремонтов: при достаточном объеме данных они позволяют выявлять автобусы, нуждающиеся в обслуживании, координировать ресурсы и снижать внеплановый простой.

Практическая значимость исследования состоит в том, что оно описывает концепцию разрабатываемой системы и условия ее результативности. Дальнейшая работа связана с поэтапной разработкой программного обеспечения, наполнением его эксплуатационными данными и последующей апробацией на реальном транспортном предприятии

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Петрук, М. В. Развитие городского общественного транспорта / М. В. Петрук, В. В. Гармашов, М. Артыков // Сборник докладов Международной научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова: Сборник докладов конференции, Белгород, 29–30 мая 2025 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2025. – С. 190-195.
- 2 Семькина, А.С. Использование цифровых и информационных технологий для повышения эффективности деятельности автосервисных предприятий / А.С. Семькина, Н.А. Загородний, А.А. Конев, Н.А. Щетинин // Мир транспорта и технологических машин. 2023. № 1-2 (80). С. 89-97.
- 3 ГОСТ 18322–2016. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения. – Москва: Стандартинформ, 2017. – 12 с.
- 4 Журавлева, Н. А. Проблемы внедрения цифровых технологий на транспорте / Н. А. Журавлева // Транспорт Российской Федерации. – 2019. – № 3(82). – С. 19–22. – EDN JKHHBW.
- 5 Пухов, Е. В. Разработка информационной системы управления техническим обслуживанием и ремонтом транспортных и технологических машин / Е. В. Пухов, Я. В. Комаров // Вестник Московского государственного агроинженерного университета имени В. П. Горячкина. – 2016. – № 5(75). – С. 35–39.
- 6 Помогаев, В. М. Информационное обеспечение в системе технического обслуживания и ремонта мобильных машин в сельском хозяйстве / В. М. Помогаев, Г. В. Редреев // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2022. – № 2(46). – С. 145–152. – DOI 10.48136/2222-0364_2022_2_145.
- 7 Ларин, А. Н. Цифровизация автотранспортной и железнодорожной отраслей как ключевой элемент цифровой экономики / А. Н. Ларин, И. В. Ларина // Известия Транссиба. – 2021. – № 4(48). – С. 109–129.
- 8 Семенов, А. П. Использование технологии «цифровой двойник» при управлении ремонтом локомотивов / А. П. Семенов, И. К. Лакин, И. Ю. Хромов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2019. – Т. 63, № 3. – С. 89–98. – DOI 10.26731/1813-9108.2019.3(63).89-98.
- 9 Орлов, С. П. Система поддержки принятия решений при управлении техническим обслуживанием автономных транспортных средств / С. П. Орлов, С. В. Сусарев // Онтология проектирования. – 2023. – Т. 13, № 3. – С. 424–436.

10 Арзамасцев, А. А. Методика предиктивной диагностики технического состояния узлов и агрегатов грузового автомобильного транспорта / А. А. Арзамасцев, Е. К. Савич // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. – 2025. – № 6(87). – С. 614–619.

REFERENCES

1 Petruk, M. N. V. N. Development of urban public transport / M. N. V. N. Petruk, V. N. V. N. Garmashov, M. N. Artykov / / Collection of reports of the International Scientific and Technical Conference of Young Scientists of BSTU named after V.N.G. Shukhov: Collection of conference reports, Belgorod, May 29-30, 2025 - Belgorod: Belgorod State Technological University named after V. N.G. Shukhov, 2025. – pp. 190-195.

2 Semykina, A. N.S. The use of digital and information technologies to improve the efficiency of car service enterprises / A. N.S. Semykina, N.A. N. Zagorodny, A. N.A.N. Konev, N.A.N. Shchetinin // The world of transport and technological machines. 2023. № 1-2 (80). pp. 89-97.

3 GOST 18322-2016. Technical maintenance and repair system of equipment Terms and definitions - Moscow: Standartinform, 2017. -12 p.

4 Zhuravleva, N. A. N. Problems of introducing digital technologies in transport / N. A. N. Zhuravleva // Transport of the Russian Federation. – 2019. – № 3(82). – Pp. 19-22. – EDN JKHHBW.

5 Pukhov, E. V. N. Development of an information management system for maintenance and repair of transport and technological machines / E. V. N. Pukhov, Ya. N. V. N. Komarov // Bulletin of the Moscow State Agroengineering University named after V. In accordance with P. Goryachkin. – 2016. – № 5(75). – Pp. 35-39.

6 Pomogaev, V. M. Information support in the system of maintenance and repair of mobile machines in agriculture / V. M. Pomogaev, G. V. N. Redreev // Bulletin of Omsk State Agrarian University. – 2022. – № 2(46). – Pp. 145-152. – DOI 10.48136/2222-0364_2022_2_145.

7 Larin, A. N. N. Digitalization of the motor transport and railway industries as a key element of the digital economy / A. N. N. Larin, Named after V. N. Larin // Izvestiya Transsib. – 2021. – № 4(48). – Pp. 109-129.

8 Semenov, A. N. In accordance with P. The use of digital twin technology in managing locomotive repairs / A. N. In accordance with P. Semenov, I. N. K. Lakin, I. N. Yu. Khromov // Modern technologies. System analysis. Modeling. – 2019. – Vol. 63, No. 3. – pp. 89-98. – DOI 10.26731/1813-9108.2019.3(63) .89-98.

9 Orlov, S. N. In accordance with P. Decision support system for managing maintenance of autonomous vehicles / S. In accordance with P. Orlov, S. N. V. N. Susarev // The ontology of design. – 2023. – Vol. 13, No. 3. – pp. 424-436.

10 Arzamashev, A. N. A. N. Method of predictive diagnostics of the technical condition of components and assemblies of truck vehicles / A. N. A. N. Arzamashev, E. N. K. Savich // Information and economic aspects of standardization and technical regulation. – 2025. – № 6(87). – Pp. 614-619.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНФЛИКТНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ НА ЛЕВОМ ПОВОРОТЕ С ПЕШЕХОДАМИ НА ОСНОВЕ КЛЕТОЧНЫХ АВТОМАТОВ

Н.Н. Паринов¹, Д.В.Лихачев¹, А.Ю.Артемов¹, Е.В.Чирков², В.Е. Гришин¹

¹ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия

² Ассоциация «Совет муниципальных образований Воронежской области»

Автор, ответственный за переписку: Дмитрий Валерьевич Лихачев, lihachev_dv@mail.ru

Аннотация. Предложена модель клеточных автоматов для анализа конфликтов левоповоротных автомобилей с пешеходами, включая нарушения ПДД. Модель учитывает поведенческие параметры участников и позволяет оценивать влияние нарушений на задержки и безопасность. Результаты применимы для оптимизации режимов светофорного регулирования и инфраструктуры перекрёстков.

Ключевые слова: левый поворот, пешеходы, конфликтные взаимодействия, клеточные автоматы, регулируемый перекрёсток, моделирование трафика, безопасность дорожного движения.

MODELING OF CONFLICT INTERACTIONS DURING LEFT TURN WITH PEDESTRIANS BASED ON CELLULAR AUTOMATA

N.N. Parinov¹, D.V. Likhachev¹, A.Yu. Artemov¹, E.V. Chirkov², V.E. Grishin¹

¹ Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

² Association «Council of Municipal Entities of the Voronezh Region»

Corresponding author: Dmitry V. Likhachev, lihachev_dv@mail.ru

Abstract. A cellular automata model is proposed for analyzing conflicts between left-turning vehicles and pedestrians, including traffic rule violations. The model accounts for behavioral parameters of road users and enables assessing the impact of violations on delays and safety. The results can be applied to optimize traffic signal timings and intersection infrastructure.

Keywords: left turn, pedestrians, conflict interactions, cellular automata, signalized intersection, traffic simulation, road safety.

В последние годы транспортная инфраструктура крупных городов, особенно в развивающихся странах, сталкивается с новым вызовом: устойчивый рост смешанного трафика, когда на одних и тех же участках улично-дорожной сети взаимодействуют автомобили, общественный транспорт, пешеходы и иногда велосипедисты. Такие условия характерны для быстроразвивающихся мегаполисов, где плотность транспортных потоков высока, а культура соблюдения правил дорожного движения не всегда на должном уровне [1, 2]. Особое внимание специалистов привлекают регулируемые перекрёстки, на которых выполнение левоповоротных манёвров сопряжено с заметным ростом аварийности и задержек.

Модели на основе клеточных автоматов (СА-модели) часто применяются для моделирования транспортных потоков, включая конфликтные ситуации между водителями и пешеходами, особенно на перекрестках. Клеточные автоматы строятся на том, что пространство разбивается на отдельные ячейки, каждая из которых может принимать одно из нескольких возможных состояний.

Для моделирования транспортных потоков, ячейки обычно представляют собой участки дороги, которые могут быть заняты транспортным средством или пешеходом, либо оставаться свободными. Для СА моделей характерны основные характеристики [3, 4]:

- пространственная дискретизация – дорога и пешеходные переходы разбиваются на ячейки, каждая из которых имеет определенный размер, обычно соответствующий длине автомобиля или некоторому минимальному шагу пешехода;
- временная дискретизация – моделирование происходит пошагово, с дискретным временным шагом, в течение которого участники движения могут изменять свои позиции или состояния;
- правила перехода – для каждой ячейки задаются правила, описывающие, как автомобили и пешеходы перемещаются из одной ячейки в другую в зависимости от их скорости, направления движения и окружающих условий.

СА-модели являются адекватным инструментом благодаря своей способности дискретно представлять пространство и время, что позволяет эффективно моделировать стохастическое поведение пешеходов и детальные траектории транспортных средств в зонах конфликтов

Особенности левоповоротных траекторий на перекрестках обуславливают возникновение сразу нескольких типов конфликтных точек. Автомобили, поворачивающие налево, пересекают не только встречный транспортный поток, но и траектории пешеходов, которые движутся по зебре или пытаются пересечь проезжую часть на запрещающий сигнал. В современных городах подобные сценарии возникают постоянно, а анализ данных видеонаблюдения и полевых наблюдений подтверждает: нарушение пешеходами режима сигнализации — один из ключевых факторов снижения пропускной способности узлов и повышения риска аварий [5].

Конфликт между водителями, совершающими левый поворот, и пешеходами, которые могут пересекать дорогу как на разрешающий сигнал, так и в нарушение правил. На перекрестках с левыми поворотами часто возникает ситуация, при которой автомобили сталкиваются с пешеходами, пересекающими дорогу. Эти ситуации могут быть опасны, особенно если пешеходы нарушают правила дорожного движения. Такую ситуацию можно разделить по двум характерным признакам. Когда пешеход «законно» пересекает по правилам дорожного движения (ПДД) пересекает дорогу - на зеленый сигнал светофора, при этом водители должны уступить им дорогу., и соответственно «незаконное» пересечение дороги на запрещающий сигнал или вне зоны пешеходного перехода. Как в первом, так и во втором случае пересечение дороги пешеходами вызывает рост времени задержки для автомобилей, но вдобавок во втором случае данный маневр, может спровоцировать аварийную ситуацию.

Характеристики движения пешеходов имеют определенные особенности: отдельный пешеход занимает минимальное пространство, может быстро набирать скорость с места, резко менять направление и часто склонен переходить дорогу в неположенных местах. При подходе к перекресткам пешеходы часто собираются в группы, обычно концентрируясь возле левой и правой кромки (по отношению к пути поворачивающих налево автомобилей) и на пешеходных переходах. Эти места становятся ключевыми узлами смешанного транспортного потока в дорожной сети. Поведение пешеходов на перекрестках можно проанализировать в основном через такие параметры, как скорость перехода, требуемое расстояние, время ожидания и длина шага. Уточним два параметра допустимое время ожидания и скорость пересечения дороги.

Допустимое время ожидания — это максимальное время, которое пешеходы готовы провести в ожидании возможности перейти сигнализируемый перекресток. Оно в основном зависит от плотности движения, скорости транспортного потока, ширины

дороги, времени, необходимого для перехода, и других факторов. В России нет жестко установленного минимума ожидания для пешеходов на регулируемых переходах, но в рамках стандартов разрабатываются рекомендации.

Скорость пешехода при переходе улицы зависит от сигнала светофора и присутствия других пешеходов, идущих навстречу. В случае перехода в неположенном месте к этому добавляется влияние транспортного потока — скорости и количества автомобилей. В нашей стране средняя скорость пешеходов составляет 1,1–1,2 метра в секунду. Этот показатель варьируется в зависимости от возраста, здоровья пешеходов и дорожных условий. Более пожилые пешеходы и дети, как правило, двигаются медленнее, тогда как у молодых людей скорость может превышать среднюю. Этот параметр используется при проектировании дорожных переходов и оценки безопасности на пешеходных зонах [2, 6].

Конфликты между транспортными средствами и другими участниками дорожного движения на регулируемых перекрестках могут проявляться как пересекающиеся, сливающиеся и расходящиеся типы, из которых пересекающиеся несут более высокий риск аварийности. Такие конфликты можно разделить на три основных типа: 1- между левоповоротными и прямолинейными транспортными средствами, 2 - между левоповоротными транспортными средствами и пешеходами, идущими прямо, и 3 - между правоповоротными транспортными средствами и прямолинейно движущимися пешеходами. Из них конфликты между левоповоротными транспортными средствами и пешеходами, особенно при незаконном пересечении, представляют собой наибольшую сложность и опасность.

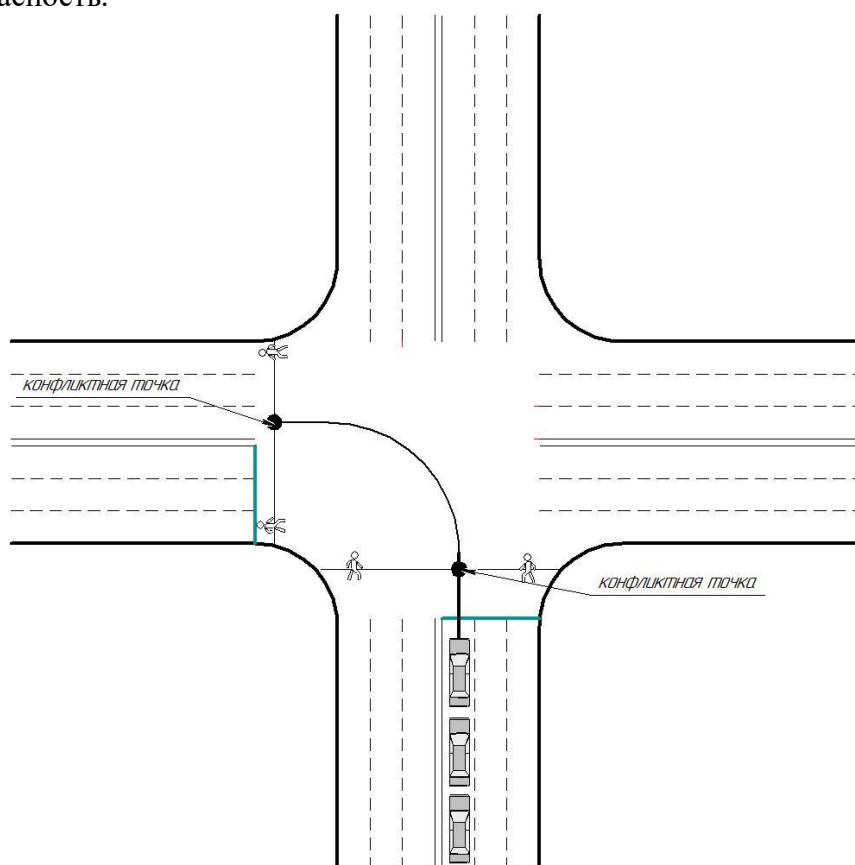


Рисунок 1 –Схема конфликтных точек поворачивающего налево автомобиля, с пешеходами

Figure 1 – Diagram of conflict points between a left-turning vehicle and pedestrians

Конфликты между левоповоротными транспортными средствами и пешеходами часто возникают при включении отдельного сигнала для поворота налево на перекрестке. Когда сигнал для поворота налево становится зеленым, транспортные средства начинают движение, но могут встретить незаконно пересекающих пешеходов, движущихся перпендикулярно. Основные зоны потенциального конфликта и точки взаимодействия в таких ситуациях показаны на рисунке 1. Можно выделить четыре основных режима поведения для транспортных средств, совершающих левый поворот в зоне конфликта с пешеходами (см. рисунок 1): «пересечение на постоянной скорости», «пересечение с замедлением», «медленное пересечение» и «торможение до полной остановки»[7].

В странах с растущим уровнем автомобилизации конфликт транспортного средства (ТС) поворачивающего налево и пешехода совершающего или планирующего совершить маневр - перехода проезжей части является одним из часто встречающимся. Данный конфликт становится острой проблемой для крупных городов, так как вызывает транспортные задержки и провоцирует дорожно-транспортные аварии. Одной из ключевых сфер применения СА-моделей является исследование сложных перекрестков в развивающихся странах, где смешанное движение является обычным явлением. Эти страны сталкиваются с высокой плотностью трафика, множественными нарушениями правил пешеходами и нехваткой инфраструктуры для их регулирования. Использование СА-моделей позволяет находить эффективные решения для управления этими конфликтами, повышая безопасность и пропускную способность перекрестков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения / В. В. Сильянов, А. Н. Новиков, С. В. Еремин, А. Г. Шевцова. – 2-е издание, переработанное и дополненное. – Москва - Орёл - Белгород : Белгородский Государственный Технологический Университет им. В. Г. Шухова, 2024. – 331 с.
2. Основы организации дорожного движения : учебное пособие для студентов направления подготовки 23.03.01 – Технология транспортных процессов / А. Н. Новиков, Л. Е. Кущенко, С. В. Кущенко, А. С. Камбур. – Белгород, Орел : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2023. – 170 с.
3. Долгушин, Д. Ю. Применение клеточных автоматов к моделированию автотранспортных потоков : монография / Д. Ю. Долгушин ; М-во образования и науки РФ, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования "Сибирская гос. автомобильно-дорожная акад." (СибАДИ). – Омск : Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)", 2012. – 111 с. – ISBN 978-5-93204-625-8. – EDN QNYGBJ.
4. Долгушин, Д. Ю. Многофакторное моделирование автотранспортных потоков на основе клеточных автоматов : специальность 05.13.18 "Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Долгушин Дмитрий Юрьевич. – Омск, 2011. – 214 с. – EDN QFDJFV.
5. Анализ процесса ввода специализированной левоповоротной фазы регулирования / С. В. Дорохин, Д. В. Лихачев, С. А. Богданов, А. В. Сорокин // Воронежский научно-технический Вестник. – 2020. – Т. 4, № 4(34). – С. 51-63. – DOI 10.34220/2311-8873-2021-4-4-51-63. – EDN PKBOZB.
6. Новиков, А. Н. Современная оценка проблемы безопасности дорожного движения / А. Н. Новиков, И. А. Новиков, А. Г. Шевцова. – Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2021. – 108 с.
7. B. J. Schroeder, A behavior-based methodology for evaluating pedestrian-vehicle interaction at crosswalks [Ph.D. dissertation], North Carolina State University, 2008.

REFERENCES

1. Silyanov, V. V., Novikov, A. N., Eremin, S. V., & Shevtsova, A. G. (2024). Traffic Flow Theory in Road Design and Traffic Management (2nd ed., revised and expanded). Moscow – Orel – Belgorod: Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov. 331 p.
2. Novikov, A. N., Kushchenko, L. E., Kushchenko, S. V., & Kambur, A. S. (2023). Fundamentals of Traffic Management : A Textbook for Students of the Training Program 23.03.01 – Technology of Transport Processes. Belgorod, Orel: Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov. 170 p.
3. Dolgushin, D. Yu. (2012). Application of Cellular Automata to Traffic Flow Modeling: A Monograph. Omsk: Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI). 111 p. ISBN 978-5-93204-625-8. EDN QNYGBJ.
4. Dolgushin, D. Yu. (2011). Multifactor Modeling of Traffic Flows Based on Cellular Automata: Specialty 05.13.18 "Mathematical Modeling, Numerical Methods, and Software Packages" [Candidate of Technical Sciences Dissertation]. Omsk. 214 p. EDN QFDJFV.
5. Dorokhin, S. V., Likhachev, D. V., Bogdanov, S. A., & Sorokin, A. V. (2020). Analysis of the Implementation of a Dedicated Left-Turn Signal Phase. Voronezh Scientific and Technical Bulletin, 4(34), 51–63. DOI: 10.34220/2311-8873-2021-4-4-51-63. EDN PKBOZB.
6. Novikov, A. N., Novikov, I. A., & Shevtsova, A. G. (2021). Modern Assessment of Road Safety Issues. Belgorod: Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov. 108 p.
7. Schroeder, B. J. (2008). A Behavior-Based Methodology for Evaluating Pedestrian-Vehicle Interaction at Crosswalks [Ph.D. dissertation]. North Carolina State University.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ЭКСПОРТЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

Н.А. Азарова¹, Д.А. Борсяков¹, Э.А. Черников¹, Г.Д. Жайворонок¹, Г.В. Середин¹

¹ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия,
г. Воронеж, Россия, azarovasd@rambler.ru

Аннотация: в статье рассмотрены направления совершенствования транспортно-логистических процессов при экспорте сельскохозяйственной продукции в условиях высокой маршрутной волатильности, жёстких фитосанитарных требований и выраженной чувствительности аграрных грузов ко времени доставки.

Ключевые слова: экспорт сельскохозяйственной продукции; транспортная логистика; внешнеторговая инфраструктура; холодовая цепь; фитосанитарная сертификация; цифровизация торговли; портовые задержки; логистические издержки; международные перевозки.

IMPROVING TRANSPORT AND LOGISTICS PROCESSES FOR EXPORTING AGRICULTURAL PRODUCTS

N.A. Azarova¹, D.A. Borsyakov¹, E.A. Chernikov¹, G.D. Zhayvoronok¹, G.V. Seredin¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh,
Russia, azarovasd@rambler.ru

Abstract: the article examines ways to improve transport and logistics processes in agricultural exports under conditions of route volatility, strict phytosanitary requirements, and high time sensitivity of agri-food cargo. It demonstrates that export efficiency depends not only on freight rates but also on the total logistics cycle time, cold-chain integrity, border-processing speed, and the degree of document digitalization.

Keywords: agricultural exports; transport logistics; trade infrastructure; cold chain; phytosanitary certification; trade digitalization; port delays; logistics costs; international transportation.

Экспорт сельскохозяйственной продукции давно перестал быть сугубо вопросом цены товара. Теперь, скорее, выигрывает тот, кто быстрее и стабильнее доводит груз до покупателя, сохраняя его качество и выдерживая требования импортёра по документам, срокам и температурному режиму. Актуальность этой логики подтверждается макроданными: по оценке Организации экономического сотрудничества и развития и Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН, причем около 20% всех грузов в мире пересекают государственные границы до момента потребления; а свыше 80% мирового торгового объёма перевозится морем. Даже на фоне восстановления мировой торговли в первом полугодии 2024 г. торговля сельскохозяйственными товарами сократилась на 1% в годовом выражении, тогда как стоимость спотовой перевозки 4 0-футового контейнера к концу сентября 2024 г. поднялась примерно до 4500 долл. США, то есть увеличилась вчетверо по сравнению с концом 2023 г. Российский пример также показателен: по данным Минсельхоза России, экспорт продукции агропромышленного

комплекса в 2024 г. достиг 39,1 млрд долл. США в сопоставимых ценах, прибавив 3,7% к уровню предыдущего года [10], [6], [1], [9].

Для аграрного экспорта транспортно-логистическая компонента критична по трём причинам. Во-первых, значительная часть грузов относится к скоропортящимся или чувствительным к нарушению режима хранения. Во-вторых, в цепь поставки встроены обязательные ветеринарные, фитосанитарные и таможенные процедуры. В-третьих, сезонность производства создаёт пики отгрузок, в которых даже небольшая нестыковка транспорта, хранения и оформления быстро превращается в прямые потери. Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН оценила глобальные потери продовольствия на участке от послеуборочной стадии до розничной торговли в 13,8% общего объёма производства. Неудивительно, что исследования, обобщённые П. Липисом, фиксируют жёсткую зависимость аграрного экспорта от времени: 10%-ное сокращение времени экспорта статистически связано с ростом торговли агрегированными и переработанными сельхозтоварами на 9,6%, а 10%-ное увеличение задержек уменьшает объём экспорта чувствительных фруктов и овощей на 3,5% [12], [8].

Первое системное ограничение связано с зависимостью аграрных потоков от морских маршрутов и узких мест мировой транспортной сети. По данным Конференции ООН по торговле и развитию, объём морской торговли в 2023 г. достиг 12,292 млрд т, увеличившись на 2,4% после спада 2022 г. Однако эта положительная динамика сопровождалась удлинением маршрутов. Суэцкий канал по-прежнему проводит около 10% мирового торгового объёма в тоннах и 22% мирового контейнерного трафика. При перенаправлении судна с линии Азия–Европа вокруг мыса Доброй Надежды путь увеличивается примерно с 10 тыс. до 13 тыс. морских миль, а срок следования – с 31 до 41 дня. Для зерна, масличных и другой массовой аграрной номенклатуры это означает не только рост фрахта, но и разрыв ритма поставок, увеличение потребности в оборотном капитале и более высокую вероятность несинхронности с окнами приёма у импортёра [6].

Второе ограничение, и оно часто недооценивается, возникает не в море, а на стыках цепи поставки. Всемирный банк в докладе по индексу эффективности логистики отмечает, что около 60% времени международной торговли действительно приходится на морской участок, но самые крупные задержки формируются там, где контейнер задерживается в порту, аэропорту или мультимодальном узле отправления и назначения. Средние сроки нахождения контейнеров в портах по многим странам укладываются в диапазон 4–8 дней, однако разброс велик: в период наблюдения 2022 г. Индия демонстрировала очень низкое время простоя – 2,6 дня, тогда как Германия – около 10 дней. Более того, в рейтинге 2023 г. лидером оказался Сингапур с оценкой 4,3, за ним – Финляндия с 4,2; среди стран со средним уровнем дохода заметные результаты показали Индия и Вьетнам. Проще говоря, высокая логистическая эффективность – это уже не привилегия исключительно богатых экономик, а результат управленческой и цифровой настройки процессов [3].

Третье узкое место – документарный контур. Для аграрного груза он особенно сложен, поскольку таможенное оформление здесь переплетено с фитосанитарным контролем, подтверждением происхождения, проверкой безопасности и выполнением требований страны-импортёра. Всемирная торговая организация оценивает потенциал полного внедрения Соглашения об упрощении процедур торговли в снижение торговых издержек в среднем на 14,3%. При этом более свежие расчёты Организации экономического сотрудничества и развития показывают, что реформы, проведённые после заключения соглашения, уже сократили торговые издержки почти на 5% в среднем по миру, а дальнейшее улучшение практической стороны пограничных процедур способно дать до 12 дополнительных процентных пунктов снижения. Показательно и

другое: 1%-ное улучшение фактического применения операционных практик – например, предварительной подачи данных, программ уполномоченных операторов или электронного документооборота – связано в среднем с приростом торговли на 1,2% [2], [11].

Наконец, для растениеводческой продукции и продукции её переработки всё больший вес приобретает цифровизация фитосанитарной сертификации. По состоянию на 30 ноября 2024 г. в системе электронных фитосанитарных сертификатов были зарегистрированы 136 стран, из них 92 страны вели активный обмен, а совокупное число успешно переданных электронных сертификатов превысило 7,36 млн. По расчётам Евгении Королёвой, представленным в 2024 г. на профильной площадке Международной конвенции по карантину и защите растений, около 30–35% мирового агропродовольственного экспорта приходится на товары, для которых требуются фитосанитарные сертификаты. Это уже не техническая деталь, а крупный сегмент международной торговли. Следовательно, переход от бумаги к цифровому сертификату – это не «опция на будущее», а вполне измеримый фактор конкурентоспособности [5], [7].

Таблица 1 – Ключевые направления совершенствования транспортно-логистических процессов при экспорте сельскохозяйственной продукции

Table 1 – Key areas for improving transport and logistics processes in the export of agricultural products

Узкое место	Как проявляется на практике	Приоритетное направление совершенствования
Зависимость от морских узких мест	Удлинение маршрутов, рост сроков и фрахта, срыв ритма отгрузок	Диверсификация портов и маршрутов, резервирование альтернативных линий, сценарное планирование
Портовые и пограничные задержки	Простой контейнеров в узлах отправления и назначения, нестабильность сроков поставки	Повышение производительности терминалов, предварительная подача сведений, управление окнами прибытия, сквозная прослеживаемость
Бумажный документооборот и разобщённость контрольных процедур	Повторный ввод данных, длительное согласование, повышенный риск отказа в оформлении	Электронные фитосанитарные сертификаты, «единое окно», интеграция данных экспортёра, перевозчика и контролирующих органов
Разрывы холодовой цепи	Потери качества, списания, дисконт у покупателя, претензии по контракту	Предварительное охлаждение, рефрижераторная перевозка, датчики температуры, холодные склады и перевалка
Отсутствие единой системы управления показателями	Фокус только на тарифе при игнорировании времени, потерь и надёжности	Переход к оценке полной логистической стоимости, времени цикла и уровня сохранности продукции

Наиболее ощутимый эффект даёт не точечное улучшение одного звена, а синхронная перестройка всей экспортной цепи. Во-первых, необходимо переходить от логики «один маршрут – один порт – один перевозчик» к модели управляемой маршрутной диверсификации. Для зерновых и масличных это означает наличие альтернативных портов вывоза, резервных графиков подачи вагонов и автотранспорта, а также заранее просчитанных сценариев обхода узких мест. Во-вторых, на уровне терминалов и сухопутных участков принципиально важны сквозная видимость груза и

предсказуемость операций. Всемирный банк прямо указывает, что страны с короткими задержками вышли за пределы базовой модернизации таможи и внедрили смелые решения по отслеживанию и прослеживаемости поставок [3].

Во-третьих, аграрный экспорт нуждается в системной холодовой инфраструктуре, а не просто в наличии нескольких холодильных камер. Практическое руководство Всемирного банка по устойчивой холодовой цепи показывает, что такая цепь включает послеуборочную обработку, упаковку, промежуточное хранение, рефрижераторную перевозку и распределение с поддержанием заданного температурного режима. По оценкам, в мире эксплуатируется около 5 млн рефрижераторных дорожных транспортных средств и 1,2 млн рефрижераторных контейнеров, то есть речь идёт о гигантской инфраструктуре, без которой современный оборот скоропортящихся товаров уже невозможен. В том же докладе подчёркивается, что глобальные потери и порча продовольствия формируют 8–10% совокупных выбросов парниковых газов, поэтому развитие холодовой цепи работает одновременно и на экспортную выручку, и на экологическую эффективность [4].

В-четвёртых, для экспортёра становится обязательной интеграция цифрового документооборота с операционной логистикой. Здесь важен не сам факт перевода бумаги в электронный вид, а устранение повторного ввода сведений и рассогласования между коммерческими, транспортными и контрольными документами. Если данные о партии, происхождении, упаковке, температурном режиме и маршруте один раз заносятся в систему и далее используются всеми участниками цепи, снижается вероятность ошибок, возвратов документов и простоев на границе. Именно поэтому электронные фитосанитарные сертификаты и механизмы «единого окна» дают максимальный эффект не сами по себе, а в связке с предварительной подачей сведений, автоматизированным отбором по рискам и прозрачными правилами взаимодействия между ведомствами [2], [5], [7], [11].

Таким образом, совершенствование транспортно-логистических процессов при экспорте сельскохозяйственной продукции следует рассматривать как задачу синхронизации маршрута, времени, температуры, документов и контрольных процедур. Современные международные данные показывают, что главный резерв эффективности находится не в изолированном снижении стоимости перевозки, а в сокращении вариативности логистического цикла, устранении задержек в узлах, развитии холодовой инфраструктуры и цифровизации фитосанитарного оформления. Практически это означает переход к модели, в которой порт, перевозчик, экспедитор, экспортёр и контролирующие органы работают в едином информационном контуре, а результат измеряется полной стоимостью, временем цикла и сохранностью продукции. Именно такая логика позволяет аграрному экспорту быть не только масштабным, но и устойчиво конкурентоспособным [2], [3], [4], [5], [6], [11], [12].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Всемирная торговая организация. Глобальные перспективы и статистика торговли: обновление, октябрь 2024 г. Женева, 2024. URL: https://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/stat_10oct24_e.pdf (дата обращения: 23.03.2026).
2. Всемирная торговая организация. Упрощение процедур торговли Женева, 2017. URL: https://www.wto.org/english/tratop_e/tradfa_e/tradfa_e.htm (дата обращения: 23.03.2026).
3. Всемирный банк. Индекс эффективности логистики 2023: торговая логистика в условиях неопределённой мировой экономики Вашингтон, 2023. URL: https://lpi.worldbank.org/sites/default/files/2023-04/LPI_2023_report.pdf (дата обращения: 23.03.2026).

4. Всемирный банк. Практическое руководство по устойчивой холодовой цепи Вашингтон, 2023. URL: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099744311232341555/pdf/IDU08a9de87804f5f041d2082f007d19a71a61fb.pdf> (дата обращения: 23.03.2026).
5. Комиссия по фитосанитарным мерам. Обновление по внедрению системы электронных фитосанитарных сертификатов Международной конвенции по карантину и защите растений Рим, 2025. URL: https://assets.ippc.int/static/media/files/publication/en/2025/01/20_CPM_2025_ePhyto_implementation_update_2024-12-09_SB_Clean.pdf (дата обращения: 23.03.2026).
6. Конференция ООН по торговле и развитию. Обзор морского транспорта 2024: навигация через морские узкие места Женева, 2024. URL: https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2024_en.pdf (дата обращения: 23.03.2026).
7. Королёва Е. Влияние системы электронных фитосанитарных сертификатов на мировую агропродовольственную торговлю Рим, 2024. URL: https://assets.ippc.int/static/media/files/publication/en/2024_11/Global_ePhyto_Impact_Analysis.pdf (дата обращения: 23.03.2026).
8. Лиapis П. Отраслевые индикаторы упрощения процедур торговли для сельского хозяйства: обзор // Доклады ОЭСР по продовольствию, сельскому хозяйству и рыболовству. Париж: Издательство ОЭСР, 2015. № 74. URL: <https://doi.org/10.1787/5js4wzp09q6f-en> (дата обращения: 23.03.2026).
9. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. Итоговый доклад о результатах деятельности Министерства сельского хозяйства Российской Федерации за 2024 год М., 2025. URL: <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/0e2/lipzc4kj90q2g0swbscxu6j5mc7e86rz.pdf> (дата обращения: 23.03.2026).
10. Организация экономического сотрудничества и развития; Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН. Перспективы сельского хозяйства ОЭСР–ФАО на 2024–2033 гг. Париж; Рим, 2024. URL: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2024/07/oecd-fao-agricultural-outlook-2024-2033_e173f332/4c5d2cfb-en.pdf (дата обращения: 23.03.2026).
11. Организация экономического сотрудничества и развития. Индикаторы упрощения процедур торговли ОЭСР, 2025 Париж, 2025. URL: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2025/03/oecd-trade-facilitation-indicators_0a21eb4a/fd6f27dc-en.pdf (дата обращения: 23.03.2026).
12. Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН. Положение дел в области продовольствия и сельского хозяйства 2019: продвижение вперёд в сокращении потерь и порчи продовольствия Рим, 2019. URL: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/11f9288f-dc78-4171-8d02-92235b8d7dc7/content> (дата обращения: 23.03.2026).

REFERENCES

1. World Trade Organization. Global Trade Outlook and Statistics: Update, October 2024 Geneva, 2024. URL: https://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/stat_10oct24_e.pdf (accessed: 23.03.2026).
2. World Trade Organization. Trade Facilitation Geneva, 2017. URL: https://www.wto.org/english/tratop_e/tradfa_e/tradfa_e.htm (accessd: 23.03.2026).
3. World Bank. Logistics Performance Index 2023: Trade Logistics in an Uncertain Global Economy Washington, 2023. URL: https://lpi.worldbank.org/sites/default/files/2023-04/LPI_2023_report.pdf (accessed: 23.03.2026).
4. World Bank. Practical Guide to Sustainable Cold Chain Washington, 2023. URL: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099744311232341555/pdf/IDU08a9de87804f5f041d2082f007d19a71a61fb.pdf> (accessed: 23.03.2026).
5. Commission on Phytosanitary Measures. Update on the Implementation of the Electronic Phytosanitary Certification System of the International Plant Protection Convention Rome, 2025. URL: <https://assets.ippc.int/static/media>

/files/publication/en/2025/01/20_CPM_2025_ePhyto_implementation_update_2024-12-09_SB_Clean.pdf (accessed: 23.03.2026).

6. United Nations Conference on Trade and Development. Review of Maritime Transport 2024: Navigating Maritime Chokepoints Geneva, 2024. URL: https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2024_en.pdf (accessed: 23.03.2026).

7. Koroleva E. The Impact of Electronic Phytosanitary Certification on Global Agri-Food Trade Rome, 2024. URL: https://assets.ippc.int/static/media/files/publication/en/2024/11/Global_ePhyto_Impact_Analysis.pdf (accessed: 23.03.2026).

8. Liapis P. Trade Facilitation Indicators for Agriculture: Overview // OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers. Paris: OECD Publishing, 2015. No. 74. URL: <https://doi.org/10.1787/5js4wzp09q6f-en> (accessed: 23.03.2026).

9. Ministry of Agriculture of the Russian Federation. Final Report on the Results of the Activities of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation for 2024 Moscow, 2025. URL: <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/0e2/lipzc4kj90q2g0swbscxu6j5mc7e86rz.pdf> (accessed: 23.03.2026).

10. Organisation for Economic Co-operation and Development; Food and Agriculture Organization of the United Nations. OECD–FAO Agricultural Outlook 2024–2033 Paris; Rome, 2024. URL: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2024/07/oecd-fao-agricultural-outlook-2024-2033_e173f33/4c5d2cfb-en.pdf (accessed: 23.03.2026).

11. Organisation for Economic Co-operation and Development. OECD Trade Facilitation Indicators, 2025 Paris, 2025. URL: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2025/03/oecd-trade-facilitation-indicators_0a21eb4a/fd6f27dc-en.pdf (accessed: 23.03.2026).

12. Food and Agriculture Organization of the United Nations. The State of Food and Agriculture 2019: Moving Forward on Food Loss and Waste Reduction Rome, 2019. URL: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/11f9288f-dc78-4171-8d02-92235b8d7dc7/content> (accessed: 23.03.2026).

ПОВЫШЕНИЕ ПРОЗРАЧНОСТИ ДОКУМЕНТООБОРОТА В ТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ НА ТЕРРИТОРИИ РФ

М.Г. Волков¹, А.В. Домбальян²

¹ Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия, maksim-7122@mail.ru

² Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия, anzhelika-888@mail.ru

Аннотация. Разработка и использование методики по оценке качества документооборота транспортных предприятий РФ.

Ключевые слова: Транспорт, экономика, отчетность, документооборот, транспортные предприятия.

IMPROVING THE TRANSPARENCY OF DOCUMENT FLOW IN TRANSPORT COMPANIES IN THE RUSSIAN FEDERATION

M.G. Volkov¹, A.V. Dombalyan²

¹Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia, maksim-7122@mail.ru

²Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia, anzhelika-888@mail.ru

Abstract. Development and use of a methodology for assessing the quality of document flow in transport enterprises of the Russian Federation.

Keywords: Transport, economics, reporting, document flow, transport enterprises.

Так как транспортная деятельность занимает важное место в экономике России, одним из условий успешного функционирования сектора транспорта характеризуется наличием действующей системы документооборота, обеспечивающая точность, полноту и надежность сведений.

Проблема оценки прозрачности документооборота является актуальной для современного ведения бизнеса, в условиях развития цифровой экономики и внедрения системы ГОСЛОГ [1].

Пойти на такой шаг по использованию реестра государство заставило стремление вывести логистику и перевозки страны из «серого поля». По данным Ространснадзора на момент 2 апреля 2024 года, о начале осуществления перевозочной деятельности ведомство уведомили 46 121 владелец грузовых транспортных средств или менее 20% от общего числа собственников грузовых автомобилей. Таким образом, контроль за деятельностью 80% перевозчиков, их отчетности и их транспортом практически не осуществляется (рисунок 1).

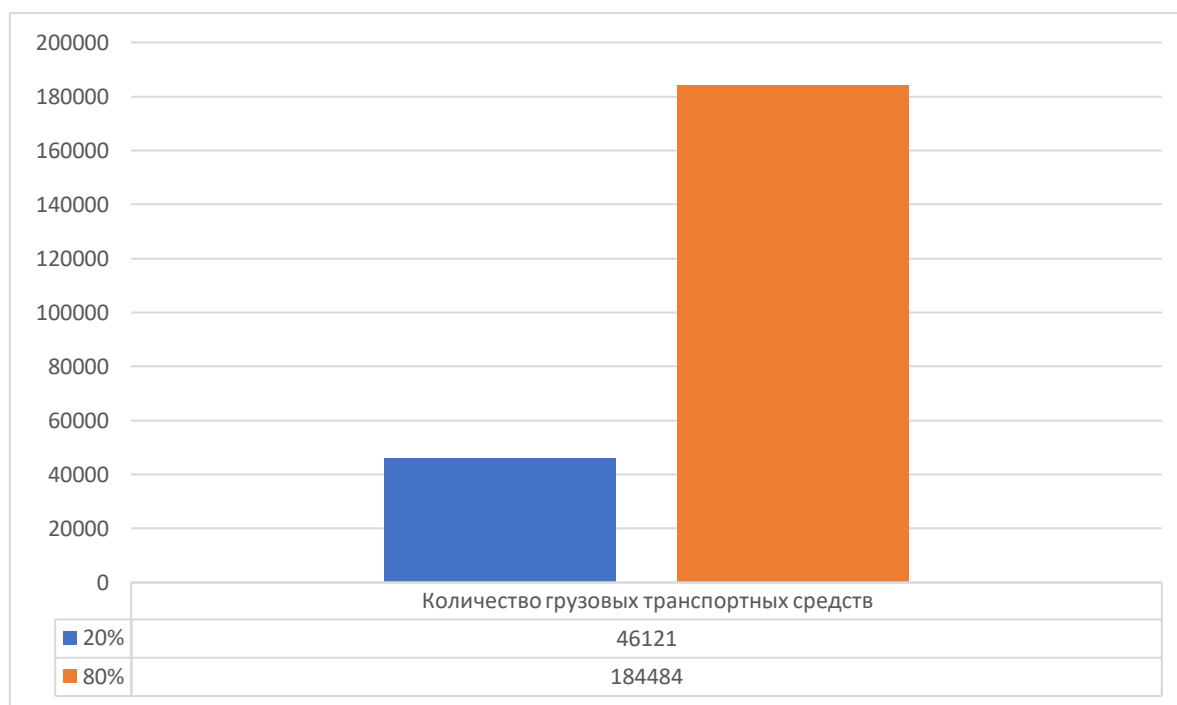


Рисунок 1 – Процентное соотношение добросовестных и не добросовестных перевозчиков

Figure 1 – Percentage of bona fide and non-bona fide carriers

Основная часть исследования заключается в разработке комплексной методики оценки прозрачности документооборота в транспортной деятельности, данный процесс будет включать в себя такие этапы как: анализ современных подходов к оценке документооборота; проведение оценки текущего состояния документооборота в транспортных компаниях; формулировка практических рекомендаций [2]. Реализовать данные шаги можно будет с помощью анализа научной литературы и нормативно-правовых актов, исследования статистики, экспертных опросов руководителей предприятий, проведение SWOT-анализов и независимые аудиты [3].

Практическое применение предложенной методики имеет большое значение для взаимодействия всех уровней бизнеса, а также и государства.

По итогам исследования был выявлен алгоритм оценки достоверности документооборота (отчетности) в транспортных компаниях, разработанная методика представляет собой универсальный инструмент. Отмечается, что предложенная методика станет важным элементом устойчивого развития транспортных предприятий, обеспечивая повышение уровня конкурентоспособности за счет прозрачности своей деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Интернет портал «Клерк.ру»: официальный сайт. – Обновляется в течение суток. -URL: <https://www.klerk.ru/blogs/astral/650385/> (дата обращения 01.12.25). Текст: электронный.
- 2 Платформа ОФД: официальный сайт. – Обновляется в течение суток. – URL: <https://platformaofd.ru/news/kak-obyazatelnyj-edo-izmenit-gruzoperevozki-s-1-sentyabrya-2026-goda/>.
- 3 «АБТ. Сервисы для бизнеса»: официальный сайт. – Обновляется в течение суток. – URL: <https://mosobl.abt.ru/blog/edo-transportnykh-kompaniy-optimizatsiya-logistiki/>.

REFERENCES

- 1 Internet portal "Klerk.ru": official website. – Updated within 24 hours. -URL: <https://www.klerk.ru/blogs/astral/650385/> (date of access 01.05.26). Text: electronic.
- 2 OFD Platform: Official Website. – Updated daily. – URL: <https://platformaofd.ru/news/kak-obyazatelnyj-edo-izmenit-gruzoperevozki-s-1-sentyabrya-2026-goda/>.
- 3 ABT. Services for Business: Official Website. – Updated daily. – URL: <https://mosobl.abt.ru/blog/edo-transportnykh-kompaniy-optimizatsiya-logistiki/>.

К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ ПАССАЖИРСКИХ МАРШРУТОВ МАЛЫХ ГОРОДОВ

С.А. Добрин¹, А.Г. Шевцова², С.Ю. Шубкин¹

¹ ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет имени И. А. Бунина», Липецкая область, г. Елец, Россия, dobrin.sa@mail.ru

² ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет имени В. Г. Шухова», г. Белгород, Россия, shevcova-anastasiya@mail.ru

¹ ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет имени И. А. Бунина», Липецкая область, г. Елец, Россия, shubkin.92@mail.ru

Автор ответственный за переписку: Сергей Александрович Добин, dobrin.sa@mail.ru

Аннотация. Данная статья посвящена ключевым аспектам оптимизации городских автобусных маршрутов в малых и средних городах. В ней рассматриваются критерии, позволяющие оценить эффективность существующего маршрута, а также основные экономические показатели, без которых невозможно принять обоснованное решение – сохранить, изменить или закрыть маршрут.

Ключевые слова: пассажиропоток, маршрут, оптимизация, адаптивное расписание, пассажирский транспорт.

ON THE ISSUE OF OPTIMIZING PASSENGER ROUTES IN SMALL TOWNS

S.A. Dobrin¹, A.G. Shevtsova², S.Y. Shubkin¹

¹ Yelets State University named after I. A. Bunin, Lipetsk Region, Yelets, Russia, dobrin.sa@mail.ru

² Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov, Belgorod, Russia, shevcova-anastasiya@mail.ru

¹ Yelets State University named after I. A. Bunin, Lipetsk Region, Yelets, Russia, shubkin.92@mail.ru

Abstract. This article is devoted to the key aspects of optimizing urban bus routes in small and medium-sized cities. It examines the criteria that make it possible to assess the effectiveness of the existing route, as well as the main economic indicators, without which it is impossible to make an informed decision whether to maintain, change or close the route.

Keywords: passenger traffic, route, optimization, adaptive timetable, passenger transport

Введение

Общественный транспорт является одной из ключевых составляющих жизнеобеспечения современного города и мобильности граждан. От того, насколько удобно, быстро и надежно он работает, зависит не только повседневный комфорт жителей, но и экономическое развитие территорий, а также доступность социально значимых объектов для всех категорий населения. В крупных мегаполисах проблемы транспорта часто решаются за счет масштабных инвестиций в метрополитен, скоростной трамвай или выделенные полосы. Однако в малых и средних городах, к которым относится подавляющее большинство населенных пунктов России, ситуация принципиально иная. Здесь ресурсы ограничены, пассажиропотоки распределены

неравномерно, а изношенность подвижного состава нередко достигает критических значений. В результате значительная часть маршрутов оказывается убыточной, и их существование напрямую зависит от дотаций из местного бюджета [1-2].

Особую остроту эта проблема приобретает в малых городах с населением около 100 тысяч человек. С одной стороны, они уже достаточно велики, чтобы иметь разветвленную маршрутную сеть и сталкиваться с транспортными проблемами, характерными для урбанизированных территорий [3-4]. С другой стороны, их бюджетные возможности и численность населения не позволяют внедрять дорогостоящие инфраструктурные проекты, оставляя основным видом общественного пассажирского транспорта автобус. В таких условиях любое решение — от корректировки расписания до закрытия маршрута — должно быть тщательно обосновано экономически и социально, поскольку оно напрямую затрагивает интересы тысяч жителей. К сожалению, на практике оптимизация маршрутных сетей в малых и средних городах нередко проводится только, когда определенные условия вынуждают их провести. Это часто приводит к дублированию маршрутов, нерациональному использованию подвижного состава, низкой наполняемости автобусов в одни часы и перегрузке в другие, а также к росту бюджетных расходов при ухудшении качества обслуживания пассажиров [4-5].

Исходя из вышесказанного, одной из главных задач органов местной власти и перевозчиков становится поиск баланса между социальной функцией транспорта и экономической целесообразностью. Практика показывает, что точечные изменения — корректировка расписания или замена автобуса — не дают устойчивого эффекта. Необходим системный подход, основанный на точных данных и комплексных расчетах: от анализа пассажиропотоков и моделирования маршрутной сети до определения себестоимости перевозок и оценки потребности в субсидировании.

В данной работе рассматривается маршрут №14 в городе Ельце Липецкой области и рекомендации по возможности его оптимизации. Главными критериями для оптимизации являются:

- Скорость сообщения;
- Экономическая эффективность;
- Пассажиропоток;
- Транспортная доступность.

Маршрут №14, соединяющий микрорайон Александровку с ТЭЦ, является единственным маршрутом, который соединяет почти все промышленные зоны города. Длина маршрута составляет 10,4 км с 20 остановками. Расписание показывает 15 рейсов в день, интервалы в среднем 40-60 минут. Стоимость проезда 31 рубль, по карте 26 рублей. Основной пассажиропоток на данном маршруте составляют граждане, которые добираются этим маршрутом до мест работы, т.е. в будние дни это так называемые часы пик. Среднее число пассажиров в сутки составляет около 200 человек.

Таблица 1. Характеристика маршрута №14

Параметр	Значения
Направление	мкр. Александровка – ТЭЦ
Ключевые остановки	поселок Электриков, Дворец культуры, сквер им. Харченко.
Протяженность	10,4 км
Количество остановок	20
Количество рейсов в сутки	15
Интервал движения	40-60 минут
Стоимость проезда	26 руб.
Среднее значение пассажиропотока чел./сут.	200

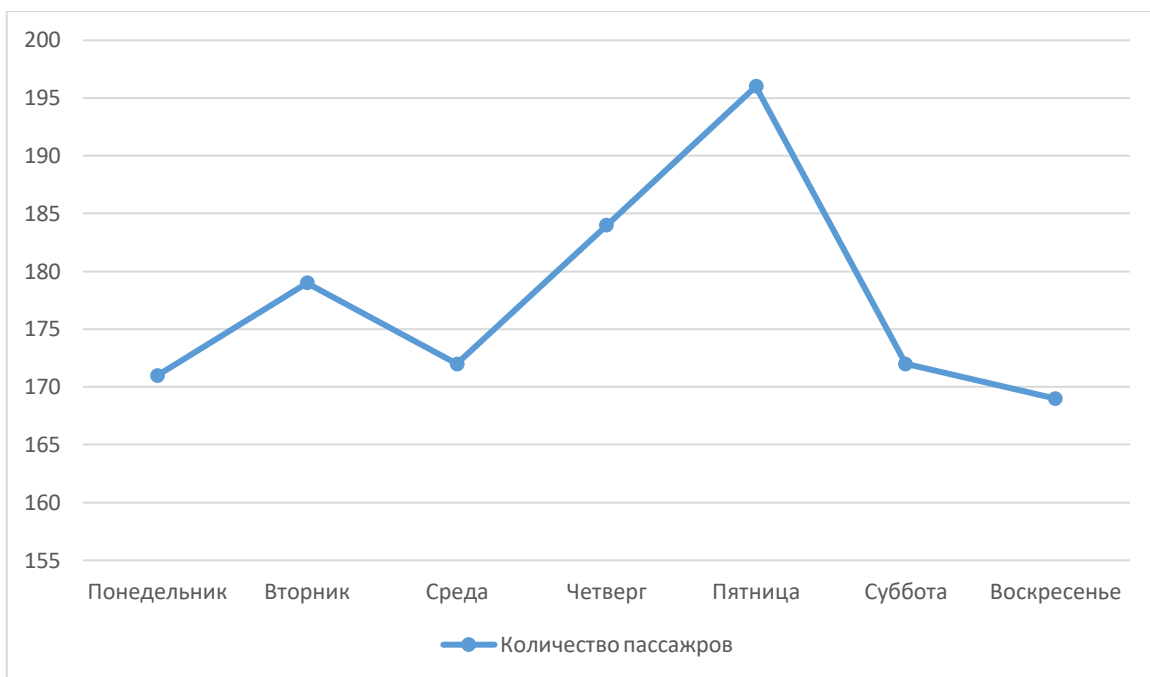


Рисунок 1 – Линейный график пассажиропотока маршрута №14 в течении недели

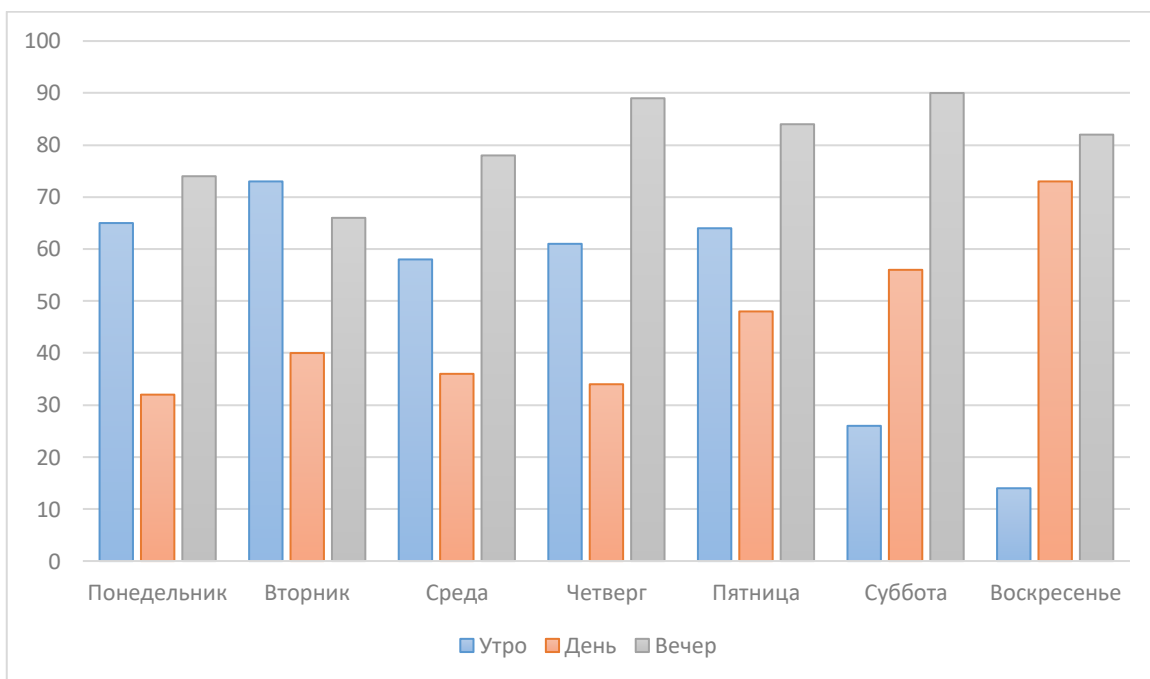


Рисунок 2 – Гистограмма распределения пассажиропотока на маршруте №14 в течении дня

Согласно проведенному анализу маршрута, отметим, что маршрут, выполняющий всего 15 рейсов в день (туда и обратно) не соответствует потребностям пассажиров. В таком интервале маршрут не может быть основным средством передвижения для работающих граждан, так как любая задержка ведет к серьезным временным потерям. Данный маршрут соединяет отдаленные районы (микрорайон Александровка и ТЭЦ), что говорит о невозможности его полной отмены, однако ставит задачу по обеспечению удобных пересадок на другие маршруты.

Согласно анализу маршрута, стоит отталкиваться от пассажиропотока. Средняя стоимость билета составляет 28 руб. Среднее количество пассажиров за сутки составляет около 200 человек, тогда в среднем за сутки один автобус зарабатывает 5600 руб. Один автобус совершает 6-7 рейсов, что соответствует 72,8 км в день.

Затраты на топливо, налоги и зарплату водителя согласно данным перевозчика составляют 5800 руб./день. Соответственно даже путем простых вычислений мы видим, что маршрут является не рентабельным. При длине маршрута 10,4 км и 20 остановках такой объём перевозок свидетельствует о слабом использовании маршрута. Это может быть связано, как с неудобным расписанием, так и с дублированием части маршрута другими видами транспорта.

Разработка рекомендаций превентивных мер прежде всего касается по привлечению пассажиров к пользованию данным маршрутом, для этого необходимо изменить маршрут следования рейсового автобуса.

Необходимо использовать в таком случае более гибкий подход к частоте и количеству следований. Необходимо перевести маршрут на адаптивное расписание:

- Увеличить количество рейсов в часы пик до интервала 15–20 минут;
- В межпиковое время и поздний вечер сократить количество рейсов (например, оставить 2–3 рейса в середине дня);
- В выходные дни сохранить рейсы в обеденное и вечернее время, убрав утренние и поздние вечерние.

Необходимо обновить и заменить подвижной состав, лучше всего, для такого маршрута подходят автобусы малого класса.

Изменение маршрута, а именно, заход в более отдаленный район города (Хмелинец) привлечет больше пассажиров в будние дни, т.к. многие жители данного района пользуются таксомоторными перевозками.

Заключение

Маршрут №14 в настоящее время является экономически неэффективным и неудобным для пассажиров из-за редкого движения. В то же время он выполняет важную социальную функцию, обеспечивая транспортную доступность промышленных предприятий и отдалённого микрорайона.

Оптимизация должна идти по пути повышения частоты в часы пик при одновременном сокращении затрат (замена автобуса на малый класс, оптимизация трассы). Реализация этих мер позволит повысить качество обслуживания, возможно, увеличить пассажиропоток и снизить потребность в субсидиях. Однако полностью отказаться от бюджетной поддержки вряд ли удастся, и маршрут должен остаться в перечне социально значимых.

В долгосрочной перспективе маршрут №14 должен быть сохранён в перечне социально значимых, но с кардинально обновлённой моделью работы. Такой подход позволит не только сократить расходы бюджета, но и повысить качество транспортного обслуживания, сделав данный маршрут действительно удобным и надёжным для тех, кто в нём нуждается.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кушнарв, И. В. О методах оптимизации маршрутов движения общественного пассажирского транспорта / И. В. Кушнарв, Н. А. Овчинников // Вопросы науки и образования: теоретические и практические аспекты : Материалы Международной (заочной) научно-практической конференции, Прага, Чехия, 16 мая 2017 года / Под общей редакцией А.И. Вострецова. – Прага, Чехия: Научно-издательский центр "Мир науки" (ИП Вострецов Александр Ильич), 2017. – С. 122-126.

2. Оптимизация составления маршрутов общественного автобусного транспорта города Алматы при создании автоматизированной системы поддержки принятия решений / А. Н. Семернин, О. А. Сауытов, К. К. Коспакова, Г. Н. Шоман // Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2016) : сборник статей VIII Международной научно-технической конференции, Курск, 24–25 ноября 2016 года / Ответственный редактор Е.В. Агеев. – Курск: Закрытое акционерное общество «Университетская книга», 2016. – С. 373-380.

3. Анализ взаимодействия транспортно-логистических систем России и Китая / П. А. Павлов, А. А. Куликов, Х. Цзянг [и др.] // Научные технологии и инновации (XXV научные чтения) : Сборник докладов Международной научно-практической конференции, Белгород, 23 ноября 2023 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2023. – С. 1036-1039.

4. Состояние и перспективы развития пассажирских перевозок в Российской Федерации / С. А. Добрин, А. Г. Шевцова, С. Ю. Шубкин, Е. В. Мирошников // Безопасность колесных транспортных средств в условиях эксплуатации: Материалы 124-й Международной научно-технической конференции, Иркутск, 17–19 сентября 2025 года. – Иркутск: Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2025. – С. 94-101.

5. Герасимович, О. В. Оптимизация транспортных маршрутов в логистических системах как фактор повышения эффективности организации / О. В. Герасимович // Актуальные вопросы современной экономики. – 2024. – № 6. – С. 503-506.

REFERENCES

1. Kushnarev, I. V. On methods of optimizing public passenger transport routes / I. V. Kushnarev, N. A. Ovchinnikov // Issues of science and education: theoretical and practical aspects : Proceedings of the International (correspondence) Scientific and Practical Conference, Prague, Czech Republic, May 16, 2017 / Under the general editorship of A.I. Vostretsov. Prague, Czech Republic: Mir Nauki Scientific Publishing Center (IP Vostretsov Alexander Ilyich), 2017, pp. 122-126.

2. Optimization of public bus transport routes in Almaty when creating an automated decision support system / A. N. Semernin, O. A. Sauyov, K. K. Kospakova, G. N. Shoman // Modern automotive materials and technologies (SAMIT-2016) : collection of articles of the VIII International Scientific and Technical Conference, Kursk, 24-25 November 2016 / The responsible editor is E.V. Ageev. Kursk: Closed Joint–Stock Company "University Book", 2016. pp. 373-380.

3. Analysis of the interaction of transport and logistics systems of Russia and China / P. A. Pavlov, A. A. Kulikov, H. Jiang [et al.] // High-tech technologies and innovations (XXV scientific readings) : Collection of reports of the International Scientific and Practical Conference, Belgorod, November 23, 2023. Belgorod: Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, 2023. pp. 1036-1039.

4. The state and prospects of passenger transportation development in the Russian Federation / S. A. Dobrin, A. G. Shevtsova, S. Y. Shubkin, E. V. Miroshnikov // Safety of wheeled vehicles in operating conditions: Proceedings of the 124th International Scientific and Technical Conference, Irkutsk, September 17-19, 2025. Irkutsk: Irkutsk National Research Technical University, 2025, pp. 94-101.

5. Gerasimovich O. V. Optimization of transport routes in logistics systems as a factor of increasing the efficiency of the organization / O. V. Gerasimovich // Actual issues of modern economics. - 2024. – No. 6. – pp. 503-506.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ РЕГИОНА

Е.В. Мирошников¹

¹Орловский государственный университет им. И. С. Тургенева, Орел, Россия
miroshnikovevgenij18@gmail.com

Аннотация. В статье систематизированы современные подходы к управлению региональным транспортно-логистическим комплексом, выявлен методологический пробел: традиционные методы оценки не интегрируют безопасность дорожного движения как активный управленческий параметр. Результаты исследования формируют научно-методическую основу для разработки региональных стратегий, обеспечивающих баланс между логистической продуктивностью и транспортной безопасностью.

Ключевые слова: транспортно-логистический комплекс региона, эффективность управления, безопасность дорожного движения, цифровизация логистики, прогнозирование грузооборота.

MODERN MEASURES TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF REGIONAL TRANSPORT AND LOGISTICS COMPLEX MANAGEMENT

E. V. Miroshnikov¹

¹Oryol State University named after I. S. Turgenev, Oryol, Russia
miroshnikovevgenij18@gmail.com

Abstract. The article systematizes modern approaches to the management of the regional transport and logistics complex, identifying a methodological gap: traditional assessment methods do not integrate road safety as an active management parameter. The research results from the scientific and methodological basis for the development of regional strategies that ensure a balance between logistics productivity and transport safety.

Keywords: regional transport and logistics complex, management efficiency, road safety, logistics digitalization, freight turnover forecasting.

Современный этап развития транспортной системы Российской Федерации характеризуется устойчивым ростом грузооборота, переориентацией логистических коридоров в условиях геополитических изменений и активным внедрением цифровых технологий. В соответствии с «Транспортной стратегией Российской Федерации до 2030 года с прогнозом до 2035 года», ключевыми векторами развития выступают повышение пространственной связности территорий, структурная диверсификация видов транспорта и обеспечение устойчивости цепочек поставок [1, 2]. При этом региональный транспортно-логистический комплекс (ТЛК) выступает базовой адаптивной мезосистемой, от эффективности функционирования которой напрямую зависят макроэкономические показатели субъектов РФ и качество логистического обслуживания экономики.

Несмотря на позитивные тренды роста грузопотоков, на региональном уровне проявляется системное противоречие: увеличение интенсивности перевозок опережает темпы развития инфраструктуры и модернизации управленческих контуров [3].

Доминирование автомобильного транспорта, фрагментация логистических операций и высокая нагрузка на региональную дорожную сеть приводят к росту транзакционных издержек, экологического ущерба и, что наиболее критично, ухудшению показателей безопасности дорожного движения (БДД). В сложившейся практике БДД традиционно рассматривается как внешний статистический индикатор, фиксирующий последствия эксплуатации, а не как активный регулятор, способный динамически корректировать маршрутизацию, временные окна доставки и конфигурацию транспортно-логистических центров.

В соответствии с устоявшейся концептуальной базой, структура регионального ТЛК традиционно складывается из четырёх взаимосвязанных подсистем: транспортной (магистральные и внутрирегиональные сети, подвижной состав, узлы перегрузки), логистической (складско-терминальные комплексы, «сухие порты», экспедиторские и сервисные структуры), информационно-аналитической (платформы мониторинга, системы управления цепями поставок, цифровые двойники) и институционально-регуляторной (органы власти, транспортные ассоциации, нормативно-правовая среда). Центральным структурообразующим элементом данной архитектуры выступает мультимодальный транспортно-логистический центр (ТЛЦ), функционирующий как ядро кластерной организации и точка конвергенции грузопотоков, обеспечивающая сквозное управление поставками «от двери до двери».

Важным концептуальным уточнением, отражённым в современных подходах к управлению ТЛК, является трансформация роли обеспечения БДД. Традиционно БДД рассматривалась как внешний статистический индикатор, фиксирующий последствия эксплуатации транспортной инфраструктуры [4, 5]. Однако в условиях устойчивого роста интенсивности грузового трафика, особенно в урбанизированных зонах и пригородных ареалах, данный подход признаётся методологически недостаточным. В рамках актуализированной концептуальной модели в структуру регионального ТЛК вводится функциональный блок обеспечения БДД, который позиционируется не как пассивный контролирующий элемент, а как внутренний регулятор, непосредственно влияющий на параметры транспортных и логистических процессов. Интеграция данного блока позволяет связывать уровень аварийности, состояние дорожной сети и погодные условия с маршрутизацией, графиками доставки и конфигурацией логистических узлов, что полностью соответствует стратегическим целям «Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом до 2035 года».

Таким образом, современный региональный ТЛК представляет собой динамически организованную мезосистему, эффективность функционирования которой определяется глубиной взаимодействия подсистем, уровнем цифровой зрелости и способностью использовать безопасность не как внешний ограничитель, а как активный управленческий параметр. Данный концептуальный сдвиг формирует методологическую основу для последующего анализа методов оценки эффективности и прогнозирования развития комплекса.

Оценка эффективности функционирования ТЛК на региональном уровне представляет собой многоаспектную задачу, требующую учёта разнородных экономических, инфраструктурных, технологических и социальных параметров. Сегодня сформирован устойчивый классификационный аппарат методов оценки ТЛК. Его структура определяется математической природой оценочной процедуры, характером исходных данных и целевой направленностью управленческого воздействия. Ключевые характеристики пяти основных групп методов, а также их ограничения в контексте учёта БДД, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Систематизация методов оценки эффективности регионального ТЛК и их ограничения в части учёта БДД

Table 1 – Systematization of methods for assessing the effectiveness of regional TLC and their limitations in terms of taking into account road safety

Группа методов	Математическая/логическая основа	Тип используемых данных	Ключевые преимущества	Основное ограничение в контексте БДД
Индексные и нормативно-статистические	Нормализация (min-max), взвешивание, агрегирование в интегральный индекс	Официальная статистика (Росстат, Минтранс), социально-экономические и инфраструктурные показатели	Высокая воспроизводимость, прозрачность, возможность межрегионального сопоставления	БДД включается лишь как пассивный частный показатель; не влияет на структуру целевой функции, носит ретроспективный характер
Многокритериальные методы принятия решений (МКМПП)	Иерархическая декомпозиция, попарные сравнения (МАИ/АНР), расстояние до идеала (TOPSIS, VIKOR)	Количественные показатели + качественные экспертные оценки	Гибкость интеграции разнородных критериев, учёт приоритетов заинтересованных сторон	Статичная структура; БДД выступает только как один из критериев ранжирования без механизмов обратной связи с грузопотоками
Оптимизационные экономико-математические	Математическое программирование (ЛП, ЦЛП, целевое программирование), поиск экстремума целевой функции при системе ограничений	Данные о спросе/предложении, тарифах, пропускной способности, ресурсах	Строгая формализация, генерация конкретных управленческих решений (маршруты, объёмы, конфигурации узлов)	Традиционные модели не включают БДД как динамическое ограничение или штрафной коэффициент; математически оптимальное решение может быть социально неприемлемым
Имитационное и динамическое моделирование	Системная динамика (дифференциальные уравнения), дискретно-событийное и агентное моделирование	Временные ряды, стохастические параметры, правила поведения агентов, данные мониторинга	Воспроизведение пространственно-временной эволюции системы, учёт нелинейности и случайных событий	БДД моделируется как внешний стохастический фактор (вероятность инцидента), а не как управляемая переменная, зависящая от конфигурации потоков

Бенчмаркинг и кластер-аналитические	Многомерный статистический анализ, РСА, кластеризация (к-средних), сравнение с «лучшей практикой»	Панельные данные по регионам, нормативы OECD, экспертные рейтинги	Объективность сопоставления, выявление типологий развития и скрытых факторов	Описательный характер; БДД служит лишь классификационным признаком для выделения кластеров, не генерируя управленческих воздействий
-------------------------------------	---	---	--	---

Проведённый обзор современных подходов к управлению региональным транспортно-логистическим комплексом (ТЛК) позволяет констатировать, что эффективность его функционирования определяется не столько масштабом инфраструктурных активов, сколько степенью координации подсистем, уровнем цифровой зрелости и способностью использовать безопасность дорожного движения (БДД) не как внешний индикатор, а как активный управленческий параметр.

Систематизация пяти групп методов оценки эффективности ТЛК выявила фундаментальный методологический пробел: ни индексные, ни многокритериальные, ни оптимизационные, ни имитационные, ни кластер-аналитические подходы не интегрируют БДД в структуру целевой функции или систему ограничений. В результате формируются технически эффективные, но социально неприемлемые сценарии, при которых рост грузооборота сопровождается непрогнозируемым повышением аварийности.

Для органов власти и логистических операторов ключевыми рекомендациями выступают: разработка региональных методик оценки с интеграцией БДД, создание межведомственных цифровых платформ обмена данными и внедрение превентивного управления грузопотоками на основе аналитики в реальном времени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дорохин, С. В. Прогнозирование пассажиропотока автобусного транспорта общего пользования в Воронежской области / С. В. Дорохин, Р. А. Котов // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2025. – Т. 22, № 6(106). – С. 976-985. – DOI 10.26518/2071-7296-2025-22-6-976-985.
2. Мирошников, Е. В. Статистическое моделирование и прогнозирование грузооборота автомобильного транспорта в региональных транспортно-логистических системах / Е. В. Мирошников // Транспортное дело России. – 2026. – № 1. – С. 179-182.
3. Новиков, А. Н. Пути повышения безопасности функционирования общественного транспорта в условиях перспективного развития города / А. Н. Новиков, С. В. Еремин, А. Г. Шевцова. – Белгород-Орел : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2023. – 239 с. – ISBN 978-5-361-01180-3.
4. Повышение эффективности и безопасности управления транспортно-дорожным комплексом региона на примере Белгородской области / В. В. Сильянов, А. Н. Новиков, И. А. Новиков, Е. В. Мирошников // Международный форум Kazan Digital Week - 2025 : Сборник материалов, Казань, 17–19 сентября 2025 года. – Казань: Академия наук Республики Татарстан, 2025. – С. 179-186.
5. Шевцова, А. Г. Математический анализ определенных показателей безопасности дорожного движения в Российской Федерации / А. Г. Шевцова // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2021. – Т. 18, № 6(82). – С. 700-711. – DOI 10.26518/2071-7296-2021-18-6-700-711.

REFERENCES

1. Dorokhin, S. V. Forecasting the Passenger Flow of Public Bus Transport in the Voronezh Region / S. V. Dorokhin, R. A. Kotov // Bulletin of the Siberian State Automobile and Highway University. - 2025. - Vol. 22, No. 6 (106). - Pp. 976-985. - DOI 10.26518/2071-7296-2025-22-6-976-985.
2. Miroshnikov, E. V. Statistical Modeling and Forecasting of Freight Turnover of Road Transport in Regional Transport and Logistics Systems / E. V. Miroshnikov // Transport Business of Russia. - 2026. - No. 1. - Pp. 179-182.
3. Novikov, A. N. Ways to improve the safety of public transport in the context of long-term urban development / A. N. Novikov, S. V. Eremin, A. G. Shevtsova. - Belgorod-Orel: Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, 2023. - 239 p. - ISBN 978-5-361-01180-3.
4. Improving the efficiency and safety of managing the regional transport and road complex using the example of the Belgorod Region / V. V. Silyanov, A. N. Novikov, I. A. Novikov, E. V. Miroshnikov // International Forum Kazan Digital Week - 2025: Collection of materials, Kazan, September 17-19, 2025. - Kazan: Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, 2025. - P. 179-186.
5. Shevtsova, A. G. Mathematical analysis of certain road safety indicators in the Russian Federation / A. G. Shevtsova // Bulletin of the Siberian State Automobile and Highway University. - 2021. - Vol. 18, No. 6 (82). - P. 700-711. - DOI 10.26518/2071-7296-2021-18-6-700-711.

ПРОБЛЕМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Шавин С.В.¹, Новиков И.А.², Конев А.А.³

¹ Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,
г. Белгород, Россия, sergeishavin@icloud.com

² Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,
г. Белгород, Россия, ooows@mail.ru

³ Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,
г. Белгород, Россия, konev_alexcei@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются системные проблемы функционирования региональных логистических систем в современных условиях. Выявлено, что ключевым ограничением является не столько физическая инфраструктура, сколько информационная разобщенность участников.

Ключевые слова: региональная логистическая система, цифровые технологии, управление транспортными системами, цифровой двойник.

PROBLEMS OF FUNCTIONING OF REGIONAL LOGISTICS SYSTEMS

Shavin S.V.¹, Novikov I.A.², Konev A.A.³

¹ Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russia,
sergeishavin@icloud.com

² Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russia,
ooows@mail.ru

³ Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russia,
konev_alexcei@mail.ru

Одним из ключевых факторов экономического развития территории является региональная логистика. Именно она обеспечивает эффективное движения материальных, информационных и финансовых потоков, что непосредственно влияет на конкурентоспособность хозяйствующих субъектов. Региональная логистическая система (РЛС) является важнейшим инструментом интеграции производственных, транспортных и распределительных процессов.

В условиях санкционного давления в РФ произошла переориентация товарных потоков. Ключевыми направлениями стали Юг и Восток. Однако существующие РЛС показывают низкую адаптивность, которая заключается в продолжительной во времени реакции на изменения грузопотоков, а цифровизация управления перевозками носит фрагментарный характер.

В тоже время существуют определенные диспропорции между инфраструктурными возможностями регионов и современными требованиями к прозрачности, скорости и надежности доставки. Так по данным Минтранса РФ на межведомственное согласование и бумажный документооборот приходится до 40% времени в региональной перевозке. Одним из решений данной проблемы является вступающий в сентябре 2026 года закон, предписывающий формирование экспедиторских документов только в электронном виде [1].

Среди особенностей функционирования РЛС как объекта цифрового управления можно выделить высокую мультимодальность, зависимость от региональной специфики (климатические зоны, удаленность магистралей и т.д.), а также фрагментацию информационных систем. Так у грузовладельцев зачастую основным программным решением является 1С, у перевозчиков – система спутникового мониторинга, 1С: Управление автотранспортом, Яндекс.Логистика, ATI.SU и т.д., а у логистических терминалов – своя WMS.

Исходя из цифровой парадигмы необходимо скорректировать критерии оценки эффективности РЛС. Так ключевыми показателями должны выступать не только себестоимость тонно-километра, но и точность прогноза прибытия, время реакции на отклонения и доля безбумажного документооборота. Существующий дефицит логистических центров класса А/В в регионах приводит к нерациональным маршрутам перевозки. При этом основной проблемой выступает не столько недостаточное количество складов, сколько отсутствие цифровой увязки их загрузки с транспортными расписаниями. Даже при наличии свободных мощностей система не позволяет автоматически найти и зарезервировать их под конкретную отправку. Так, например, из-за несвязности систем логистического терминала и РЖД на стыке железной дороги и автомобильного транспорта, время простоя может достигать 6 часов.

Оснащение региональных дорог пунктами весового контроля без динамической маркировки транспортных средств приводит к тому, что перевозчики не получают своевременно информацию о перегрузе и не могут его устранить. На текущий момент информационная разобщенность участников РЛС очень высокая. Мелкие и средние перевозчики зачастую не имеют API для автоматического обмена данными, что приводит к дублированию – оформляется электронная транспортная накладная и бумажный экземпляр. Такой подход приводит в том числе и к операционным ошибкам.

В большинстве регионов отсутствуют ситуационные центры мониторинга региональных грузопотоков в реальном времени, в связи с чем управленческие решения принимаются постфактум. Цифровые платформы обмена заявками (биржи грузоперевозок) существуют, но они не взаимодействуют с региональными системами управления дорожным движением и весового контроля.

Стоит также отметить существующие институциональные и кадровые барьеры. Так, например, зачастую отсутствуют региональные стандарты обмена данными, а дефицит специалистов по цифровому моделированию грузопотоков на уровне муниципалитетов достигает 70%. В таблице 1 выявленные проблемы РЛС сгруппированы и определено их проявление в цифровом контуре.

Решением данных проблем могут быть инструменты цифровой трансформации, которая по прогнозам аналитиков, обеспечит рост в транспортной и логистической отраслях на 20% к 2030 г. [2]. Создание цифровых двойников РЛС позволит прогнозировать «узкие места» и своевременно принимать необходимые решения при росте грузопотока. Датчики IoT и блокчейн-реестры могут ускорить процедуры таможенного оформления. Нейросетевые модели, обученные на большом объеме данных о заторах на дорогах, погоде и сезонности [3], позволят строить динамические маршруты, что особенно актуально для «последней мили».

Актуальным и своевременным решением проблем РЛС видится создание Национальной цифровой транспортно-логистической платформы РФ «ГосЛог» [1] — единой государственной экосистемы для всех участников рынка: перевозчиков, экспедиторов, терминалов и органов контроля. Основной задачей данной платформы выступает – формирование единого цифрового пространства перевозок и обеспечение технологической независимости отрасли. Внедрение данной платформы позволит решить существенную часть проблем РЛС.

Таблица 1 – Проблемы региональных логистических систем

Table 1 – Problems of regional logistics systems

Группа проблем	Проявление в цифровом контуре	Последствия
Инфраструктурные	Отсутствие данных о реальной загрузке складов и терминалов	Простои, недозагрузка, лишний пробег
Информационная разобщенность	Невозможность сквозной трассировки без ручного ввода	Увеличение количества ошибок и времени на согласование
Операционно-управленческие	Запаздывание данных	Штрафы
Институциональные	Отсутствие регионального владельца данных	Отсутствие инвестиций в цифровую платформу
Кадровые	Нехватка специалистов на стыке логистики и ИТ	Внедренные системы не эксплуатируются

Статья написана в рамках реализации программы развития университета «ПРИОРИТЕТ 2030» с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Федеральный закон от 7 июня 2025 г. N 140-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О транспортно-экспедиционной деятельности» и отдельные законодательные акты Российской Федерации».

2 Пилипенко П.П., Бабынина Л.С., Тимошенко Г.А. Цифровые двойники в управлении транспортной инфраструктурой // НИР. Экономика фирмы (№ 4 (41), 2022). 89: 31–43. DOI 10.12737/2306-627X-2022-11-4-31-43

3 Конев, А. А. Беспилотные транспортные системы и искусственный интеллект в логистике будущего / А. А. Конев, П. К. Постников // 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 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2025. – С. 25-28. – DOI 10.58168/MSTT2025_25-28.

REFERENCES

1 Federal Law No. 140-FZ of June 7, 2025 "On Amendments to the Federal Law "On Freight Forwarding Activities" and Certain Legislative Acts of the Russian Federation".

2 Pilipenko P.P., Babynina L.S., Timoshenko G.A. Digital twins in transport infrastructure management. The economics of the company (№ 4 (41), 2022). 89: 31-43. DOI 10.12737/2306-627X-2022-11-4-31-43

3 Konev, A. A. Unmanned transport systems and artificial intelligence in the logistics of the future / A. A. Konev, P. K. Postnikov // Modern systems and technologies in transport: problems and prospects : Proceedings 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: Voronezh State Forestry Engineering University named after G.F. Morozov, 2025. pp. 25-28. DOI 10.58168/MSTT2025_25-28.

СПУТНИКОВЫЙ КОНТРОЛЬ ЛЕСОВОЗНОЙ ТЕХНИКИ: НОРМАТИВНЫЕ ОСНОВАНИЯ, ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ

Т.Н. Стородубцева¹, М.Л. Шабанов¹, А.В. Корниенко¹, А.А. Евсеева¹,
tamara-tns@yandex.ru

¹ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия

Аннотация: В статье рассматриваются организационные, правовые и технические аспекты внедрения спутникового контроля лесовозной техники в Российской Федерации. Проанализированы ключевые нормативные акты, регулирующие обязательное оснащение транспортных средств лесного комплекса аппаратурой спутниковой навигации. Описаны функциональные возможности системы «ЭРА-ГЛОНАСС» и Федеральной государственной информационной системы лесного комплекса (ФГИС ЛК). Дана оценка первых результатов пилотного эксперимента и дистанционного мониторинга лесов. Определены проблемы и перспективы дальнейшего развития спутникового контроля в лесной отрасли.

Ключевые слова: спутниковый контроль, лесовозная техника, ГЛОНАСС, ФГИС ЛК, ЭРА-ГЛОНАСС, лесной комплекс, дистанционный мониторинг.

SATELLITE MONITORING OF LOGGING EQUIPMENT: REGULATORY BASES, TECHNICAL SOLUTIONS AND APPLICATION PROSPECTS

T.N. Storodubtseva¹, M.L. Shabanov¹, A.V. Kornienko¹, A.A. Evseeva¹,
tamara-tns@yandex.ru

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia

Abstract. The article discusses the organizational, legal and technical aspects of the introduction of satellite monitoring of logging equipment in the Russian Federation. The key regulatory acts regulating the mandatory equipping of vehicles of the forest complex with satellite navigation equipment are analyzed. The functional capabilities of the ERA-GLONASS system and the Federal State Information System of the Forestry Complex (FGIS LC) are described. The first results of the pilot experiment and remote monitoring of forests are evaluated. The problems and prospects of further development of satellite monitoring in the forestry industry have been identified.

Keywords: satellite monitoring, logging equipment, GLONASS, FGIS LC, ERA-GLONASS, forest complex, remote monitoring.

Введение. Лесной фонд Российской Федерации занимает около 1,2 млрд гектаров, а объёмы ежегодной заготовки древесины исчисляются десятками миллионов кубометров. При столь масштабном обороте сырья контроль за перемещением лесовозного транспорта становится задачей государственного значения. Длительное время мониторинг опирался на наземное патрулирование и бумажный документооборот, что оставляло «серые зоны» для нелегальной заготовки и вывоза леса [1]. Обратимся к данным Рослесинфорга: ещё в 2022 году объём незаконно заготовленной древесины в стране составлял более 343 тыс. м³, а количество зафиксированных нарушений превышало полторы тысячи случаев [2].

Переход к цифровому контролю на основе глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) даёт принципиально иные возможности. Спутниковая навигация позволяет определять координаты транспортного средства с погрешностью в несколько метров, фиксировать маршрут, скорость и время стоянок в режиме реального времени [3]. Нами поставлена цель – проанализировать нормативно-правовое обеспечение, техническую архитектуру и первые практические результаты внедрения спутникового контроля лесовозной техники.

Нормативно-правовые основания спутникового контроля. Федеральный закон № 3-ФЗ от 4 февраля 2021 года дополнил Лесной кодекс РФ статьёй 96.3, в которой закреплена обязанность собственников лесовозной и лесопожарной техники устанавливать аппаратуру спутниковой навигации (далее – АСН) [4]. Конкретный порядок сбора и обработки навигационных данных определяет Постановление Правительства РФ № 1378 от 25 августа 2023 года (далее – ПП 1378). Документ устанавливает, что с 1 января 2025 года эксплуатация транспортных средств лесного комплекса без подключения к государственной информационной системе «ЭРА-ГЛОНАСС» запрещена [5].

Дополнительный нормативный слой формирует Постановление Правительства № 1967 от 2 ноября 2022 года, адресованное собственникам лесозаготовительных самоходных машин – харвестеров, форвардеров, трелёвочных тракторов и погрузчиков. Распоряжение Правительства № 730-р от 1 апреля 2022 года и приказ Рослесхоза № 1170 от 26 декабря 2023 года детализируют перечень техники, подлежащей оснащению [5]. Приказ Минприроды № 121 от 21 февраля 2022 года уточняет, что финансирование монтажа АСН возлагается на владельцев транспортных средств [5].

Федеральный закон № 165-ФЗ от 8 июля 2024 года ввёл в статью 8.28.1 КоАП РФ прямую ответственность за транспортировку древесины на автомобилях, не оснащённых средствами навигационного контроля. Штрафы для юридических лиц составляют от 200 до 400 тыс. рублей, при повторном нарушении – от 400 до 500 тыс. рублей с возможной конфискацией груза и транспорта [5, 6]. Какое влияние данная санкционная политика оказывает на готовность бизнеса? По мнению ряда практиков, именно размер штрафов ускорил темпы оснащения автопарков в регионах.

Техническая архитектура системы спутникового контроля. Архитектура спутникового контроля лесовозной техники опирается на связку двух государственных информационных систем: ГАИС «ЭРА-ГЛОНАСС» и ФГИС Лесного комплекса (ФГИС ЛК). Платформа «ЭРА-ГЛОНАСС», созданная первоначально для экстренного реагирования при дорожно-транспортных происшествиях, после 2023 года получила расширенный функционал мониторинга транспорта, включая лесную технику [3, 7]. ФГИС ЛК, запущенная с 1 января 2025 года и заменившая прежнюю систему ЛесЕГАИС, аккумулирует данные государственного лесного реестра, учёт сделок с древесиной, лесную картографию и навигационные сведения о движении транспорта [8].

На каждое транспортное средство устанавливается бортовой терминал АСН, принимающий сигналы не менее двух глобальных навигационных спутниковых систем (обязательная – ГЛОНАСС, вторая – как правило, GPS). Терминал определяет географические координаты, путевой угол и скорость движения. Данные передаются по сетям мобильной связи через оператора АО «ГЛОНАСС» в ФГИС ЛК с заданной периодичностью: при движении машины – каждые 15 минут или через каждые 5 км пробега, на стоянке – раз в два часа [5, 6]. Помимо координат, система получает телеметрию: состояние зажигания, факт нажатия тревожной кнопки SOS, попытки вскрытия корпуса прибора. Данные хранятся на серверах не менее трёх лет.

Существенная техническая проблема – работа оборудования в зонах без сотового покрытия. Лесозаготовительная техника нередко функционирует в отдалённых

лесосеках. ПП 1378 предусматривает для таких случаев наличие энергонезависимой внутренней памяти в терминале: при отсутствии связи данные накапливаются и автоматически выгружаются на сервер при входе машины в зону действия базовых станций. Ряд компаний-интеграторов применяет дополнительные решения – например, терминалы с двойным Wi-Fi-интерфейсом, когда лесозаготовительная техника «в чаше» передаёт накопленные пакеты данных через лесовозы и бензовозы, выступающие ретрансляторами [9]. Масштаб оснащения и пилотный эксперимент. По данным Рослесинфорга, в 2023 году в перевозках древесины и пиломатериалов были задействованы 157,8 тыс. автомобилей. Для лесосечных работ использовалось более 16 тыс. единиц техники, из которых около 11 тыс. нуждались в оснащении сотовой и спутниковой связью. Парк лесопожарных машин насчитывал 14 636 единиц, из них свыше 8 тыс. ещё предстояло дооборудовать системой ГЛОНАСС [2]. Проведённый анализ показал, что суммарно под действие ПП 1378 и ПП 1967 подпадает более 200 тыс. единиц техники [5].

Весной 2024 года Рослесхоз совместно с АО «ГЛОНАСС» и Минпромторгом провёл пилотный эксперимент по интеграции ФГИС ЛК с «ЭРА-ГЛОНАСС» в Архангельской, Ульяновской и Костромской областях. В рамках эксперимента аппаратурой спутниковой навигации российского производства были оборудованы 60 моделей лесной техники, принадлежащей крупным, средним и малым предприятиям. Подключённая техника наработала свыше 10 тыс. часов и преодолела более 257 тыс. км. К ноябрю 2024 года к системе «ЭРА-ГЛОНАСС» подключили первые 600 транспортных средств, а для массового подключения был создан личный онлайн-кабинет на портале my.aoglonass.ru [10].

Заместитель руководителя Рослесхоза В. Спиренков отметил, что Архангельская и Ульяновская области были выбраны в качестве пилотных регионов, поскольку первыми начали работу в единой информационной системе лесного хозяйства. Успешный опыт позволил перейти к масштабированию: по плану к концу 2024 года к ФГИС ЛК должны были подключиться все субъекты Российской Федерации [2].

Влияние спутникового контроля на противодействие незаконным рубкам. Рассмотрим подробнее, как спутниковые данные влияют на динамику нелегальных заготовок. Дистанционный мониторинг использования лесов, опирающийся на космическую съёмку и наземную верификацию, в 2024 году охватил 546 лесничеств в 42 регионах с суммарной площадью 300 млн гектаров – это 42 % земель лесного фонда, покрытых лесами. В 2023 году объём незаконно заготовленной древесины, выявленный дистанционным мониторингом, сократился более чем в полтора раза по сравнению с 2022 годом (с 343,5 до 212,2 тыс. м³), а число зафиксированных нарушений снизилось с 1524 до 980 [10]. Результаты 2024 года подтвердили устойчивость данной динамики. По данным замруководителя Рослесхоза А. Винокуровой, объём незаконной рубки, выявленный дистанционным мониторингом, сократился ещё на 32 %, составив 0,13 млн м³ при 1,2 тыс. зафиксированных нарушений. В 16 из 42 регионов, находящихся под космическим контролем, за указанный период не зафиксировано ни одного случая незаконной рубки. Начальник Управления федерального лесного надзора Рослесхоза А. Абрамов связал положительную динамику с ростом кратности патрулирования и расширением площади дистанционного мониторинга.

Нами выявлено, что косвенное профилактическое воздействие спутникового контроля не менее значимо, чем прямое обнаружение нарушений. Если раньше «чёрные лесорубы» могли рассчитывать на изолированность лесосеки, то спутниковые снимки позволяют обнаруживать изменения лесного покрова на участках площадью от 0,1 га с периодичностью раз в неделю. Интеграция навигационного мониторинга лесовозов (через «ЭРА-ГЛОНАСС») с космической съёмкой создаёт многоуровневую систему

контроля, при которой маршрут каждого автомобиля можно сопоставить с координатами законных участков.

При всех преимуществах системы её практическое развёртывание сопряжено с рядом трудностей. Прежде всего – масштаб оснащения: более 200 тыс. единиц техники необходимо укомплектовать терминалами, зарегистрировать в «ЭРА-ГЛОНАСС» и подключить к ФГИС ЛК [5]. Производственных мощностей российских изготовителей АСН на конец 2024 года не хватало для удовлетворения спроса, а ажиотаж привёл к росту стоимости комплектов оборудования [6]. Для малых лесозаготовительных предприятий стоимость комплекта в совокупности с расходами на абонентское обслуживание становится ощутимой статьёй затрат.

Вторая группа проблем связана с инфраструктурой связи. Покрытие сотовых сетей в лесных массивах Сибири, Дальнего Востока, Северо-Запада по-прежнему фрагментарное, что приводит к задержкам в передаче данных [9]. Альтернативный сценарий – спутниковые каналы связи – пока остаётся экономически недоступным для большинства предприятий. Возможно, развитие низкоорбитальных спутниковых группировок в перспективе снизит стоимость такого канала.

Перспективным направлением является интеграция навигационных данных с алгоритмами искусственного интеллекта. ФГИС ЛК уже предполагает внедрение нейросетевого анализа пространственной информации для автоматической верификации сведений о рубках [8]. Можно предположить, что к 2027–2028 годам система перейдёт от реактивного контроля (обнаружение после факта) к предиктивному – выявлению подозрительных маршрутных паттернов ещё до совершения правонарушения.

Заключение. Внедрение спутникового контроля лесозной техники представляет собой системный шаг к цифровизации лесного хозяйства России. Нормативно-правовая база, сформированная в 2021–2024 годах (ФЗ № 3-ФЗ, ПП 1378, ПП 1967, ФЗ № 165-ФЗ), определяет обязательность оснащения всех категорий лесной техники аппаратурой спутниковой навигации. Пилотный эксперимент в Архангельской, Ульяновской и Костромской областях подтвердил техническую работоспособность связки «ЭРА-ГЛОНАСС» – ФГИС ЛК. Данные дистанционного мониторинга свидетельствуют о снижении объёмов незаконных рубок более чем на 30% ежегодно. Вместе с тем масштабное развёртывание системы осложняется дефицитом оборудования, неравномерностью сотового покрытия и финансовой нагрузкой на малый бизнес. Дальнейшее развитие спутникового контроля предполагает интеграцию навигационных и космических данных с технологиями искусственного интеллекта для создания предиктивной модели управления лесотранспортными потоками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Медведев, С. О. Теоретические подходы к исследованию экономической природы лесотранспортных потоков / С. О. Медведев // Вопросы устойчивого развития общества. – 2025. – № 2. – С. 45–58.
2. Рослесхоз: лесную технику подключат к ГЛОНАСС до конца года // Официальный сайт Рослесхоза. – 2024. – URL: <https://rosleshoz.gov.ru/news/federal/rosleskhoz-lesnuyu-tekhniku-podklyuchat-k-glonass-do-kontsa-goda-n10840/> (дата обращения: 08.03.2026).
3. Спутниковая навигация для лесной техники: как выбрать оборудование и подключиться к ЭРА-ГЛОНАСС // Глобал Урал. – 2026. – URL: <https://global-ural.ru/news/sputnikovaia-navigaciia-dlia-lesnoi-tehniki> (дата обращения: 08.03.2026).
4. Российская Федерация. О внесении изменений в Лесной кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации : федер. закон от 4 февр. 2021 г. № 3-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2021. – № 6. – Ст. 963.

5. Установка ГЛОНАСС на лесовозы: законы, оборудование, подключение по ПП РФ № 1378 // Omnicomm. – 2024. – URL: <https://omnicomm.pro/about/articles/podklyuchit-lesnuyu-tehniku-k-glonass-pp-1378/> (дата обращения: 08.03.2026).
6. Обязательная установка ГЛОНАСС на лесную технику под ПП 1378: что важно знать // ATI.SU. – 2024. – URL: <https://zen.ati.su/article/2024/12/24/objazatel'naja-ustanovka-glonass-na-lesnuju-tehniku-pod-pp-1378> (дата обращения: 08.03.2026).
7. ЭРА-ГЛОНАСС для лесовозов и лесной техники // Geostron. – 2025. – URL: <https://geostron.ru/glonass-dlya-lesovozov> (дата обращения: 08.03.2026).
8. ФГИС ЛК: единый цифровой центр управления лесными ресурсами // Своё фермерство. – 2025. – URL: <https://svoefarmerstvo.ru/svoemedia/articles/fgis-lk-edinyj-cifrovoj-centr-upravlenija-lesnymi-resursami> (дата обращения: 08.03.2026).
9. Контроль расхода топлива лесозаготовительной компании // GeoSMT. – 2026. – URL: <https://geosmt.ru/cases/kontrol-rashoda-topliva-lesozagotovitel'noj-kompanii/> (дата обращения: 08.03.2026).
10. Лесная техника с «ЭРА-ГЛОНАСС»: первые шестьсот транспортных средств в государственной информационной системе // Министерство транспорта Российской Федерации. – 2024. – URL: <https://mintrans.gov.ru/press-center/branch-news/5482> (дата обращения: 08.03.2026).

REFERENCES

1. Medvedev, S. O. Theoretical approaches to the study of the economic nature of forest transportation flows / S. O. Medvedev // Issues of sustainable development of society. – 2025. – No. 2. – pp. 45-58.
2. Rosleskhoz: forestry equipment will be connected to GLONASS by the end of the year // Official website of Rosleskhoz. – 2024. – URL: <https://rosleskhoz.gov.ru/news/federal/rosleskhoz-lesnuyu-tehniku-podklyuchat-k-glonass-do-kontsa-goda-n10840/> (date of access: 03/08/2026).
3. Satellite navigation for forestry equipment: how to choose equipment and connect to ERA-GLONASS // Global Ural. – 2026. – URL: <https://global-ural.ru/news/sputnikovaia-navigaciia-dlia-lesnoi-texniki> (date of application: 03/08/2026).
4. Russian Federation. On Amendments to the Forest Code of the Russian Federation and Certain Legislative Acts of the Russian Federation : feder. Law No. 3-FZ of February 4, 2021 // Collection of Legislation of the Russian Federation. – 2021. – No. 6. – Article 963.
5. Installation of GLONASS on logging trucks: laws, equipment, connection according to RF PP No. 1378 // Omnicomm. - 2024. – URL: <https://omnicomm.pro/about/articles/podklyuchit-lesnuyu-tehniku-k-glonass-pp-1378/> (date of reference: 03/08/2026).
6. Mandatory installation of GLONASS on forestry equipment under PP 1378: what is important to know // ATI.SU. – 2024. – URL: <https://zen.ati.su/article/2024/12/24/objazatel'naja-ustanovka-glonass-na-lesnuju-tehniku-pod-pp-1378> (date of request: 03/08/2026).
7. ERA-GLONASS for logging trucks and forestry equipment // Geostron. – 2025. – URL: <https://geostron.ru/glonass-dlya-lesovozov> (date of access: 03/08/2026).
8. FGIS LC: unified digital center for forest resources management // Svo farming. – 2025. – URL: <https://svoefarmerstvo.ru/svoemedia/articles/fgis-lk-edinyj-cifrovoj-centr-upravlenija-lesnymi-resursami> (date of request: 03/08/2026).
9. Control of fuel consumption of a logging company // GeoSMT. - 2026. – URL: <https://geosmt.ru/cases/kontrol-rashoda-topliva-lesozagotovitel'noj-kompanii/> / (date of access: 03/08/2026).
10. Forestry machinery from ERA-GLONASS: the first six hundred vehicles in the state information system // Ministry of Transport of the Russian Federation. - 2024. – URL: <https://mintrans.gov.ru/press-center/branch-news/5482> (date of request: 03/08/2026).

УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМАМИ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ НА ОСНОВЕ ГЛОНАСС В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНОВ ВНУТРЕННИХ ДЕЛ

Е.Д. Утенкова¹, Д.С. Бошина², А.С. Лукьянов³

¹ Воронежский институт МВД России,
г. Воронеж, Россия, Utionkova.liza@gmail.com

² Воронежский институт МВД России,
г. Воронеж, Россия, darya.boshina@yandex.ru

³ Воронежский институт МВД России,
г. Воронеж, Россия, las92@yandex.ru

Аннотация. анализ функций и преимуществ спутниковой навигационной системы и способы применения транспортной логистики в интересах органов внутренних дел, позволяющие повысить оперативность и прозрачность работы правоохранительных органов. Современное решение применения данных систем позволяет улучшить эффективность мониторинга и управления транспортными средствами ведомственных подразделений.

Ключевые слова. спутниковые навигационно-мониторинговые системы, аппаратурой спутниковой навигации, ГЛОНАСС, местоположение.

MANAGEMENT OF TRANSPORT LOGISTICS SYSTEMS BASED ON GLONASS IN THE ACTIVITIES OF INTERNAL AFFAIRS BODIES

E.D. Utenkova¹, D.S. Boshina², A.S. Lukyanov³

¹ Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia
Voronezh, Russia, Utionkova.liza@gmail.com

² Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia,
Voronezh, Russia, darya.boshina@yandex.ru

³ Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia,
Voronezh, Russia, las92@yandex.ru

Abstract. analysis of the functions and advantages of the satellite navigation system and the ways of applying transport logistics in the interests of the internal affairs bodies, which allow to increase the efficiency and transparency of the work of law enforcement agencies. The modern solution of the application of these systems allows to improve the efficiency of monitoring and management of vehicles of departmental units.

Keywords. satellite navigation and monitoring systems, satellite navigation equipment, GLONASS, location.

В условиях роста урбанизации и увеличения транспортной нагрузки на городские магистрали органы внутренних дел (ОВД) сталкиваются с необходимостью оперативного реагирования на происшествия. Внедрение спутниковых навигационных систем, в частности ГЛОНАСС, открывает новые возможности для управления транспортной логистикой в деятельности ОВД, что позволяет повысить эффективность патрулирования, сократить время реагирования на вызовы и оптимизировать использование ресурсов.

Спутниковые системы, обеспечивают высокоточное позиционирование объектов в реальном времени и в контексте транспортной логистики ОВД выполняет следующие функции, которые представлены на рисунке 1:

Рассмотрим несколько сценариев применения ГЛОНАСС в транспортной логистике ОВД:

- *Патрулирование городских районов*, т.е. диспетчер в режиме реального времени видит расположение всех патрульных автомобилей на электронной карте. При поступлении вызова он направляет ближайший экипаж, прокладывая оптимальный маршрут с учётом текущей дорожной обстановки.

- *Преследование нарушителей*, т.е. система отслеживает маршрут автомобиля нарушителя и патрульных машин, предоставляя диспетчеру рекомендации по блокированию возможных путей отхода.

- *Организация дорожного движения при массовых мероприятиях*, т.е. ГЛОНАСС помогает координировать работу нарядов ДПС, регулирующих потоки транспорта и пешеходов, обеспечивая безопасность и минимизируя пробки.

- *Поиск угнанных транспортных средств*, т.е. интеграция с базами данных угнанных автомобилей позволяет автоматически оповещать ближайшие экипажи при обнаружении подозрительного транспортного средства.

На текущий момент в территориальных органах МВД России используются различные спутниковые навигационно-мониторинговые системы (СНМС) со своими протоколами информационного взаимодействия и картографической основой. Однако многие из них устарели, а их функциональные возможности не соответствуют современным требованиям.



Рисунок 1 – Функции ГЛОНАСС транспортной логистики

Figure 1 – GLONASS Transport Logistics Functions

Важным шагом в развитии навигационного обеспечения ОВД стало принятие на снабжение в 2022 году автоматизированной системы мониторинга объектов на базе «ЭРА-ГЛОНАСС». Данная система интегрируется с Единой системой информационно-аналитического обеспечения деятельности МВД России и призвана стать основой для создания Единой СНМС. Внедрение ГЛОНАСС в транспортную логистику ОВД даёт ряд существенных преимуществ, представленных на рисунке 2:

Развитие системы навигационного обеспечения (СНО) ведомственных подразделений предполагает реализацию следующих направлений:

- *Создание Единой СНМС* на базе системой информационно-аналитического обеспечения деятельности МВД России, что обеспечит централизованное управление силами и средствами, высокую надёжность и защиту информации.

- *Оснащение ОВД современной аппаратурой спутниковой навигации (АСН)*, т.е. новые устройства должны поддерживать работу с ГЛОНАСС и другими ГНСС, обладать повышенной точностью и устойчивостью к помехам.

- *Подготовка квалифицированных кадров*, т.е. организация обучения сотрудников работе с навигационными системами и анализу получаемых данных.

- *Расширение области применения*, где перспективными направлениями являются: управление беспилотными транспортными средствами и воздушными судами; синхронизация времени в системах связи и управления; электронный мониторинг лиц, состоящих под административным надзором; интеграция с навигационными данными других силовых структур.

- *Развитие высокоточной навигации*, т.е. использование дифференциальных поправок и технологий РТК, которые позволяют повысить точность позиционирования до десятков сантиметров, что важно для специфических задач.



Рисунок 2 – Преимущества ГЛОНАСС транспортной логистики
Figure 2 – Advantages of GLONASS in Transport Logistics

Несмотря на очевидные преимущества, внедрение ГЛОНАСС в транспортной логистике ОВД сталкивается и с рядом проблем:

- *Устаревшая инфраструктура*. Многие подразделения используют оборудование, не поддерживающее современные стандарты. Решение: поэтапная замена АСН с учётом норм положенности.

- *Недостаточная защищённость данных*. Передача навигационной информации требует надёжного шифрования. Решение: внедрение сертифицированных средств защиты информации.

- *Дефицит квалифицированных специалистов.* Сотрудники не всегда обладают навыками работы с навигационными системами. Решение: организация курсов повышения квалификации и включение соответствующих дисциплин в программы учебных заведений МВД России.

- *Финансовые ограничения.* Модернизация требует значительных инвестиций. Решение: оптимизация расходов за счёт централизации закупок и использования отечественного оборудования.

В заключении хотелось бы отметить, что управление системами транспортной логистики на основе ГЛОНАСС – важный элемент модернизации органов внутренних дел. Внедрение данной технологии позволяет повысить оперативность, эффективность и прозрачность работы правоохранительных органов, а также снизить эксплуатационные расходы. Создание Единой СНМС в рамках системы информационно-аналитического обеспечения деятельности МВД России станет ключевым шагом на пути к формированию единой информационно-навигационной среды, отвечающей современным вызовам безопасности. Дальнейшее развитие системы должно сопровождаться совершенствованием нормативной базы, оснащением подразделений современным оборудованием и подготовкой квалифицированных кадров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 31380-2009. Глобальные навигационные спутниковые системы. Аппаратура потребителей. Классификация. – Введ. 2011-10-01. – Москва : Стандартиформ, 2012. – 3 с.

2. Жайворонок Д.А. Организация радиосвязи с удаленными подвижными наземными объектами // Д. А. Жайворонок, С. В. Дорохин, В. А. Иванников / Моделирование, оптимизация и информационные технологии – Воронеж : 2024. Т. 12. № 4. 110-115 с.

3. Информационно-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.

4. Мыкольников 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. – Introduced. 2011-10-01. – Moscow: Standartinform, 2012. – 3 p.

2. Zhayvoronok D.A. Organization of radio communication with remote mobile ground objects // D. A. Zhayvoronok, S. V. Dorokhin, V. A. Ivannikov / Modeling, optimization and information technologies – Voronezh : 2024. V. 12. No. 4. 110-115 p.

3. Information and analytical materials on the research project «Information and Communication Technology «Digital Police» (in terms of navigation support)", code: «ICT «Digital Police» / D.V. Dyachenko [et al.]. – Kaluga: Kaluga Branch of the Federal State Unitary Enterprise «STiS» of the Ministry of Internal Affairs of Russia, 2020. – 95 p.

4. Mylnikov, Ya. V. Application of GLONASS/GPS satellite navigation equipment by employees of internal affairs bodies and servicemen of internal troops of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation : textbook / Ya. V. Mylnikov, Yu. I. Bazarov ; edited by I. B. Vlasov. – Moscow : Poliservis, 2016. – 315 p.

РАЗВИТИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ТРАНСПОРТЕ

С.Н. Сухатерина¹

¹ ФГОБУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет», Москва, Россия
suhaterina.s.n@yandex.ru

Аннотация: в статье рассматриваются механизмы государственной поддержки процессов цифровизации транспортной отрасли. Представлены цифровые инициативы в транспортной сфере за период 2024 и 2025 годы. Автором изучены основные направления государственной поддержки цифровых решений на транспорте; проанализированы существующие механизмы стимулирования цифровизации; оценены результаты внедрения цифровых технологий; выявлены перспективы дальнейшего развития транспортной отрасли.

Ключевые слова: транспорт, цифровые технологии, перспективы, барьеры.

DEVELOPMENT OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN TRANSPORT

S.N. Suhaterina¹

Federal State-Funded Educational Institution of
¹Higher Education « MIREA – Russian Technological University», Moscow, Russia
suhaterina.s.n@yandex.ru

Abstract: The article discusses the mechanisms of state support for the digitalization processes in the transport industry. It presents digital initiatives in the transport sector for the period of 2024 and 2025. The author examines the main areas of state support for digital solutions in transport, analyzes the existing mechanisms for stimulating digitalization, evaluates the results of the implementation of digital technologies, and identifies the prospects for further development of the transport industry.

Keywords: transport, digital technologies, prospects, barriers.

В современных условиях цифровизация экономики становится ключевым фактором развития всех отраслей народного хозяйства. Особое значение этот процесс приобретает в транспортной сфере, где внедрение цифровых технологий способно обеспечить развитие и повышение конкурентоспособности национальной экономики.

Транспортная отрасль – одна из ключевых отраслей экономики страны, от эффективности функционирования которой зависят темпы развития других отраслей, уровень жизни населения и конкурентоспособность страны в целом. От организации транспортных процессов зависит обеспечение взаимосвязи регионов, перемещение товаров и пассажиров, интеграция страны в мировую экономическую систему. В условиях глобальной цифровизации именно транспортный сектор становится одним из приоритетных направлений государственной поддержки и развития.

Актуальность цифровизации транспорта обусловлена необходимостью создания современной транспортно-дорожной и цифровой инфраструктуры, способной обеспечить эффективное функционирование транспортного комплекса. Государственная поддержка цифровизации транспортной отрасли направлена на формирование новых технологических решений, повышение эффективности транспортных процессов и обеспечение безопасности перевозок.

В настоящее время цифровизация стала важным инструментом трансформации транспортного комплекса. Внедрение цифровых технологий позволяет повысить безопасность на транспорте, оптимизировать процессы доставки грузов и пассажиров, снизить себестоимость перевозок и улучшить качество транспортных услуг. Цифровизация транспортной отрасли становится приоритетным направлением государственной политики [1, 2]. В статье приведен анализ мер государственной поддержки цифровизации транспортной отрасли и предложены перспективы дальнейшей цифровизации транспорта. Для достижения поставленной цели решены задачи: изучены основные направления государственной поддержки цифровых решений на транспорте согласно [1, 2]; проанализированы существующие механизмы стимулирования цифровизации; оценены результаты внедрения цифровых технологий; выявлены перспективы дальнейшего развития транспортной отрасли.

Основные проекты, направленные на развитие цифровых инструментов, приведены на рисунке 1.

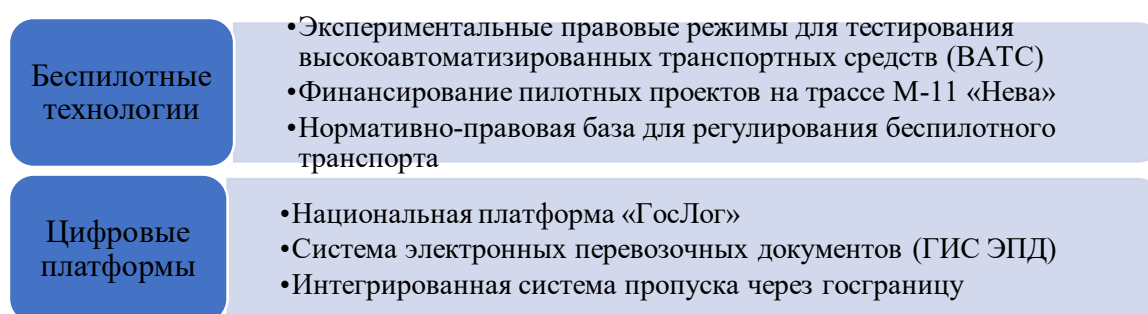


Рисунок 1 – Основные проекты по развитию цифровизации транспорта

Figure 1 – Major projects aimed at developing transport digitalization

В статье рассмотрены основные механизмы поддержки цифровых инициатив в транспортной сфере за период 2024 и 2025 годы (таблица 1) [1, 2].

Таблица 1 – Мероприятия в области цифровизации транспорта

Table 1 – Activities in the field of digitalization of transport

Направление	Реализованные меры	Полученный результат
Беспилотные технологии	Эксперимент на трассе М-11 «Нева-Дон»	390,3 тыс. куб. м грузоперевозок
	Парк ВАТС	55 грузовиков в эксплуатации
Цифровые системы пропуска	Создание интеллектуальных пунктов пропуска	12 000 цифровых досье транспортных средств
Электронные сервисы	Внедрение ГИС ЭПД	8,2 млн документов обработано
	ФГИС «Такси»	691 050 зарегистрированных такси
Экстренная помощь	«ЭРА-ГЛОНАСС»	12,2 млн подключенных ТС
Цифровизация транспортно-логистической деятельности	Национальная цифровая транспортно-логистическая платформа «ГосЛог»	Эксперимент до июня 2025 г.
Бронирование времени	Электронная очередь	39 000 зарегистрированных ТС

Управление льготными перевозками (УЛСП)	АИС УЛСП	2,2 млн оформленных билетов
---	----------	-----------------------------

Процесс цифровизации имеет ряд преимуществ и перспектив при внедрении, но также сталкивается с рядом сложностей. Систематизированные преимущества, перспективы внедрения и возникающие сложности представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Преимущества, перспективы, препятствия цифровизации транспорта
Table 1 – Advantages, prospects, and obstacles of transport digitalization

Преимущества цифровизации транспорта	Перспективы цифровизации транспорта	Вызовы цифровизации транспорта
• Экономический эффект: снижение издержек на документооборот • Оперативность: мгновенная обработка данных • Безопасность: повышение контроля за перевозками • Удобство: доступность сервисов через интернет • Прозрачность: единый доступ к информации	• Расширение применения искусственного интеллекта • Развитие квантовых технологий • Внедрение биометрии • Создание единого цифрового пространства	• Высокие затраты на внедрение • Кадровый дефицит • Техническая неоднородность • Вопросы кибербезопасности

Цифровизация транспортного комплекса – важный и неизбежный этап развития транспортной отрасли. Внедрение цифровых технологий уже приносит ощутимые результаты: оптимизируются транспортно-логистические процессы, снижаются затраты на организацию транспортного процесса, улучшается качество услуг. Государственная поддержка цифровизации играет ключевую роль в формировании современной цифровой транспортной системы, способной отвечать вызовам времени и обеспечивать устойчивое развитие отрасли, укрепление позиций страны на международном транспортном рынке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доклад о реализации в 2025 году Плана деятельности Министерства транспорта Российской Федерации на 2025–2030 годы, 2026. 78 с. // URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/9/15376> (дата обращения 14.04.2026).
2. Доклад о результатах деятельности Министерства транспорта Российской Федерации за 2024 год, целях и задачах на 2025 год и плановый период до 2027 года. Москва, Минтранс РФ, 2025. 40 с. // URL: <https://mintrans.gov.ru/file/529090> (дата обращения 14.04.2026).

REFERENCES

1. Report on the implementation of the Ministry of Transport of the Russian Federation's 2025-2030 Action Plan in 2025, 2026. 78 p. // URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/9/15376> (accessed on 14.04.2026).
2. Report on the results of the Ministry of Transport of the Russian Federation's activities in 2024, goals and objectives for 2025 and the planning period until 2027. Moscow, Ministry of Transport of the Russian Federation, 2025. 40 p. // URL: <https://mintrans.gov.ru/file/529090> (accessed on 14.04.2026).

Секция 2. Интеллектуальные транспортные системы, искусственный интеллект на транспорте

DOI: 10.58168/MTST2026_58-64
УДК 656.13

ФОРМАЛИЗАЦИЯ АРХИТЕКТУРЫ ИТС НА ОСНОВЕ СЕМАНТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ И ПОТРЕБНОСТЕЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

О.Ю. Булатова¹, Х. Цзянг²

¹ Донской государственный технический университет,
г. Ростов-на-Дону, Россия, e-mail: mip.rnd@yandex.ru

² Шаньдунский транспортный университет,
г. Цзинань, Китай, e-mail: jiang.live.in.rus@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается подход к формализации описания интеллектуальных транспортных систем (ИТС) на основе семантического моделирования. Анализируются современные архитектуры ИТС, включая концепцию кооперативных интеллектуальных транспортных систем и «облака транспортных средств» (Vehicular Cloud). Предложена интеграция семантической модели с классификацией потребностей пользователей на основе методологии KAREN.

Ключевые слова: интеллектуальные транспортные системы, семантическое моделирование, кооперативные интеллектуальные транспортные системы, V2X, потребности пользователей.

ITS ARCHITECTURE FORMALIZATION BASED ON THE SEMANTIC MODEL AND USER NEEDS

O. U. Bulatova¹, H. Jiang²

¹Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia, e-mail: mip.rnd@yandex.ru

²Shandong Jiaotong University, Jinan, China, e-mail: jiang.live.in.rus@mail.ru

Abstract. The article discusses an approach to formalizing the description of intelligent transport systems (ITS) based on semantic modeling. Modern ITS architectures are analyzed, including the concept of cooperative intelligent transport systems and the Vehicular Cloud. The integration of the semantic model with the classification of user needs based on the KAREN methodology is proposed.

Keywords: intelligent transport systems, semantic modeling, cooperative systems, V2X, user needs.

Современные интеллектуальные транспортные системы представляют собой сложные киберфизические системы, объединяющие физические компоненты (транспортные средства, дорожную инфраструктуру) и вычислительные процессы. Развитие технологий связи V2X и появление концепции «облака транспортных средств» (Vehicular Cloud) трансформируют транспортные средства в активных производителей данных, что создает новые вызовы для проектирования архитектуры ИТС и разработки сервисов.

Несмотря на обилие имитационных платформ для моделирования трафика, существует пробел в семантическом описании ИТС как единого целого, которое могло бы служить основой для проектирования технологических решений. Также при разработке ИТС недостаточно учитываются реальные потребности конечных

пользователей (пассажиров, перевозчиков, операторов). Целью данной работы является синтез подхода к семантическому моделированию ИТС и его интеграция с формализованными потребностями пользователей для создания более эффективных и ориентированных на человека систем управления мобильностью.

Согласно стандартам ETSI EN 302 665, архитектура ИТС базируется на взаимодействии стационарных и мобильных ИТС-станций (центральных, дорожных, автомобильных, персональных). Ключевой характеристикой современных сетей является переход от простых VANET (vehicular ad-hoc networks) к концепции автономных облаков, где ресурсы бортовых устройств объединяются для решения задач, превышающих возможности одного узла связи.

На рисунке 1 представлен фрагмент семантической модели, описывающей взаимодействие ИТС-станций. Данная модель формализует отношения между физической структурой дороги (DigitalRoad), стационарными и мобильными станциями, а также типами коммуникаций (V2X, I2I) и используемыми протоколами связи (ИТС-G5, 4G/5G, Bluetooth) [1-10].

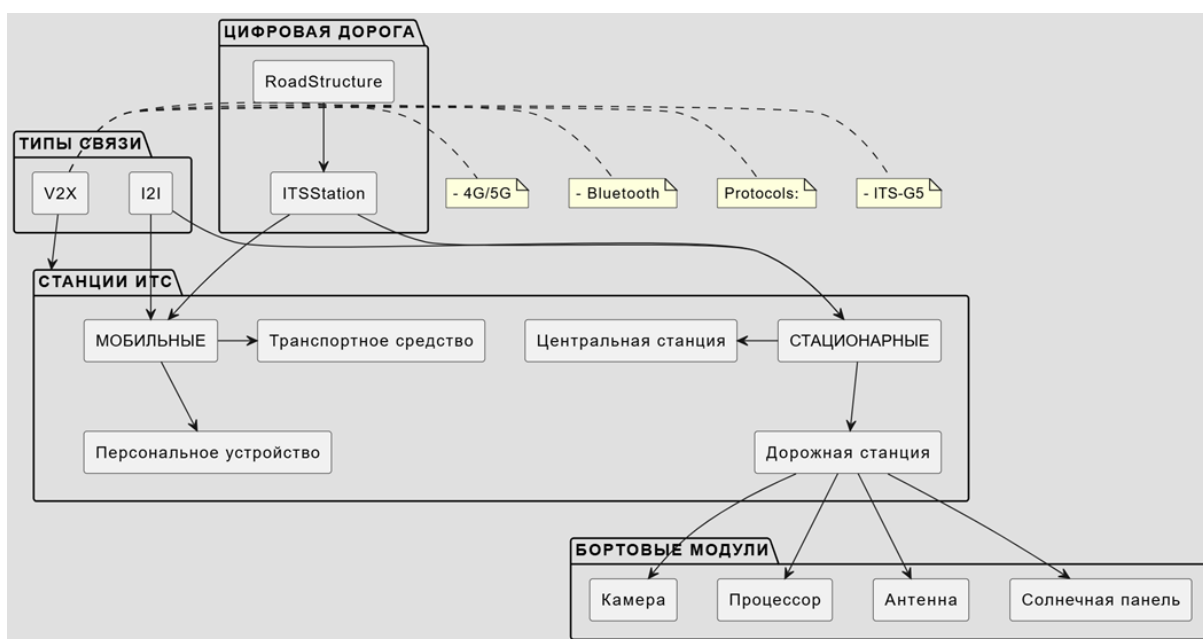


Рисунок 1 – Фрагмент семантической модели ИТС
Figure 1 – ITS semantic model fragment

Данная модель, построенная на принципах объектно-ориентированного подхода, позволяет абстрагироваться от конкретной реализации и описывать систему на мета-уровне. Использование данного мета-описания обеспечивает возможность многократного применения разработанных архитектурных решений для различных сценариев функционирования ИТС без необходимости перестройки базовой логики системы.

Разработка любой ИТС должна быть направлена на удовлетворение потребностей конкретных групп пользователей. В таблице 1 представлен анализ некоторых потребностей, формализованных в рамках европейского проекта KAREN, и их корреляция с возможностями современных ИТС.

Таблица 1 – Примеры потребностей пользователей и их реализация в ИТС
Table 1 – User needs and their implementation in ITS examples

Категория пользователя	Потребность (ID)	Описание потребности	Технологическое решение в рамках семантической модели
Водители транспортных средств	6.2.2.3	Информирование велосипедистов и пешеходов о подходящих маршрутах	ИТС-станции, V2X
Органы местной власти	7.1.12.1	Управление пешеходными переходами	Дорожные ИТС-станции с актуаторами (Actuator), подключение к центральным станциям
Водители транспортных средств (с особыми потребностями)	1.14.3 / 1.14.4	Мультимодальный ввод/вывод информации (голос, укрупненный текст, HUD)	Интерфейсы ComputingUnit, интеграция с ИТС
Операторы	7.2.0.5	Сбор и фильтрация экстренных вызовов	Интеграция V2X с системами ситуационного управления

Анализ потребностей, представленных в таблице 1, позволяет выявить следующую закономерность: различные категории пользователей предъявляют как уникальные, так и пересекающиеся требования к ИТС. Например, потребность в адаптации информации для разных классов пользователей (ID 6.1.2.6 и 6.2.2.9) дублируется, что свидетельствует о необходимости унификации интерфейсов взаимодействия на уровне коммуникационных блоков ИТС-станций.

Особого внимания заслуживают потребности уязвимых участников дорожного движения. Так, требования к информированию велосипедистов и пешеходов о безопасных маршрутах (ID 6.2.2.3) могут быть реализованы только при наличии двусторонней связи между персональными устройствами и дорожными станциями через протоколы ближнего радиуса действия (Bluetooth, ITS-G5).

Формализация потребностей операторов (ID 7.2.0.5) и органов местной власти (ID 7.1.12.1) показывает необходимость интеграции сенсорных блоков дорожных станций с центральными системами ситуационного управления.

Наибольшая эффективность реализации ИТС достигается при комплексном подходе. Интеграция семантической модели с формализованными потребностями пользователей позволяет перейти к моделированию сценариев.

Рассмотрим сценарий: ДТП с участием автомобиля. Система (Vehicle-ИТС Station-V1) через протокол ИТС-G5 передает сообщение об инциденте (M1) на дорожную станцию RSU2. RSU2, используя сети дальней связи (4G/LongRange), транслирует предупреждение удаленным автомобилям (M5). Одновременно, система учитывает потребность уязвимых участников (Потребности пользователей 6.2.2.3) через

дорожную станцию отправляется сигнал на светофорный объект для изменения режима работы и информирования пешеходов о перенаправлении потоков (таблица 2).

Таблица 2 – Формализация сценария реагирования ИТС на ДТП с учетом потребностей уязвимых участников движения

Table 2 – ITS accident response scenario formalization, taking into account the needs of vulnerable road users

Этап	Действие / Событие	Участник (Станция)	Протокол/ Интерфейс	Информационный элемент (Семантическая модель)	Реализуемая потребность (KAREN ID)
Событие	Фиксация факта столкновения (срабатывание подушек безопасности, данные с CAN-шины).	Vehicle-ITS-S (V1)	Внутренняя шина CAN	блок обработки данных автомобиля)	-
Коммуникация (V2I)	Автоматическая генерация и отправка сообщения об инциденте (DENM).	Vehicle-ITS-S (V1)	ITS-G5 (V2X)	V2X	7.2.0.5 (Сбор и фильтрация экстренных вызовов)
Валидация	Прием DENM дорожной станцией, проверка подлинности и локализация события.	Roadside-ITS-S (RSU2)	ITS-G5	RoadsideUnit, цифровая дорожная карта	7.1.12.1 (Управление на основе данных с сенсоров)
Обработка	Анализ критичности события и определение зоны влияния (опасная зона, необходимость перенаправления потоков).	Roadside-ITS-S (RSU2)	Локальный процессор	блок принятия решений	-

Этап	Действие / Событие	Участник (Станция)	Протокол/ Интерфейс	Информационный элемент (Семантическая модель)	Реализуемая потребность (KAREN ID)
Коммуникация (I2V)	Рассылка предупредительных сообщений (CAM) водителям в зоне риска (о препятствии, снижении скорости).	Roadside-ITS-S (RSU2)	ITS-G5 (V2X)	V2X	1.14.3 / 1.14.4 (Адаптивный вывод информации)
Коммуникация (I2I)	Отправка команды на изменение режима работы светофорного объекта.	Roadside-ITS-S (RSU2)	I2I (проводной/оптоволоконный)	исполнительное устройство, подключение к Центральной станции	-
Физическое воздействие (Актация)	Включение запрещающего сигнала для пешеходов и автомобилей на пересекающих направление (очистка зоны). Блокировка въезда на участок.	Traffic Light Controller	Проводной интерфейс	исполнительное устройство	6.2.2.3 (Безопасность пешеходов и велосипедистов)
Коммуникация (V2P) (Опционально)	Отправка сигнала на мобильные приложения пешеходов в зоне ДТП с рекомендацией изменить маршрут.	Roadside-ITS-S (RSU2)	Bluetooth / 4G/5G	Персональная станция (смартфон), LongRange	6.2.2.3 (Информирование уязвимых участников)

В результате проведенного исследования решены следующие задачи:

1. Предложена интеграция семантической модели ИТС, описывающей архитектуру и коммуникационные взаимодействия, с формализованными потребностями пользователей на основе методологии KAREN. Такой подход позволяет перейти от описания структуры системы к ее функциональному проектированию.

2. Выполнен анализ потребностей различных групп пользователей (водители, пешеходы, операторы, лица с особыми потребностями, органы власти), который показал возможность прямого сопоставления функциональных требований с конкретными элементами семантической модели: типами ИТС-станций, функциональными блоками и протоколами связи.

3. На примере сценария дорожно-транспортного происшествия продемонстрирована возможность комплексной обработки события с автоматическим

учетом интересов уязвимых участников движения (пешеходов, велосипедистов).

4. Обосновано, что формализация требований на ранних этапах проектирования ИТС позволяет создавать более точные имитационные модели, учитывающие не только характеристики транспортных потоков, но и сценарии взаимодействия различных участников дорожного движения, а также проектировать клиентоориентированные сервисы ИТС с обеспечением доступности информации для лиц с особыми потребностями.

Таким образом, предложенный в работе подход к синтезу семантического моделирования и анализа потребностей пользователей создает теоретическую и методическую основу для перехода от разрозненных технологических решений к целостному проектированию интеллектуальных транспортных систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лёвин Б.А., Цветков В.Я. Киберфизические системы в управлении транспортом. Мир транспорта. 2018;16(2):138-145. <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2018-16-2-13>.
2. ETSI EN 302 665 V1.0.0 (2010-03). – URL: https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/302600_302699/302665/01.00.00_20/en_302665v010000c.pdf.
3. Криволапова, О. Ю. Особенности построения Архитектуры интеллектуальных транспортных систем / О. Ю. Криволапова // Вестник Тихоокеанского государственного университета. – 2012. – № 1(24). – С. 99-102. – EDN OWUAOJ.
4. Дорохин, С. В. Организации радиосвязи с удаленными подвижными наземными объектами / С. В. Дорохин, В. А. Иванников, Д. А. Жайворонок // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2024. – Т. 12, № 4(47). – DOI 10.26102/2310-6018/2024.47.4.028. – EDN DHXOLK.
5. Булатова, О. Ю. Концепция жизненного цикла кибер-физико-социальной транспортной системы в период проведения массовых мероприятий / О. Ю. Булатова, В. В. Зырянов // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. – 2025. – № 6(121). – С. 50-54. – EDN BVZUXY.
6. 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. – EDN EOYСQJ.
7. Глаголев, С. Н. Разработка математической модели управления движением транспортного потока / С. Н. Глаголев, И. А. Новиков, Л. Е. Куценко, Л. А. Королева // Мир транспорта и технологических машин. – 2023. – № 1-1(80). – С. 68-75. – DOI 10.33979/2073-7432-2023-1(80)-1-68-75. – EDN FXQH0E.
8. Шевцова, А. Г. Оценка экологических показателей транспортных потоков при изменении планов управления / А. Г. Шевцова, В. В. Васильева // Мир транспорта и технологических машин. – 2023. – № 3-1(82). – С. 101-107. – DOI 10.33979/2073-7432-2023-3-1(82)-101-107.
9. Зедгенизов, А. В. Оптимизация планирования и организации перевозок населения при обслуживании центров массового тяготения урбанизированных территорий на основе формирования транспортного спроса / А. В. Зедгенизов // Информационные технологии и инновации на транспорте: Материалы VI Международной научно-практической конференции, Орёл, 20 мая 2020 года /Под общей редакцией А.Н. Новиков. – Орёл: Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, 2020. – С. 20-26. – EDN QXMAFM.
10. Дорохин, С. В. Роль инновационных систем регулирования дорожного движения в транспортной инфраструктуре мегаполисов РФ / С. В. Дорохин, В. А. Рудь // Мир транспорта и технологических машин. – 2024. – № 4-2(87). – С. 122-127. – DOI 10.33979/2073-7432-2024-4-2(87)-122-127. – EDN VTXOQH.

REFERENCES

1. Lyovin B.A., Cvetkov V.Ya. Kiberfizicheskie sistemy v upravlenii transportom. Mir transporta. 2018;16(2):138-145. <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2018-16-2-13>

2. ETSI EN 302 665 V1.0.0 (2010-03). – URL: https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/302600_302699/302665/01.00.00_20/en_302665v010000c.pdf.
3. Krivolapova, O. Yu. OSOBENNOSTI PostroeniYa Arhitektury intellektual'nyh transportnyh sistem / O. Yu. Krivolapova // Vestnik Tihookeanskogo gosudarstvennogo univer-siteta. – 2012. – № 1(24). – S. 99-102. – EDN OWUAOJ.
4. Dorohin, S. V. Organizacii radiosvyazi s udalennymi podvizhnymi nazemnymi ob"ektami / S. V. Dorohin, V. A. Ivannikov, D. A. Zhajvoronok // Modelirovanie, optimizaciya i informacionnye tekhnologii. – 2024. – T. 12, № 4(47). – DOI 10.26102/2310-6018/2024.47.4.028. – EDN DHXOLK.
5. Bulatova, O. Yu. Koncepciya zhiznennogo cikla kiber-fiziko-social'noj transportnoj sistemy v period provedeniya massovyh meropriyatij / O. Yu. Bulatova, V. V. Zyryanov // Transport Rossijskoj Federacii. Zhurnal o nauke, praktike, ekonomike. – 2025. – № 6(121). – S. 50-54. – EDN BVZUXY.
6. Dorohin, S. V. Razvitie metodov upravleniya transportnymi potokami v mal'nyh i srednih gorodah / S. V. Dorohin, A. Yu. Artemov // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. – 2023. – № 1-1(80). – S. 60-67. – DOI 10.33979/2073-7432-2023-1(80)-1-60-67. – EDN EOYCQJ.
7. Glagolev, S. N. Razrabotka matematicheskoy modeli upravleniya dvizheniem transportnogo potoka / S. N. Glagolev, I. A. Novikov, L. E. Kushchenko, L. A. Koroleva // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. – 2023. – № 1-1(80). – S. 68-75. – DOI 10.33979/2073-7432-2023-1(80)-1-68-75. – EDN FXQHOE.
8. Shevcova, A. G. Ocenka ekologicheskikh pokazatelej transportnyh potokov pri izmenenii planov upravleniya / A. G. Shevcova, V. V. Vasil'eva // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. – 2023. – № 3-1(82). – S. 101-107. – DOI 10.33979/2073-7432-2023-3-1(82)-101-107.
9. Zedgenizov, A. V. Optimizaciya planirovaniya i organizacii perevozok naseleniya pri obsluzhivanii centrov massovogo tyagoteniya urbanizirovannyh territorij na osnove formirovaniya transportnogo sprosa / A. V. Zedgenizov // Informacionnye tekhnologii i innovacii na transporte: Materialy VI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Oryol, 20 maya 2020 goda /Pod obshchej redakciej A.N. Novikov. – Oryol: Orlovskij gosudarstvennyj universitet imeni I.S. Turgeneva, 2020. – S. 20-26. – EDN QXMAMF.
10. Dorohin, S. V. Rol' innovacionnyh sistem regulirovaniya dorozhnogo dvizheniya v transportnoj infrastrukture megapolisov RF / S. V. Dorohin, V. A. Rud' // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. – 2024. – № 4-2(87). – S. 122-127. – DOI 10.33979/2073-7432-2024-4-2(87)-122-127. – EDN VT XOQH.

ВЛИЯНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ РОСТА АВТОМОБИЛИЗАЦИИ

К.А. Бычкова¹, О.Ю. Нечаев¹, А.Г.а Шевцова¹

¹Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Белгород,
Россия, christosh3003@gmail.com

Аннотация. В статье рассматривается влияние интеллектуальных транспортных систем на уровень показателей безопасности дорожного движения в условиях интенсивного роста автомобилизации Белгородской области. На основе анализа статистических данных за период 2015–2025 гг. и прогнозных показателей до 2030 г. обоснована необходимость комплексной интеграции ИТС для снижения уровня ДТП.

Ключевые слова: интеллектуальные транспортные системы, безопасность дорожного движения, дорожно-транспортные происшествия, прогнозирование аварийности.

THE IMPACT OF INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS ON ROAD SAFETY IN THE CONTEXT OF GROWING AUTOMOBILIZATION

Ch.A. Bychkova¹, O.Yu. Nechaev¹, A.G. Shevtsova¹

¹ Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russia,
christosh3003@gmail.com

Abstract. This article examines the impact of intelligent transport systems on road safety performance in the context of rapidly growing motorization in the Belgorod Region. Based on an analysis of statistical data for the period 2015–2025 and projected indicators through 2030, the need for comprehensive integration of intelligent transport systems to reduce road accidents is substantiated.

Keywords: intelligent transport systems, road safety, road accidents, accident prediction.

Современный этап развития транспортной отрасли в регионах РФ характеризуется противоречивыми трендами. С одной стороны, наблюдается постепенный рост уровня автомобилизации населения, что свидетельствует о высокой оснащённости населения автомобилями, повышении качества жизни населения и экономической активности регионов. С другой стороны, с увеличением количества транспортных средств (ТС) изменяется негативно и ситуации на улично-дорожной сети, фиксируется в последние годы рост интенсивности транспортных потоков и повышение уровня дорожно-транспортных происшествий (ДТП) [1].

Несмотря на принимаемые меры РФ в рамках реализации национальных и федеральных проектов, а также федеральной целевой программы «Повышение безопасности дорожного движения», абсолютные показатели аварийности в некоторых регионах демонстрируют негативную тенденцию [2].

Особое внимание вызывает ситуация в регионах с высокой интенсивностью развития транспортной инфраструктуры и снижением безопасности дорожного движения (БДД), к которым относится и Белгородская область. Анализ статистических данных за период с 2015 по 2025 годы показывает, что традиционные меры по обеспечению БДД, основанные преимущественно на административном регулировании и совершенствовании дорожного полотна (устранения ям, выбоин и тд.), исчерпали свой потенциал эффективности. В этих условиях решением проблемы становится применение

и интеграция интеллектуальных транспортных систем (ИТС), которые способны обеспечить качественный скачок в повышении уровня БДД [3].

ИТС представляют собой систему инновационных решений, интегрирующих современные информационные и телематические технологии для автоматизированного управления транспортными потоками. Детальный анализ статистических данных согласно показателям состояния безопасности дорожного движения Госавтоинспекции по Белгородской области за период 2015–2025 гг. выявляет несколько характерных тенденций.

Таблица 1 – Динамика показателей аварийности в Белгородской области (2015–2025 гг.)
Table 1 – Dynamics of accident rates in the Belgorod region (2015–2025)

Год	ДТП (ед.)	Погибшие (чел.)	Раненые (чел.)
2015	1242	207	1487
2016	1368	212	1624
2017	1397	163	1749
2018	1277	155	1600
2019	1323	154	1669
2020	1156	138	1425
2021	1063	130	1345
2022	1050	155	1349
2023	1106	141	1391
2024	1167	178	1555
2025	1180	115	1516

В период с 2015 года по 2017 год количество ДТП увеличилось с 1242 до 1397 (+12,5%), число раненых возросло с 1487 до 1749 (+17,6%). При этом количество погибших в 2017 г. снизилось до 163 человек с 207 по сравнению с 2015 годом, что может свидетельствовать о положительных результатах благодаря применению средств пассивной и активной безопасности.

В период с 2018 года по 2022 год фиксируется положительная динамика снижения количества ДТП, числа раненных и погибших. Количество ДТП снизилось с 1277 до 1050 (-17,7%), число раненых сократилось с 1600 до 1349 (-15,6%). При этом количество погибших за период с 2018 по 2022 год систематически изменялось.

В период с 2023 года по 2025 год наблюдается устойчивый рост количества ДТП: с 1106 в 2023 г. до 1180 в 2025 г. (+6,7%). Особенно тревожным является резкий скачок количества погибших в 2024 г. – 178 человек (+26,2% по сравнению с 2023 г.). Хотя в 2025 г. этот показатель снизился до 115 человек, общая тенденция указывает на системные проблемы в обеспечении БДД.

На основе статистического анализа динамики показателей аварийности в Белгородской области за период с 2015 по 2025 год разработан прогноз показателей аварийности на среднесрочную перспективу.

Таблица 2 – Прогноз показателей аварийности в Белгородской области (2026–2030 гг.)
Table 2 – Forecast of accident rates in the Belgorod region (2026–2030)

Год	ДТП (прогноз)	Погибшие (прогноз)	Раненые (прогноз)
2026	1195 ± 50	160 ± 15	1510 ± 65
2027	1210 ± 55	155 ± 18	1540 ± 70
2028	1225 ± 60	150 ± 20	1570 ± 75
2029	1240 ± 65	145 ± 22	1600 ± 80
2030	1255 ± 70	140 ± 25	1630 ± 85

Рост абсолютного количества ДТП – к 2030 г. ожидается по причине увеличения числа происшествий согласно росту с 2022 по 2025 годы до 1255 ± 70 . Такой рост ДТП (+6,35%) объективно обусловлен высоким уровнем автомобилизации, парка ТС и интенсивности движения. К 2030 году прогнозируется уменьшение числа погибших с 160 ± 15 в 2026 г. до 140 ± 25 в 2030 г. (-12,5%), что свидетельствует о потенциальной эффективности внедряемых средств активной и пассивной безопасности. Согласно прогнозу на основе статистических данных по числу раненых количество пострадавших увеличится с 1510 ± 65 до 1630 ± 85 (+7,9%).

Полученный прогноз показателей аварийности в Белгородской области на 2026-2030 годы указывает на то, что без кардинального изменения подходов к обеспечению БДД Белгородская область столкнется с существенным ростом социально-экономических потерь с дальнейшим повышением уровня дорожно-транспортного травматизма.

Современные исследования по повышению уровня БДД и практический опыт интеграции ИТС свидетельствуют о их высоком потенциале в снижении показателей аварийности [4]. Интеллектуальные транспортные системы представляют собой многоуровневую архитектуру, которая включает в себя:

1. Подсистему управления транспортными потоками;
2. Подсистему обеспечения безопасности дорожного движения;
3. Подсистему информирования участников дорожного движения;
4. Подсистему взаимодействия транспортных средств с инфраструктурой (V2I) и между собой (V2V).

Подсистема управления транспортными потоками включает в себя адаптивное регулирование техническими средствами организации дорожного движения и мониторинг загруженности улично-дорожной сети в режиме реального времени, оперативное перераспределение транспортных потоков с целью предотвращения появления заторов. Подсистема обеспечения безопасности дорожного движения включает в себя комплексы по улучшению и применению средств фото- и видеофиксации и системы контроля скоростного режима для ТС, детекторы ДТП и радары. Подсистема информирования участников дорожного движения включает в себя информационные табло, системы оповещения и навигационные сервисы для водителей с учетом текущей дорожной ситуации (такие как карты, приложения для парковки и тд.).

Подсистема взаимодействия транспортных средств с инфраструктурой (V2I) и между собой (V2V) включает в себя обмен данными о местоположении и параметрах движения, предупреждение о потенциально опасных ситуациях и координация движения на перекрестках.

Анализ зарубежного и мирового опыта показывает, что комплексная интеграция интеллектуальных транспортных систем позволяет повысить уровень безопасности дорожного движения на 20–30%, при этом снизить тяжесть последствий – на 40–50%.

Согласно рассчитанному прогнозу динамики изменения количества ДТП на основе статистических данных можно сделать вывод, что качественный анализ динамики аварийности в Белгородской области за период с 2015 по 2025 год выявил фиксированную тенденцию к изменению числа происшествий в негативную сторону, где увеличение с 1050 случаев в 2022 году до 1180 в 2025 году составило 12,4%.

Снизить количество происшествий и повысить уровень безопасности на улично-дорожной сети можно благодаря детальной проработке технических решений для отдельных подсистем при внедрении ИТС, а также при разработке алгоритмов машинного обучения для прогноза и оценки состояния аварийности [5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильева М.Е., Волкова Е.М., Романов А.С. Интеллектуальные транспортные системы в российских агломерациях: сущность, структура и направления развития // Инновационные транспортные системы и технологии. 2023. Т. 9. № 4. С. 117–128.
2. Крылова Е.И. Интеллектуальные транспортные системы, их влияние на проблемы дорожного движения // Системный анализ и логистика. 2020. № 3(25). С. 67–72.
3. Новиков А.Н., Шевцова А.Г. Информационное обеспечение транспортно-дорожного комплекса для повышения безопасности дорожного движения // Материалы конференции. 2022. С. 159–162.
4. Зайкова С.Н. Транспортная безопасность и безопасность дорожного движения в структуре национальной безопасности Российской Федерации // Актуальные проблемы административного права и процесса. 2021. № 1. С. 48–51.
5. Шевцова, А. Г. Математический анализ определенных показателей безопасности дорожного движения в Российской Федерации / А. Г. Шевцова // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2021. – Т. 18, № 6(82). – С. 700-711.

REFERENCES

1. Vasilyeva, M. E. Intelligent transport systems in Russian agglomerations: essence, structure and development directions / M. E. Vasilyeva, E. M. Volkova, A. S. Romanov // Innovative transport systems and technologies. - 2023. - Vol. 9, No. 4. - P. 117-128.
2. Krylova, E. I. Intelligent transport systems, their impact on traffic problems / E. I. Krylova // Systems analysis and logistics. - 2020. - No. 3 (25). - P. 67-72.
3. Novikov A.N., Shevtsova A.G. Information support of the transport and road complex to improve road safety // Conference Proceedings. 2022. Pp. 159–162.
4. Zaykova S.N. Transport safety and road safety in the structure of national security of the Russian Federation // Actual problems of administrative law and process. 2021. No. 1. P. 48–51.
5. Shevtsova, A. G. Mathematical analysis of certain road safety indicators in the Russian Federation / A. G. Shevtsova // Bulletin of the Siberian State Automobile and Highway University. - 2021. - Vol. 18, No. 6 (82). - P. 700-711.

ПРИМЕНЕНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КОЛИЧЕСТВА АВАРИЙ В ГОРОДСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ

Подкопаев А.В.¹, Шевцова А.Г.¹

¹Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова,
Белгород, Россия, palinoleum@yandex.ru

Аннотация. Рассмотрены современные подходы к применению интеллектуальных транспортных систем для прогнозирования аварийности в городской среде. На основе сравнительного обзора международного опыта обоснована необходимость перехода к вероятностно-статистическим моделям. Предложены направления интеграции разнородных информационных потоков и стандартизации прогнозных модулей в соответствии с национальными стандартами.

Ключевые слова: интеллектуальные транспортные системы, безопасность дорожного движения, прогнозирование аварийности, проактивное управление, вероятностно-статистическое моделирование, интеграция данных.

APPLICATION OF INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEM TOOLS FOR FORECASTING THE NUMBER OF ACCIDENTS IN THE URBAN TRANSPORT SYSTEM

Podkopaev A.V.¹, Shevtsova A.G.¹

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russia,
palinoleum@yandex.ru

Abstract. Modern approaches to the application of intelligent transport systems for forecasting accidents in urban environments are considered. Based on a comparative review of international experience, the need to transition to probabilistic-statistical models is justified. Directions for the integration of heterogeneous information flows and the standardization of forecasting modules in accordance with national standards are proposed.

Keywords: intelligent transportation systems, road traffic safety, accident forecasting, proactive management, probabilistic-statistical modeling, data integration.

В условиях устойчивого роста интенсивности городского трафика и усложнения дорожно-транспортной инфраструктуры обеспечение безопасности дорожного движения (БДД) остаётся стратегическим приоритетом транспортной политики [1-3]. Традиционные подходы, ориентированные на фиксацию нарушений и ликвидацию последствий дорожно-транспортных происшествий (ДТП), не всегда отвечают современным вызовам. Сегодня необходимы решения, способные прогнозировать аварийные ситуации и предотвращать их до возникновения. Ключевым технологическим инструментом такого подхода выступают интеллектуальные транспортные системы (ИТС), объединяющие средства сбора, интеграции и аналитической обработки разнородных данных в режиме реального времени [4, 5].

Несмотря на активное развитие ИТС в ведущих странах мира, в российской практике существует определенный разрыв между техническими возможностями

инфраструктуры и методологическим обеспечением прогнозирования аварийности.

Современные ИТС функционируют не как изолированные комплексы видеонаблюдения или светофорного регулирования, а как аналитические платформы, способные предсказывать аварийные ситуации на основе комплексного анализа разнородных данных. Функциональная архитектура отечественных ИТС, регламентируемая ГОСТ Р 56294–2014, базируется на четырёх ключевых принципах: информативности, автоматизированном управлении, адаптивности и научной обоснованности решений. В контексте прогнозирования ДТП именно адаптивность и научность выступают системообразующими: система должна не только фиксировать отклонения от нормы, но и корректировать параметры движения на основе вероятностных оценок риска [6].

Фундаментом любого прогнозного модуля ИТС является интеграция разнородных информационных потоков. Как показывает международный опыт, эффективность прогнозирования напрямую зависит от способности объединять данные стационарных детекторов, камер видеоаналитики, автоматических метеостанций, телематических систем, бортовых терминалов и др. Разрозненность этих источников, характерная для российской практики, создаёт методологический барьер: без единого формата сбора, синхронизации по времени и пространству невозможна корректная оценка комбинированных факторов риска.

Большинство Европейских проектов показали, что объединение данных, например, с детекторов потока, метеостанций и систем экстренного вызова позволяет не только фиксировать инциденты, но и строить вероятностные модели риска, снижая аварийность на 20–30 % за счёт информирования и динамического регулирования. В США адаптивные системы и технологии ближней связи обеспечивают прогноз средней скорости и времени в пути, косвенно снижая вероятность конфликтных ситуаций за счёт равномерного распределения потока.

В Российской Федерации несмотря на наличие ряда стратегических документов и успешные пилотные реализации ИТС на федеральных магистралях, городские ИТС преимущественно выполняют ограниченный ряд функций: видеомониторинг, фиксацию нарушений, адаптивное светофорное регулирование. Прогнозирование количества аварий остаётся слабо развитым направлением. Основным барьером является несогласованность различного рода информационных систем. Как следствие, анализ аварийности сводится к однофакторной статистике, не учитывающей комбинированное влияние различных факторов. Отсутствие унифицированных вероятностно-статистических моделей в архитектуре российских ИТС ограничивает возможности управления рисками.

Для систематизации выявленных различий в таблице 1 приведён сравнительный анализ ключевых параметров подходов к прогнозированию аварийности в зарубежных и отечественных ИТС.

Таблица 1 – Сравнительный анализ подходов к прогнозированию аварийности в ИТС

Table 1 – Comparative analysis of approaches to accident forecasting in ITS

Параметр	ЕС и США	Япония и Сингапур	Российская Федерация
Уровень интеграции данных	Высокий (открытые API, единые аналитические платформы, eCall/DSRC)	Максимальный (V2I/V2V, Big Data Analytics, государственные координационные центры)	Низкий (изолированные базы ГАИ, ЦУДД, метеослужб, отсутствие единых стандартов обмена)

Уровень прогнозирования	Вероятностные модели, машинное обучение, анализ временных рядов	Пространственно-временной анализ паттернов, предиктивная аналитика в реальном времени	Однофакторный статистический учёт (форма 1-ДТП), экспертные оценки, отсутствие серийных прогнозных модулей
Управление	информирование, динамическое ограничение скорости, маршрутизация	адаптивные знаки, приоритет экстренных служб, персонализированные предупреждения	фиксация нарушений, ликвидация последствий, статическое регулирование)
Технологии	Адаптивные АСУДД 3–4 поколений, облачные вычисления, цифровые двойники	Системы VICS, Smart Mobility 2030, мультимодальные платформы, 5G/V2X	АСУДД локального применения, отечественное ПО («Интеллект-Трафик»), базовые детекторы и ЗПИ
Ограничения	Высокая стоимость инфраструктуры, вопросы кибербезопасности и приватности	Зависимость от плотности оснащения ТС бортовыми терминалами, масштабирование на малые города	Нормативные барьеры, отсутствие межведомственного взаимодействия, дефицит кадров и унифицированных методик

Анализ таблицы 1 подтверждает, что переход к эффективному прогнозированию аварийности в российских городских ИТС требует не столько технического решения, сколько методологической [7]. Необходимо внедрение новых моделей, способных обрабатывать разнородные данные в едином информационном пространстве. Только интеграция таких моделей в функциональную архитектуру ИТС позволит сместить фокус с ликвидации последствий ДТП на их системное предотвращение.

Для преодоления указанных ограничений необходим комплекс мер:

1. Разработка и внедрение единых протоколов интеграции данных в соответствии с требованиями нормативной документации, обеспечивающих синхронизацию информационных потоков в режиме реального времени.

2. Стандартизация вероятностно-статистических модулей прогнозирования, переводящих анализ аварийности из плоскости абсолютных показателей в область интерпретируемых рисков.

3. Создание межведомственных центров обработки транспортной информации и развитие открытых API для сторонних разработчиков аналитических сервисов.

4. Системная подготовка кадров в области анализа больших данных, машинного обучения и предиктивной аналитики транспортных систем.

Перспективы дальнейших исследований связаны с интеграцией нейросетевых алгоритмов и цифровых двойников городских транспортных сетей, развитием кооперативных ИТС на базе стандартов DSRC/5G.

Только системный переход к управления рисками позволит трансформировать ИТС из инструмента мониторинга в эффективный механизм предотвращения ДТП, что соответствует стратегическим целям национальной транспортной безопасности и требованиям цифровой трансформации отрасли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Разработка подхода к анализу показателей аварийности региона / С. А. Евтюков, Ф. Н. Зейналов, Д. В. Митрошин [и др.] // Мир транспорта. – 2024. – Т. 22, № 1(110). – С. 74-85. – DOI

10.30932/1992-3252-2024-22-1-10.

2. Кравченко, П. А. Системный подход в управлении безопасностью дорожного движения в Российской Федерации / П. А. Кравченко, Е. М. Олещенко // Транспорт Российской Федерации. – 2018. – № 2(75). – С. 14-18.

3. Шевцова, А. Г. Динамика реализации программы VISION ZERO в мировых странах / А. Г. Шевцова // Мир транспорта и технологических машин. – 2021. – № 3(74). – С. 35-42. – DOI 10.33979/2073-7432-2021-74-3-35-42.

4. Жанказиев, С. В. Интеллектуальные транспортные системы : Учебное пособие / С. В. Жанказиев. – Москва : Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), 2016. – 120 с. – EDN VQKJWB.

5. Жанказиев, С. В. О применении технологий предиктивного управления в интеллектуальных транспортных системах / С. В. Жанказиев, Д. А. Анохин // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. – 2026. – № 1(47).

6. Шевцова, А. Г. Анализ нормативной документации по ИТС в России и за рубежом / А. Г. Шевцова, Е. Е. Стельмашук // Организация и безопасность дорожного движения : материалы XI международной научно-практической конференции: в 2-х томах, Тюмень, 15 марта 2018 года. Том 1. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2018. – С. 359-362.

7. Шевцова, А. Г. Концепция вероятностно-статистического анализа дорожно-транспортных происшествий в интеллектуальных транспортных системах / А. Г. Шевцова, А. В. Подкопаев // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. – 2026. – № 1(47).

REFERENCES

1. Development of an approach to the analysis of regional accident indicators / S. A. Evtyukov, F. N. Zeynalov, D. V. Mitroshin [et al.] // World of Transport. - 2024. - Vol. 22, No. 1 (110). - P. 74-85. - DOI 10.30932/1992-3252-2024-22-1-10.

2. Kravchenko, P. A. A systems approach to road safety management in the Russian Federation / P. A. Kravchenko, E. M. Oleshchenko // Transport of the Russian Federation. - 2018. - No. 2 (75). - P. 14-18.

3. Shevtsova, A. G. Dynamics of the implementation of the VISION ZERO program in countries around the world / A. G. Shevtsova // World of Transport and Technological Machines. – 2021. – No. 3(74). – P. 35-42. – DOI 10.33979/2073-7432-2021-74-3-35-42.

4. Zhankaziev, S. V. Intelligent transport systems: A tutorial / S. V. Zhankaziev. – Moscow: Moscow Automobile and Road State Technical University (MADI), 2016. – 120 p. – EDN VQKJWB.

5. Zhankaziev, S. V. On the application of predictive control technologies in intelligent transport systems / S. V. Zhankaziev, D. A. Anokhin // Automobile. Road. Infrastructure. – 2026. – No. 1(47).

6. Shevtsova, A. G. Analysis of regulatory documentation on ITS in Russia and abroad / A. G. Shevtsova, E. E. Stelmashchuk // Organization and safety of road traffic: materials of the XI international scientific and practical conference: in 2 volumes, Tyumen, March 15, 2018. Volume 1. - Tyumen: Tyumen Industrial University, 2018. - P. 359-362.

7. Shevtsova, A. G. Concept of probabilistic and statistical analysis of road accidents in intelligent transport systems / A. G. Shevtsova, A. V. Podkopaev // Automobile. Road. Infrastructure. - 2026. - No. 1 (47).

УСЛУГИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

А.А. Феофилова¹, Л. Ху¹

¹ Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия,
afeofilova@donstu.ru

¹ Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия,
1534202112@qq.com

Автор, ответственный за переписку: Анастасия Александровна Феофилова,
afeofilova@donstu.ru

Аннотация. В статье услуги интеллектуальных транспортных систем в условиях чрезвычайных ситуаций рассматриваются как единая функциональная система. Показана взаимосвязь раннего предупреждения, реагирования, эвакуации, управления возвращением и информирования пользователей. Предложена логика описания «фактор → цель → подцель → задача → показатель», позволяющая структурировать услуги ИТС и оценивать их роль в повышении устойчивости транспортной системы.

Ключевые слова: интеллектуальные транспортные системы, чрезвычайные ситуации, эвакуация.

SERVICES OF INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS IN EMERGENCY SITUATIONS

A.A. Feofilova¹, L. Hu¹

¹ Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia, afeofilova@donstu.ru

¹ Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia, 1534202112@qq.com

Corresponding author: Anastasia Aleksandrovna Feofilova,
afeofilova@donstu.ru

Abstract. In the article, the services of intelligent transport systems in emergency situations are considered as a single functional system. The interrelation of early warning, response, evacuation, return management, and user information is shown. The logic of description «factor → goal → sub-goal → task → indicator» is proposed, which allows to structure ITS services and evaluate their role in increasing the sustainability of the transport system.

Keywords: intelligent transport systems, emergency situations, evacuation.

В условиях чрезвычайных ситуаций (ЧС) услуги интеллектуальных транспортных систем (ИТС) целесообразно рассматривать не как набор отдельных технологических решений, а как взаимосвязанную систему поддержки управления транспортными процессами, информирования пользователей и координации действий ответственных служб. Такой подход позволяет показать роль ИТС не только в повседневном управлении движением, но и в снижении последствий опасных событий за счет своевременного предупреждения, поддержки реагирования, организации эвакуации, сопровождения возвращения и информационного обеспечения пользователей [1, 5].

Необходимость такого представления определяется тем, что в чрезвычайной

ситуации эффективность отдельных сервисов зависит прежде всего от их согласованного применения. Раннее предупреждение имеет практическую ценность только тогда, когда оно переходит в конкретные действия; поддержка реагирования требует актуальных данных о состоянии транспортной сети и потоков; эвакуация невозможна без координации маршрутов и режимов движения; а информирование пользователей должно сопровождать все стадии развития чрезвычайной ситуации. Именно поэтому услуги ИТС в условиях ЧС целесообразно показывать в виде единой схемы, отражающей их функциональную связанность и последовательность применения [1–4].

Использование логики «фактор → цель → подцель → задача → показатель» представляется методически оправданным, поскольку такая структура связывает исходные условия и угрозы с назначением конкретной услуги, ее функциональным содержанием и возможностью оценки результата. Это особенно важно для ИТС в условиях ЧС, где необходимо не просто перечислить возможные сервисы, а показать, какую проблему они решают, на каком этапе применяются и на какой эффект ориентированы. В результате схема становится не только способом визуального представления материала, но и инструментом его аналитической организации [1, 5].

Выделение услуг раннего предупреждения, реагирования и восстановления, эвакуации и управления возвращением, а также информирования пользователей отражает основные направления, по которым ИТС способна оказывать наибольшее влияние на устойчивость транспортной системы в условиях ЧС. Международные документы подчеркивают, что системы раннего предупреждения должны обеспечивать переход от сигнала к действию, а риск-коммуникация — помогать людям принимать обоснованные решения в опасной ситуации. В свою очередь, транспортные и цифровые технологии рассматриваются как важная основа координации перемещений, поддержки оперативных служб и управления эвакуацией в изменяющейся обстановке [1–4, 6].

Таким образом, представление услуг ИТС в условиях чрезвычайных ситуаций в виде единой логической схемы позволяет рассматривать их как взаимодополняющие элементы одного процесса — от выявления угрозы и доведения предупреждения до организации перемещений, поддержки реагирования и информирования пользователей. Именно в такой взаимосвязи наиболее полно раскрывается их влияние на безопасность, управляемость и устойчивость транспортной системы [1, 3, 5].

Первым рассматриваются услуги ИТС по раннему предупреждению, поскольку именно они формируют исходные условия для своевременного принятия решений со стороны операторов транспортной системы, экстренных служб и пользователей [2].

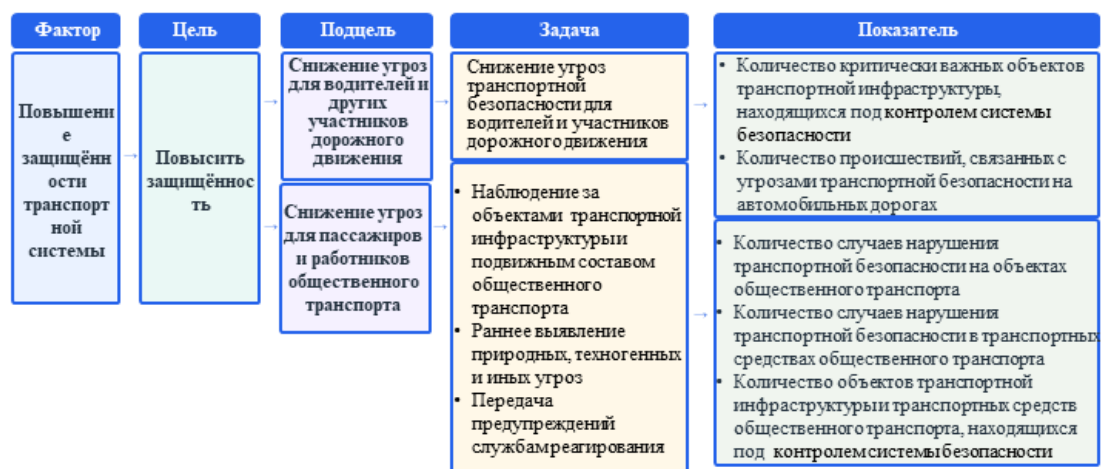


Рисунок 1 – Функциональная схема услуги раннего предупреждения в ИТС в условиях ЧС
Figure 1 – Functional diagram of an early warning service in ITS under emergency conditions

Следующий блок раскрывает услуги, обеспечивающие поддержку реагирования

и последующего восстановления, то есть переход от выявления угрозы к практическому управлению транспортной ситуацией в условиях чрезвычайной обстановки [1, 6] (рис.2).

Фактор	Цель	Подцель	Задача	Показатель
Повышение безопасности транспортной системы	Снизить количество погибших и пострадавших	Обеспечение стратегической координации на основе единого планирования	- Координация общих и оперативных планов реагирования на чрезвычайные ситуации - Взаимодействие органов управления транспортом с органами управления в ЧС, общественной безопасности и здравоохранения - Поддержание общей ситуационной осведомленности	Доля транспортных организаций и ведомств, имеющих план участия представителя в местном или региональном центре управления в чрезвычайных ситуациях
Повышение защищенности транспортной системы	Повысить защищенность	Повышение межведомственной совместимости и согласованности действий при реагировании	- Обмен информацией между ведомствами и службами - Использование единой системы голосовой связи - Участие в региональной группе координации реагирования - Согласование использования персонала, техники, материалов и других транспортных ресурсов	- Количество организаций, подключённых к единой межведомственной системе голосовой связи - Количество организаций, входящих в региональную группу координации реагирования - Доля организаций региона, подключённых к единой системе межведомственного обмена информацией
Повышение интеграции и связи между видами транспорта	Повысить интеграцию и связь			
Повышение эффективности управления и эксплуатации	Повысить эффективность	Снижение последствий инцидентов, связанных с опасными материалами и угрозами национальной безопасности	- Сокращение времени прибытия служб к месту происшествия - Получение актуальной информации о состоянии транспортной системы в зоне происшествия - Введение специальных схем движения, объездов и ограничений - Восстановление работы транспортной системы и её возврат к штатному режиму	- Время реагирования на инциденты, представляющие угрозу национальной безопасности - Количество инцидентов с опасными материалами - Количество инцидентов, представляющих угрозу национальной безопасности

Рисунок 2 – Функциональная схема услуг реагирования и восстановления в ИТС в условиях ЧС
Figure 2 – Functional diagram of incident response and recovery services in ITS under-emergency conditions

Дальнейшее развитие логики связано с услугами эвакуации и управления возвращением, в рамках которых ИТС выступает как инструмент координации маршрутов, перераспределения потоков и повышения безопасности перемещений [3, 6]. (рис.3).

Фактор	Цель	Подцель	Задача	Показатель
Повышение безопасности транспортной системы	Снизить количество погибших и пострадавших	Обеспечение стратегической координации на основе единого планирования	- Координация общих и оперативных планов реагирования на чрезвычайные ситуации - Взаимодействие органов управления транспортом с органами управления в ЧС, общественной безопасности и здравоохранения - Поддержание общей ситуационной осведомленности	Доля транспортных организаций и ведомств, имеющих план участия представителя в местном или региональном центре управления в чрезвычайных ситуациях
Повышение защищенности транспортной системы	Повысить защищенность	Повышение межведомственной совместимости и согласованности действий при реагировании	- Обмен информацией между ведомствами и службами - Использование единой системы голосовой связи - Участие в региональной группе координации реагирования - Согласование использования персонала, техники, материалов и других транспортных ресурсов	- Количество организаций, подключённых к единой межведомственной системе голосовой связи - Количество организаций, входящих в региональную группу координации реагирования - Доля организаций региона, подключённых к единой системе межведомственного обмена информацией
Повышение интеграции и связи между видами транспорта	Повысить интеграцию и связь			
Доступность и мобильность населения и грузов	Снизить перегруженность транспортной сети	Увеличение числа эвакуационных коридоров, охваченных координируемыми группами реагирования	- Применение специальных схем организации движения на маршрутах эвакуации - Организация реверсивного движения, использование обочин, введение перекрытий и специальных режимов светофорного регулирования	Количество коридоров, охваченных региональными координируемыми группами реагирования
Эффективное управление и эксплуатация системы	Повысить операционную эффективность	Сокращение удельного времени эвакуации населения	- Организация управления движением улично-дорожной сети и основных маршрутах эвакуации - Использование общественного транспорта для массового вывоза населения - Прогнозирование потребности в ресурсах, их размещение и своевременное развертывание	Удельное время эвакуации на одного человека

Рисунок 3 – Функциональная схема услуг эвакуации и управления возвращением в ИТС в условиях ЧС

Figure 3 – Functional diagram of evacuation services and management of return to the ITS under emergency conditions

Завершающий блок посвящен информированию пользователей, поскольку именно через него обеспечивается практическая реализация предупреждений, ограничений, маршрутов и рекомендаций по поведению в условиях ЧС [4, 7].



Рисунок 4 – Функциональная схема услуг информирования пользователей в ИТС в условиях ЧС

Figure 4 – Functional diagram of user information services in ITS under emergency conditions

В целом схема демонстрирует, что практическая ценность услуг ИТС в условиях ЧС определяется не только набором отдельных функций, но и их согласованным использованием для поддержки решений, управления перемещениями и информирования пользователей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030 // URL: <https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030> (дата обращения 27.03.2026)
2. Early warning system // URL: <https://wmo.int/topics/early-warning-system> (дата обращения 27.03.2026)
3. Topilin, I. V., Han, M., Feofilova, A. A., & Beskopylny, N. A. (2025). Comparative analysis of neural network and machine learning models for short-term traffic flow prediction on Shenzhen Expressway. *Advanced Engineering Research (Rostov-on-Don)*, 25(4), 350–362. <https://doi.org/10.23947/2687-1653-2025-25-4-2215>
4. Recommendation ITU-T Y.4222 (01/2025) – Framework of smart evacuation in a disaster or emergency in smart cities and communities // International Telecommunication Union : [сайт]. URL: <https://www.itu.int/epublications/publication/itu-t-y-4222-2025-01-framework-of-smart-evacuation-in-a-disaster-or-emergency-in-smart-cities-and-communities> (дата обращения: 27.03.2026).
5. Risk communication and community engagement // World Health Organization : [сайт]. URL: <https://www.who.int/emergencies/risk-communications> (дата обращения: 27.03.2026).
6. Intelligent Transportation System Architecture and Standards // Federal Highway Administration [сайт]. URL: https://ops.fhwa.dot.gov/its_arch_imp/policy_1.htm (дата обращения: 27.03.2026).

7. Emergency transportation operations for disasters // Federal Highway Administration : [сайт]. URL: <https://ops.fhwa.dot.gov/tim/about/eto.htm> (дата обращения: 27.03.2026).

REFERENCES

1. Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030 // URL: <https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030> (дата обращения 27.03.2026)

2. Early warning system // URL: <https://wmo.int/topics/early-warning-system> (дата обращения 27.03.2026)

3. Topilin, I. V., Han, M., Feofilova, A. A., & Beskopylny, N. A. (2025). Comparative analysis of neural network and machine learning models for short-term traffic flow prediction on Shenzhen Expressway. *Advanced Engineering Research (Rostov-on-Don)*, 25(4), 350–362. <https://doi.org/10.23947/2687-1653-2025-25-4-2215>

4. Recommendation ITU-T Y.4222 (01/2025) – Framework of smart evacuation in a disaster or emergency in smart cities and communities // International Telecommunication Union : [сайт]. URL: <https://www.itu.int/epublications/publication/itu-t-y-4222-2025-01-framework-of-smart-evacuation-in-a-disaster-or-emergency-in-smart-cities-and-communities> (дата обращения: 27.03.2026).

5. Risk communication and community engagement // World Health Organization : [сайт]. URL: <https://www.who.int/emergencies/risk-communications> (дата обращения: 27.03.2026).

6. Intelligent Transportation System Architecture and Standards // Federal Highway Administration [сайт]. URL: https://ops.fhwa.dot.gov/its_arch_imp/policy_1.htm (дата обращения: 27.03.2026).

7. Emergency transportation operations for disasters // Federal Highway Administration : [сайт]. URL: <https://ops.fhwa.dot.gov/tim/about/eto.htm> (дата обращения: 27.03.2026).

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА ВОРОНЕЖСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ: АРХИТЕКТУРА, ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

А.Ю. Артемов¹, С.В. Дорохин¹, Д.В. Лихачев¹, Н.В.Зеликова¹, Е.В. Шаталов¹
¹ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия
alexandrvm@mail.ru

Аннотация. В статье представлен анализ интеллектуальной транспортной системы (ИТС) Воронежской городской агломерации – одной из крупнейших в Центрально-Черноземном регионе. Рассмотрены предпосылки создания ИТС, ее архитектура, включая подсистемы детектирования транспорта, адаптивного управления светофорными объектами, приоритетного обслуживания общественного транспорта и динамического информирования участников движения [1]. Выявлены сохраняющиеся проблемы в организации дорожного движения. Предложены направления дальнейшего совершенствования ИТС, включая внедрение интеллектуальных контроллеров и интеграцию с системами экстренных служб.

Ключевые слова: интеллектуальная транспортная система, адаптивное управление, зеленая волна, приоритет общественного транспорта, транспортное моделирование, умные светофоры.

INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEM OF THE VORONEZH AGGLOMERATION: ARCHITECTURE, EFFICIENCY AND DEVELOPMENT PROSPECTS

A.Y. Artemov¹, S.V. Dorokhin¹, D.V. Likhachev¹, N.V. Zelikova¹, E.V. Shatalov¹
¹ Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, alexandrvm@mail.ru

Abstract. The article presents an analysis of the intelligent transport system (ITS) of the Voronezh urban agglomeration, one of the largest in the Central Black Earth region. The prerequisites for the creation of ITS, its architecture, including subsystems for detecting transport, adaptive control of traffic lights, priority service of public transport and dynamic information for road users are considered [1]. Persistent issues were identified. Areas for further improvement of the ITS were proposed, including the implementation of intelligent controllers and integration with emergency services systems.

Keywords: intelligent transport system, adaptive control, green wave, public transport priority, transport modeling, smart traffic lights.

Современные городские агломерации сталкиваются с проблемой транспортного коллапса из-за опережающего роста автомобилизации по сравнению с развитием уличной дорожной сети (УДС). Воронежская агломерация, объединяющая город Воронеж (численность населения около 1,05 млн человек) и прилегающие районы (Новоусманский, Рамонский, Семилукский), является типичным примером быстрого увеличения парка легковых автомобилей – за последние десять лет его прирост составил более 40% [2]. При этом исторически сложившаяся радиально-кольцевая структура УДС, наличие трех крупных мостов через Воронежское водохранилище и ограниченное число развязок приводят к возникновению устойчивых заторов в часы пик [1].

Традиционные методы управления движением (жесткое расписание светофоров, статичные дорожные знаки) исчерпали свой потенциал [3]. В связи с этим с 2021 года в рамках национального проекта «Безопасные качественные дороги» (позднее – «Инфраструктура для жизни») на территории Воронежской агломерации началось внедрение интеллектуальной транспортной системы (ИТС) [2]. Цель настоящей работы – систематизировать архитектуру ИТС Воронежа, оценить ее фактическую эффективность на основе данных эксплуатации за 2023–2025 гг. и определить проблемные зоны, требующие дальнейших исследований и доработок.

До внедрения ИТС транспортная ситуация в Воронежской агломерации характеризовалась следующими негативными факторами [1; 2]:

1. Высокая задержка на перекрестках – среднее время ожидания на регулируемых пересечениях в часы пик достигало 90-120 с, коэффициент насыщения (отношение фактического потока к пропускной способности) на магистралях превышал 0,95, что соответствует режиму перегрузки.

2. Неравномерность загрузки полос – отсутствие адаптивных алгоритмов приводило к тому, что при возникновении аварийной ситуации светофорные объекты продолжали работать по прежней фазовой схеме, усугубляя заторы [3].

3. Низкая эффективность общественного транспорта – автобусы и троллейбусы, не имея приоритета, двигались в общем потоке, их скорость в часы пик падала до 10–12 км/ч, что снижало качество обслуживания населения [2].

4. Отсутствие оперативной обратной связи – водители узнавали о пробках только из радио или мобильных приложений с длительной задержкой.

5. Парковочный хаос – стихийная парковка на проезжей части блокировала целые полосы движения, снижая пропускную способность на 20–30% [7].

Таким образом, существовала острая научно-практическая задача: разработать и внедрить систему управления движением, способную в реальном времени адаптироваться к изменениям транспортного спроса.

ИТС Воронежа построена по трехуровневому принципу (полевого уровня, уровень передачи данных, уровень управления).

Для качественной оценки использовались данные Центра ИТС Воронежа за два периода: базовый (2021 г., до активного внедрения) и текущий (2025 г., первые 6 месяцев). Выборка включала рабочие дни (пн-пт) в осенне-весенний период (исключены летние каникулы и новогодние праздники). Обработка велась методами описательной статистики и парного сравнения [2].

Таблица 1 – Изменение показателей транспортного потока на ключевых магистралях

Table 1 – Changes in traffic flow indicators on key highways

Показатель	Средняя скорость движения в час пик, км/ч		Среднее время задержки на при проезде, с		Фактическая пропускная способность, авт/ч	
	2021 год	2025 год	2021 год	2025 год	2021 год	2025 год
1	2	3	4	5	6	7
Московский проспект	18,2	23,4 (+28,6%)	52,3	38,5 (-26,4%)	2150	2580 (+20%)
Ленинский проспект	16,5	21,0 (+27,3%)	61,7	45,9 (-25,6%)	1980	2400 (+21,2%)
ул. Плехановская	14,1	17,8 (+26,2%)	73,2	54,1 (-26,1%)	1750	2120 (+21,1%)
Среднее по городу	16,3	207,7 (+27%)	62,4	46,2 (-26%)	2120	2367(+20,8%)

Несмотря на положительную динамику, анализ работы ИТС Воронежской агломерации выявил следующие системные проблемы [2; 6]:

1. Неполнота охвата. Из 112 регулируемых перекрестков к адаптивному управлению подключено только 68 (61%). На окраинах (поселки Масловка, Подгорное, Сомово) продолжают использоваться устаревшие релейные контроллеры без связи с центром управления ИТС [2]. Это создает «разрывы зеленой волны» и локальные заторы на въездах.

2. В 23% случаев диспетчеры переключают светофоры в ручной режим «для оперативного решения» проблемы, забывая вернуть в автоматический режим. Длительность таких режимов в среднем составляет 22 мин., что ухудшает координацию [2].

3. Отсутствие интеграции с системами экстренных служб. В настоящее время нет автоматического зеленого коридора для машин скорой помощи, пожарных расчетов. По данным ГИБДД, до 15% выездов экстренных служб задерживаются на перекрестках на 30-60 секунд, что критично [1].

4. Кибербезопасность. ИТС Воронежа использует открытые каналы связи (VPN через интернет) для части периферийных устройств. Аудит 2024 года выявил потенциальную уязвимость к атакам типа «отказ в обслуживании» (DoS) на контроллеры двух перекрестков [6].

На основе проведенного анализа предлагаются следующие научно-обоснованные рекомендации по развитию ИТС Воронежской агломерации до 2028 года [1; 5; 6]:

- Переход на самообучаемые контроллеры (на базе reinforcement learning). Предварительное моделирование показывает, что алгоритмы глубокого Q-обучения (Deep Q-Network) могут снизить задержки еще на 15% по сравнению с текущими детерминированными алгоритмами [5].

- Расширение сети детекторов до 100% охвата регулируемых перекрестков и установка Bluetooth/Wi-Fi-сенсоров для отслеживания времени в пути между узлами [3].

- Обязательная сертификация ГЛОНАСС для всех перевозчиков в рамках соглашений о нерегулируемых тарифах (внесение изменений в региональное законодательство) [2].

- Интеграция с системой «Безопасный город» для создания зеленого коридора экстренным службам на основе прерывания с наивысшим приоритетом (исследование режимов – предмет отдельной работы) [1].

Интеллектуальная транспортная система Воронежской агломерации представляет собой успешный пример государственно-частного партнерства в области цифровизации дорожного движения [1; 2]. За четыре года эксплуатации (2021–2025) удалось достичь статистически значимого повышения средней скорости на магистралях на 27%, сокращения задержек на перекрестках на 26% и роста пропускной способности на 21% [2]. При этом сохраняются резервы для улучшения: расширение охвата, устранение человеческого фактора и повышение киберустойчивости [6; 7].

Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку адаптивных алгоритмов, учитывающих не только текущий трафик, но и прогноз погоды, проведение массовых мероприятий, а также на создание математической модели поведения водителей при динамическом изменении фаз светофоров [3; 5]. Опыт Воронежа может быть масштабирован на другие средние и крупные города России, находящиеся в сходных транспортных и экономических условиях [1].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вдовин А.В., Сазонов А.А. Интеллектуальные транспортные системы в городских агломерациях: принципы построения и оценка эффективности. – М.: Техполиграфцентр, 2023. – 312 с.
2. Отчет о реализации национального проекта «Безопасные качественные дороги» на территории Воронежской области за 2021–2024 гг. – Воронеж: Департамент транспорта и дорожного хозяйства, 2025. – 89 с.
3. Кравченко П.Е., Медведева О.И. Методы детектирования транспортных потоков в системах адаптивного управления // Автоматика и телемеханика. – 2024. – № 3. – С. 45–58.
4. Кузьмин В.В., Орлов Д.С. Адаптивное управление светофорными объектами на основе модифицированного метода Вебстера для городских агломераций // Транспортные системы и технологии. – 2023. – Т. 9, № 2. – С. 22–35.
5. Соколов А.И., Петрова Е.Н. Применение глубокого обучения с подкреплением для управления транспортными потоками в интеллектуальных транспортных системах // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2024. – № 2. – С. 67–80.
6. Аксенов С.В., Бородин А.С. Киберфизическая безопасность интеллектуальных транспортных систем: угрозы и методы защиты. – СПб.: Наука, 2024. – 204 с.
7. Региональный доклад «О состоянии окружающей среды Воронежской области в 2024 году». – Воронеж: Центр экологической политики, 2025. – 67 с.

REFERENCES

1. Vdovin A.V., Sazonov A.A. Intelligent transport systems in urban agglomerations: design principles and performance assessment. – M.: Tekhpolygraftsentr, 2023. – 312 p.
2. Report on the implementation of the national project "Safe High-Quality Roads" in the Voronezh Region for 2021–2024. – Voronezh: Department of Transport and Road Management, 2025. – 89 p.
3. Kravchenko P.E., Medvedeva O.I. Methods for detecting traffic flows in adaptive control systems // Automation and Telemechanics. - 2024. - No. 3. - P. 45-58.
4. Kuzmin V.V., Orlov D.S. Adaptive control of traffic lights based on the modified Webster method for urban agglomerations // Transport systems and technologies. - 2023. - Vol. 9, No. 2. - P. 22-35.
5. Sokolov A.I., Petrova E.N. Application of deep reinforcement learning for traffic flow management in intelligent transport systems // Artificial Intelligence and Decision Making. - 2024. - No. 2. - P. 67-80.
6. Aksenov S.V., Borodin A.S. Cyber-physical security of intelligent transport systems: threats and protection methods. – St. Petersburg: Nauka, 2024. – 204 p.
7. Regional report "On the state of the environment of the Voronezh region in 2024". - Voronezh: Center for Environmental Policy, 2025. - 67 p.

К ВОПРОСУ РАЗВИТИЯ И СОВРЕМЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКЕ

Э.Н. Бусарин¹, Р.А. Кораблев¹, В.Б. Анисимова¹, Н.В. Зеликова¹,
А.Э. Бусарина¹

¹ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия, busarin.eduard@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается роль информационных технологий в трансформации транспортной логистики. Обоснована актуальность цифровизации отрасли, приведён краткий обзор ключевых научных исследований, выделены основные проблемы внедрения ИТ-решений, сформулированы задачи дальнейшего развития. Сделан вывод о переходе от точечной автоматизации к интеллектуальным логистическим экосистемам.

Ключевые слова: транспортная логистика, информационные технологии, цифровизации, искусственный интеллект, управление цепями поставок.

ON THE ISSUE OF DEVELOPMENT AND MODERN APPLICATION INFORMATION TECHNOLOGY IN TRANSPORT LOGISTICS

E.N. Busarin¹, R.A. Korablev¹, V.B. Anisimova¹, N.V. Zelikova¹, A.E. Busarina¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after
G.F. Morozov, Voronezh, Russia, busarin.eduard@mail.ru

Abstract. The article examines the role of information technology in the transformation of transport logistics. The relevance of the digitalization of the industry is substantiated, a brief overview of key scientific research is given, the main problems of implementing IT solutions are highlighted, and the tasks of further development are formulated. The conclusion is made about the transition from point automation to intelligent logistics ecosystems.

Keywords: transport logistics, information technology, digitalization, artificial intelligence, supply chain management.

Современная транспортная логистика является одной из ключевых отраслей экономики, от эффективности которой напрямую зависят темпы товарооборота, производственная кооперация и удовлетворённость конечных потребителей. В условиях глобализации, роста объёмов перевозок и ужесточения требований к скорости доставки традиционные методы управления, основанные на ручном вводе данных и разрозненных информационных системах, перестают отвечать вызовам времени. По данным Международного союза автомобильного транспорта (IRU), операционные потери из-за недостаточной цифровизации логистических процессов достигают 15–20% от общих затрат компаний. В связи с этим внедрение и развитие информационных технологий (ИТ) становится не просто конкурентным преимуществом, а необходимым условием устойчивого функционирования транспортно-логистических систем. Актуальность темы исследования обусловлена также появлением новых технологических укладов (Индустрия 4.0), требующих переосмысления подходов к управлению цепями поставок.

Таким образом, проблематика применения информационных технологий в транспортной логистике находится в центре внимания как зарубежных, так и

отечественных учёных. Среди фундаментальных исследований выделяются работы, основанные на обосновании перехода от концепции «логистики как функции» к «логистике как интегрированному потоку информации» и развитию теоретических основ информационных систем как связующего звена между участниками цепи поставок.

В исследованиях российских ученых вопросы цифровизации транспорта и складов подчёркивают, что эволюция ИТ в логистике прошла путь от простейших систем учёта (WMS, TMS первого поколения) к комплексным платформам, интегрирующим данные о транспорте, инфраструктуре и внешней среде в реальном времени.

Современные исследования сосредоточены на внедрении технологий искусственного интеллекта (ИИ), интернета вещей (IoT) и блокчейна. В научных исследованиях авторов показано, что использование цифровых двойников (digital twins) и предиктивной аналитики позволяет повысить точность планирования маршрутов на 25–30% и сократить простой подвижного состава. В то же время отмечается, что большинство существующих исследований носят фрагментарный характер и не дают целостного представления о системном влиянии ИТ на транспортную логистику.

В связи с этим несмотря на очевидный прогресс в области цифровизации, анализ практической деятельности логистических операторов и транспортных компаний выявляет ряд системных проблем, препятствующих полноценной реализации потенциала информационных технологий:

- технологическая разнородность – применение множества несовместимых между собой программных продуктов (TMS, WMS, ERP) без единой архитектуры данных;
- недостаточная проникновение сквозных технологий – IoT-датчики и системы мониторинга внедрены преимущественно на крупных предприятиях, тогда как малый и средний бизнес остаётся на уровне электронных таблиц;
- проблемы кибербезопасности – рост числа подключённых устройств увеличивает уязвимость логистических систем к атакам, а стандарты защиты данных зачастую отсутствуют;
- кадровый дефицит – нехватка специалистов, владеющих одновременно компетенциями в области транспортной логистики и ИТ, замедляет внедрение инноваций;
- нормативно-правовые барьеры– неопределённость в вопросах юридической силы электронных документов (электронная транспортная накладная, смарт-контракты) тормозит переход к безбумажному документообороту [1].

Таким образом, проблема заключается в противоречии между наличием зрелых технологических решений и их низкой интеграционной зрелостью в реальном секторе транспортной логистики.

Таким образом целью исследования является определение направлений развития информационных технологий в транспортной логистике, позволяющих преодолеть существующие барьеры. Для достижения данной цели необходимо решение следующих задач:

- систематизировать современные ИТ-решения, применяемые на различных этапах логистического цикла (приёмка, складирование, транспортировка);
- выявить ключевые тенденции развития (искусственный интеллект, интернет вещей, блокчейн, цифровые платформы) и оценить их влияние на операционную эффективность;
- проанализировать барьеры внедрения интегрированных информационных систем в транспортной логистике с учётом отраслевой специфики;
- предложить концептуальную схему формирования единого информационного пространства на основе принципов межсистемной интеграции и стандартизации данных;

- сформулировать рекомендации по совершенствованию подготовки кадров и нормативного регулирования в исследуемой области.

В заключение следует отметить, что проведенный анализ позволяет утверждать, что информационные технологии в транспортной логистике эволюционируют от инструментария автоматизации отдельных операций к фундаменту формирования интеллектуальных логистических экосистем [2, 3]. В ближайшие пять лет основными драйверами развития станут: массовое внедрение интернета вещей для обеспечения полной прослеживаемости грузов, применение искусственного интеллекта в задачах маршрутизации и прогнозирования спроса, а также использование блокчейна для повышения прозрачности и безопасности транзакций.

Однако для реализации этого потенциала необходимо решить системные проблемы: обеспечить совместимость разнородных информационных систем через принятие единых отраслевых стандартов API и моделей данных, сформировать нормативную базу для применения электронных документов и смарт-контрактов, а также скорректировать образовательные программы с целью подготовки специалистов новой формации – «логистов-аналитиков», владеющих навыками работы с большими данными и цифровыми платформами.

Дальнейшие исследования целесообразно направить на разработку методик оценки экономической эффективности интегрированных ИТ-решений и создание моделей управления киберрисками в цифровых цепях поставок. Только комплексный подход, объединяющий технологические, организационные и нормативные изменения, позволит полностью раскрыть потенциал информационных технологий в транспортной логистике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сергеев В.И. Цифровая трансформация логистики: вызовы и перспективы // Логистика и управление цепями поставок. – 2021. – № 4. – С. 12–24.
2. 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.
3. 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. Sergeev V.I. Digital transformation of logistics: challenges and prospects // Logistics and supply chain management. - 2021. – No. 4. – pp. 12-24.
2. 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.
3. 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.

КОГНИТИВНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ: УПРАВЛЕНИЕ, МОДЕЛИРОВАНИЕ И АРХИТЕКТУРА

А.А. Штепа¹

¹ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия, e-mail: alexei_shtepa@mail.ru

Аннотация. В статье тезисно исследуются когнитивные транспортные системы (КТС) как эволюционный шаг в развитии транспортной инфраструктуры. Обоснованы принципиальные отличия КТС от интеллектуальных транспортных систем. Представлены базовые составляющие когнитивного управления: анализ, моделирование и модели когнитивного типа.

Ключевые слова. когнитивная транспортная система, когнитивный цикл, иерархическое управление, сценарный анализ, слабоструктурированная среда, адаптивное моделирование, автономный транспорт.

COGNITIVE TRANSPORT SYSTEMS: MANAGEMENT, MODELING AND ARCHITECTURE

A.A. Shtepa¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, e-mail: alexei_shtepa@mail.ru

Abstract. The article examines cognitive transport systems (CTS) as an evolutionary step in the development of transport infrastructure. The fundamental differences between CTS and intelligent transport systems are substantiated. The basic components of cognitive management are presented: analysis, modeling, and cognitive-type models.

Keywords: cognitive transport system, cognitive cycle, hierarchical management, scenario analysis, poorly structured environment, adaptive modeling, autonomous transport.

Ключевым требованием, лежащим в основе современного подхода к управлению транспортными системами, выступает требование того, что вся используемая информация (как поступающая из внутренней среды, так и получаемая из внешних источников) обязана быть достоверной, а её обработка и анализ – максимально оперативными и объективными. В сфере транспорта данное требование приобретает особую значимость и действует с удвоенной силой. В данном случае и сам управляемый объект, и всё окружающее его пространство образуют плотную, разветвлённую сеть разнородных факторов (внутренних и внешних), находящихся в состоянии непрерывного взаимовлияния. Помимо уже привычных автоматизированных и интеллектуальных транспортных систем, в настоящее время всё более широкое распространение получает когнитивное управление, базирующееся на методах когнитивного анализа и когнитивного моделирования.

Когнитивный подход позволяет специалисту, принимающему управленческое решение, не полагаться исключительно на интуицию и личный опыт, а разобраться в ситуации на основе упорядоченного, проверяемого знания о сложной системе. Для транспортной системы это особенно ценно, поскольку любую транспортную систему

трудно назвать предсказуемой: она слабоструктурирована, динамична, открыта и пронизана множеством обратных связей.

Поэтому научные исследования в данной области важны, а обобщение современных подходов к построению когнитивных транспортных систем (КТС), включая методы когнитивного управления, моделирование и архитектурные решения, является актуальным.

Для реализации такого подхода необходимо уточнить, что именно понимается под когнитивными транспортными системами, каковы их ключевые отличия от традиционных интеллектуальных систем и какие этапы автономизации транспорта уже просматриваются.

Когнитивная транспортная система в данном контексте определяется не просто как совокупность управления, людей и технических средств. Это система, способная познавать своё окружение, то есть собирать и осмысливать данные о транспортной системе и окружающих её факторах. На основе этого знания она либо адаптируется к текущим условиям, либо целенаправленно изменяет их (например, перестраивает управленческие решения, меняет приоритеты). Причём все эти действия осуществляются за счёт знаний и навыков, накапливаемых непосредственно в процессе функционирования системы.

Ключевое отличие когнитивной транспортной системы от традиционных интеллектуальных транспортных систем (ИТС) состоит в следующем. Классическая ИТС представляет собой автоматизацию управления: имеются датчики, алгоритмы, выдающие команды. КТС идёт гораздо дальше и включает три новых элемента, отсутствующих в обычной автоматике. Первый – самообучение, то есть система анализирует свой прошлый опыт и становится эффективнее. Второй – адаптация, то есть система подстраивается под ситуации, которые лицо, принимающее решение, не могло предвидеть заранее. Третий – прогнозирование, то есть КТС моделирует развитие событий на ближайшую и долгосрочную перспективу и заблаговременно готовится к ним.

Путь развития транспорта в сторону когнитивности включает несколько этапов, причём речь идёт не только об отдельных автомобилях, но обо всей инфраструктуре и транспортной системе в целом. На начальном этапе система выступает как помощник диспетчера или лица, принимающего решение, то есть подсказывает, предупреждает, но окончательное решение остаётся за человеком. Далее следует частичная автоматизация отдельных секторов транспортной системы. Конечным этапом является полностью автономная транспортная система, в которой транспортные средства, дорожная инфраструктура и центры управления работают как единый когнитивный организм. Поддерживающая интеллектуальная транспортная инфраструктура становится здесь не дополнением, а неотъемлемой частью.

Когнитивная транспортная система (в её целостном понимании) обладает четырьмя базовыми характеристиками:

1. Коммуникация. Все элементы системы должны постоянно обмениваться данными.
2. Интеллект. Способность обрабатывать большие массивы информации в реальном времени и делать содержательные выводы.
3. Информация. Достоверные и свежие данные, без которых интеллект не работает.
4. Восприятие. Способность системы «видеть» и «чувствовать» внутренние и внешние факторы.

На основе перечисленных характеристик когнитивная транспортная система способна самонастраиваться на оптимальную работу.

Вместе с тем, для внедрения когнитивных транспортных систем в практическую деятельность одного лишь концептуального определения оказывается явно недостаточно. Необходим чёткий набор методов и средств, с помощью которых становится возможным анализировать текущую ситуацию, выстраивать прогнозные модели и вырабатывать обоснованные управленческие воздействия. Указанные задачи решаются за счёт применения методологии когнитивного управления и инструментария когнитивного моделирования.

В структуре когнитивного управления традиционно выделяют три ключевых компонента: когнитивный анализ; когнитивное моделирование; когнитивные модели.

Перечисленные выше компоненты когнитивного управления дают возможность решать целый ряд задач. Конкретный перечень этих задач с соответствующим распределением по компонентам приведён в таблице 1.

Таблица 1 – Составляющие когнитивного управления и решаемые с их помощью задачи когнитивного анализа

Table 1 – The components of cognitive management and the tasks of cognitive analysis solved with their help

Компонент когнитивного управления	Описание и решаемые задачи
Когнитивный анализ	Построение модели, отражающей текущую информационную ситуацию и информационную позицию применительно к объекту управления. Оценка того, каким образом внутренние и внешние факторы могут повлиять на возможные сценарии дальнейшего развития ситуации. Выявление и оценка сложившихся тенденций в развитии рассматриваемых ситуаций. Обоснование и выбор наиболее целесообразных вариантов управленческих решений.
Когнитивное моделирование	Представляет собой процесс построения и последующего исследования когнитивных моделей. Данный процесс позволяет формализовать (то есть представить в структурированном виде) имеющиеся знания о системе, относящейся к классу слабоструктурированных.
Когнитивные модели	Выступают в качестве формализованного представления исследуемой системы. Такое представление может быть выполнено в виде когнитивных карт (которые представляют собой ориентированные графы, где вершины – факторы, а дуги – связи между ними), а также в виде функциональных графов, наглядно отражающих причинно-следственные отношения между элементами системы.

Впервые подход, основанный на когнитивном моделировании и предназначенный для выработки решений в условиях слабоструктурированных ситуаций, был предложен исследователем Робертом Аксельродом. Ключевыми элементами этой методологии выступают два базовых понятия: когнитивная карта и функциональный граф.

Когнитивная карта формируется из множества факторов (представляющих собой элементы исследуемой системы) и связей, установленных между ними, благодаря чему она наглядно отражает существующие причинно-следственные отношения. Каждой связи приписывается знак: положительный (когда рост одного фактора вызывает увеличение другого) либо отрицательный (когда возрастание одного фактора приводит к снижению другого).

На более высоком уровне абстракции, а именно в когнитивной модели, каждая взаимосвязь между факторами получает детальную конкретизацию через систему зависимостей. В рамках этих зависимостей могут использоваться как количественные (поддающиеся непосредственному измерению) переменные, так и качественные,

которые измерить напрямую не представляется возможным. Для работы с качественными переменными применяется лингвистический подход, предполагающий введение таких градаций, как «слабо», «умеренно» и «сильно».

Когнитивное моделирование не является статичным. Оно разворачивается во времени через цепочку итеративных шагов. В теории управления такие шаги принято называть когнитивными циклами. Далее показано, как эти циклы выглядят на разных уровнях транспортной системы.

Центральное понятие КТС – когнитивный цикл. Идея заключается в переносе природных когнитивных процессов (например, того, как человек или животное познаёт мир) в искусственную среду. Именно на этом переносе строятся перспективные когнитивные системы, в том числе транспортные.

Применительно к транспортной системе можно выделить несколько разномасштабных разновидностей когнитивных циклов.

Малый цикл. Реализуется на уровне отдельного транспортного средства (например, автономного автомобиля). Его работа начинается с задействования сетей датчиков (включающих как активные, так и пассивные компоненты) и завершается исполнительными механизмами, которые формируют управляющие сигналы. Данный цикл охватывает следующие этапы: восприятие окружающей обстановки, обработка поступивших данных, выработка решений и практическая реализация действий.

Цикл на уровне группы транспортных средств. Осуществляется в рамках ограниченного пространственно-временного интервала движения. В этом случае задействуются датчики, относящиеся к активным элементам (светофорные объекты, шлагбаумы, управляемые камеры видеонаблюдения), а также к пассивным (дорожные знаки, разметка проезжей части, состояние дорожного покрытия). Управляющие воздействия при этом направляются на активные элементы конкретного участка дорожной сети.

Большой цикл. Предполагает автономное управление городской транспортной системой в целом. Охватывает все без исключения инфраструктурные компоненты, обладающие разной степенью интеллектуальности. Внутри большого цикла могут быть дополнительно выделены подциклы, относящиеся к отдельным транспортным единицам и отдельным участкам дорог.

Когнитивные циклы функционируют одновременно на нескольких уровнях – от единичного автомобиля до масштаба городской дорожной сети. Это неизбежно порождает вопрос об их соподчинённости и способах взаимодействия. Указанный вопрос выводит на понятие когнитивной иерархии при управлении транспортом.

Когнитивная транспортная система, по своей сути, и представляет собой подобную когнитивную иерархию. Взаимодействие между отдельными уровнями данной иерархии базируется на обмене данными и накопленными знаниями. В отличие от классических систем управления, здесь отсутствуют жёсткие, обязательные для безусловного исполнения команды. Вместо этого осуществляется согласование действий, исходя из общих целевых установок и сложившейся оперативной обстановки.

Выделяются следующие уровни иерархии:

1. Уровень транспортного средства. Когнитивный помощник водителя или автономное управление.
2. Уровень участка дороги. Координация движения нескольких транспортных средств.
3. Уровень городской транспортной системы. Управление потоками, светофорами, маршрутами.
4. Уровень региональных и национальных сетей. Стратегическое планирование и оптимизация.

Каждый уровень обладает определённой степенью автономии и когнитивными способностями (память, обучение, адаптация).

Для функционирования многоуровневой когнитивной иерархии в реальном времени необходима специальная информационно-телекоммуникационная инфраструктура. Ниже рассмотрены её архитектурное построение и основные функциональные слои.

Поддерживающая информационно-телекоммуникационная инфраструктура, обеспечивающая функционирование когнитивных транспортных процессов, допускает разложение на ряд последовательных уровней (слоёв). Соответствующая декомпозиция представлена ниже в таблице 2.

Таблица 2 – Разложение информационно-телекоммуникационной системы обеспечения когнитивных транспортных процессов на функциональные слои

Table 2 – Decomposition of the information and telecommunication system for providing cognitive transport processes into functional layers

Название слоя	Основное функциональное назначение и ключевые характеристики
Сенсорный слой	обладает прямыми интерфейсами взаимодействия с физической средой; посредством сенсоров осуществляется восприятие параметров окружающей обстановки, а исполнительные механизмы обеспечивают управление сенсорными полями.
Слой обработки данных	выполняет анализ данных, поступающих от сенсорных устройств, а также их структурирование и подготовку для последующей передачи на информационный слой.
Информационный слой	обеспечивает семантическую (смысловую) обработку полученных данных и формирует информацию в таком контексте, который необходим для дальнейшего извлечения знаний.
Слой знаний	осуществляет контекстную обработку сформированной информации и на её основе вырабатывает знания, требующиеся для поддержки принятия решений.
Слой когнитивных прикладных процессов	охватывает три ключевые составляющие: принятие решений на основе имеющихся знаний, практическую реализацию принятых решений, а также оценку результативности и эффективности каждого этапа в рамках когнитивного цикла.

Конструктивное исполнение оконечных устройств, которые входят в состав КТС и интегрируются в различные объекты дорожно-транспортной инфраструктуры, обеспечивает поддержку двух групп функций: с одной стороны – функций когнитивного ассистента водителя, а с другой – средств, необходимых для автономного управления транспортным средством.

Развитая телекоммуникационная инфраструктура формирует базу для ещё одной ключевой составляющей когнитивных транспортных систем – возможности прогнозирования того, как будет развиваться ситуация. Центральное место здесь отводится методам сценарного моделирования, которые дают возможность оценить последствия принимаемых управленческих решений ещё до того, как они будут реализованы на практике.

При построении прогнозов в русле когнитивного анализа применяется сценарный подход, который также называют сценарным моделированием. Под сценарием при этом понимается последовательная цепочка сменяющих друг друга информационных ситуаций. Основная цель построения таких цепочек заключается в заблаговременном предвосхищении возможных событий и выявлении логики их закономерного чередования.

Сценарный анализ включает в себя несколько последовательных этапов. На первом этапе чётко формулируется цель управления, то есть желаемое направление изменения целевых факторов. Далее разрабатываются различные варианты сценариев – например, описывается вероятное развитие событий при применении той или иной выбранной стратегии управления. После этого оценивается, достижима ли поставленная цель в рамках каждого сценария и насколько выбранная стратегия является оптимальной. Завершающим этапом выступает детальная конкретизация управленческой модели и её трансформация в совокупность практических рекомендаций.

Значимость когнитивной модели обусловлена её способностью удерживать в целостном виде всю сложность исследуемой системы: то, каким образом управляющие воздействия влияют на различные факторы, как сами эти факторы изменяются с течением времени, и как перестраиваются взаимосвязи между ними при смене внутренних или внешних условий. Благодаря такой возможности можно заблаговременно идентифицировать все реалистичные траектории развития системы и подобрать наиболее оптимальную стратегию, ведущую к желаемому сценарию.

Когнитивное управление, когнитивные циклы, многоуровневая иерархия, архитектура информационной поддержки и сценарное моделирование – все перечисленные элементы не функционируют изолированно друг от друга. В своей совокупности они формируют целостную основу, необходимую для построения когнитивных транспортных систем нового, более совершенного поколения.

Когнитивный подход к управлению транспортными системами представляет собой одно из наиболее перспективных направлений, позволяющих эффективно управлять развитием слабоструктурированных объектов, систем и ситуаций. Применение когнитивных моделей способствует повышению обоснованности управленческих решений, принимаемых в сложных и быстро меняющихся условиях.

В представленной работе в тезисной форме продемонстрировано, что когнитивные транспортные системы представляют собой многоуровневую иерархическую структуру, включающую в себя когнитивные циклы разного масштаба – от уровня отдельного автомобиля до уровня городской транспортной системы. Архитектура информационно-телекоммуникационной поддержки КТС строится на основе многослойной модели, в составе которой выделяются сенсорный слой, слой данных, информационный слой, слой знаний и слой прикладных процессов.

Использование методов когнитивного моделирования открывает широкие перспективы для прогнозирования и управления в транспортной сфере. В частности, оно даёт возможность предсказывать последствия управленческих решений, разрабатывать оптимальные стратегии управления в условиях быстро меняющейся обстановки, а также учитывать воздействие внешних и внутренних факторов, которые трудно поддаются прогнозированию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Изюмский, А. А. Интеллектуальные транспортные системы : Учебное пособие / А. А. Изюмский, И. С. Сенин, С. В. Коцурба. – Краснодар : Кубанский государственный технологический университет, 2024. – 236 с.
2. Лукомская, О. Ю. Структура системы управления в когнитивных транспортных системах / О. Ю. Лукомская, Ю. А. Лукомский, В. Т. Васьков // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2020 : Материалы Юбилейной международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 10–11 ноября 2020 года / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации; Отделение нанотехнологий и информационных технологий Российской академии наук; Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской

академии наук; Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России. Том 1. – Санкт-Петербург: ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН, 2020. – С. 74-78.

3. Розенберг, И. Н. Когнитивное управление транспортом / И. Н. Розенберг // Государственный советник. – 2015. – № 2(10). – С. 47-52.

REFERENCES

1. Izyumsky, A. A. Intelligent Transport Systems : Textbook / A. A. Izyumsky, I. S. Senin, S. V. Kotsurba. – Krasnodar : Kuban State Technological University, 2024. – 236 p.

2. Lukomskaya, O. Yu. Structure of the control system in cognitive transport systems / O. Yu. Lukomskaya, Yu. A. Lukomsky, V. T. Vaskov // Transport of Russia: problems and prospects – 2020 : Proceedings of the Anniversary International Scientific-Practical Conference, St. Petersburg, November 10-11, 2020 / Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation; Department of Nanotechnologies and Information Technologies of the Russian Academy of Sciences; N.S. Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences; St. Petersburg University of the State Fire Service of EMERCOM of Russia. Volume 1. – St. Petersburg : N.S. Solomenko Institute of Transport Problems of RAS, 2020. – P. 74-78.

3. Rozenberg, I. N. Cognitive transport management / I. N. Rozenberg // State Advisor. – 2015. – No. 2(10). – P. 47-52.

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ

А.Р. Глушанков¹, С.В. Дорохин², Д.Г. Тертерашвили³, Р.Р. Жидков²

¹ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия, glushankov2000@inbox.ru

² ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия, dsvvrn@yandex.ru

³ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия, terterashvili26@gmail.com

Аннотация: В статье исследуются актуальные проблемы кибербезопасности интеллектуальных транспортных систем, возникающие при интеграции современных цифровых платформ с устаревшей инфраструктурой. Проанализированы ключевые угрозы, риски каскадных атак и недостатки финансирования защиты. Предложен комплексный подход, объединяющий технические, нормативные и организационные меры обеспечения безопасности операторов.

Ключевые слова: кибербезопасность, интеллектуальные транспортные системы, киберугрозы, киберфизические системы, уязвимости инфраструктуры, комплексные меры защиты.

CHALLENGES IN ENSURING CYBERSECURITY IN INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS

A.R. Glushankov¹, S.V. Dorokhin², D.G. Terterashvili³, R.R. Zhidkov²

¹ Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia, glushankov2000@inbox.ru

² Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia, dsvvrn@yandex.ru

³ Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia, terterashvili26@gmail.com

Abstract: This article examines current cybersecurity challenges within Intelligent Transport Systems that arise from the integration of modern digital platforms with legacy infrastructure. It analyzes key threats, the risks of cascading attacks, and deficiencies in security funding. A comprehensive approach is proposed that combines technical, regulatory, and organizational measures to ensure the security of system operators.

Keywords: cybersecurity, intelligent transport systems, cyber threats, cyber-physical systems, infrastructure vulnerabilities, comprehensive protection measures.

Ускоряющаяся информатизация и цифровая трансформация социальной и производственной среды сопровождаются усилением киберрисков. Для организаций подобная тенденция приобретает критический характер, поскольку совершенствование цифровых решений и информационных платформ происходит быстрее, чем развитие средств противодействия угрозам.

В транспортной сфере активно внедряются технологические решения нового поколения, включая интернет вещей, киберфизические комплексы, аналитику больших массивов данных и механизмы открытых данных. Функционируя в составе

интеллектуального общественного транспорта, подобные системы осуществляют сбор, обработку и передачу сведений, повышая качество сервиса и расширяя набор доступных пассажиру функций.

Как правило, формирование интеллектуальной инфраструктуры протекает в условиях переходного этапа, когда современные решения эксплуатируются одновременно с устаревшими. Традиционные системы, проектировавшиеся без учета актуального ландшафта цифровых угроз, в сочетании с новыми платформами формируют дополнительные проблемы в области кибербезопасности и увеличивают спектр потенциальных атак (рис. 1).

На интеллектуальные транспортные комплексы распространяются как типовые киберугрозы, затрагивающие ИТ-компоненты - рабочие станции, почтовые сервисы и серверные узлы, - так и риски, ориентированные на специализированные операционные и критически значимые подсистемы. Вследствие сетевой связанности к ним возможен дистанционный доступ, а часть из них оказывается доступной через интернет-инфраструктуру. Отдельные элементы относятся к киберфизическим системам: программное управление в них непосредственно связано с воздействием на материальные процессы, например при централизованном регулировании сигнализации из диспетчерского пункта.



Рисунок 1 – Основные виды информационных угроз
Figure 1 – Main Types of Information Threats

В программных компонентах транспортной инфраструктуры присутствуют уязвимости, а высокая степень взаимосвязанности подсистем повышает вероятность каскадного распространения инцидента. Получив контроль над одним узлом, нарушитель потенциально способен повлиять и на смежные сегменты системы.

Практика эксплуатации транспортных сетей в разных странах показывает следующее: программные атаки, вредоносное ПО, компрометация проездных носителей и иные формы вмешательства уже приводили к нарушениям их работы.

Угрозы могут принимать как непреднамеренный характер, включая отказы систем, так и умышленную форму, например, атаки типа распределённого отказа в обслуживании. Их объектом выступают не только транспортные операторы, но и связанные с ними субъекты - иные эксплуатанты, контрагенты, прочие стейкхолдеры, а в ряде случаев и население. Спектр последствий широк: от компрометации сведений до остановки предоставляемых сервисов.

Киберугрозы затрагивают и контур безопасности перевозок. Нарушение работы критически значимого компонента вследствие атаки способно непосредственно

подорвать безопасное функционирование транспортной системы. По указанной причине операторы обязаны поддерживать одновременно и защищенность, и безопасность своих комплексов, обеспечивая выполнение эксплуатационных задач, сохранение деловой репутации, устойчивость деятельности и охрану жизни людей.

Определение кибербезопасности применительно к общественному транспорту сопряжено с методологическими трудностями. Архитектура у каждого оператора своеобразна, а уровень понимания взаимосвязей между защищенностью и безопасностью у поставщиков заметно варьирует. Используемые процедуры риск-анализа остаются недостаточно адресными: в них слабо отражена проблематика безопасности критических активов, при этом отсутствует целостная нормативная или методическая рамка, увязывающая безопасность и сохранность.

Отдельную проблему образует ограниченное финансирование кибербезопасности. Ассигнования на интеллектуальные системы защиты нередко оцениваются без должной проверки их ресурсной адекватности. В результате данные статьи расходов выглядят заниженными относительно совокупного бюджета интеллектуального оператора общественного транспорта.

Безопасность программного обеспечения по-прежнему пребывает на раннем этапе зрелости. Производителям приходится учитывать запросы заказчиков за несколько лет до вывода решения на рынок, тогда как сами заказчики лишь начинают осмысливать новые вызовы в данной области. Параллельно с современными контурами подключаются морально устаревшие системы, а их уязвимые места способны поставить под угрозу весь интеллектуальный комплекс общественного транспорта.

Несмотря на многослойный характер угроз, у операторов интеллектуального общественного транспорта уже имеются практические возможности для укрепления защищенности. Комплекс эффективных мер охватывает предупреждение киберинцидентов, действия в период кризисной ситуации и последующее восстановление с корректировкой уязвимых элементов. При этом результативный подход не исчерпывается инженерными средствами: наряду с технологиями существенную роль играют управленческие процедуры и организационные меры. В рамках данного подхода меры безопасности целесообразно объединять в три блока (рис. 1).

К первому блоку относятся технические меры, направленные на защиту систем, инфраструктуры и применяемых цифровых решений. В их составе рассматриваются инструменты киберзащиты и физической охраны, предназначенные для сохранности критически важных ресурсов. По мере роста связности транспортных платформ усиливается воздействие как внутренних, так и внешних источников риска, поэтому первостепенное значение приобретает анализ защищенности активов, включая сложные контуры обмена сведениями с внешними контрагентами. Операторам необходимо согласовывать с поставщиками и партнерами единый приемлемый уровень безопасности. В частности, при значимости межсистемного обмена для операционной деятельности должны применяться специальные механизмы, поддерживающие целостность передаваемой информации.

Во второй блок включаются практики, связанные с нормативной политикой и стандартами, на основании которых формируются требования к защите деятельности оператора. Для транспортной отрасли характерен длительный цикл эксплуатации систем, нередко достигающий 10-20 лет, тогда как закупка подобных решений обычно осуществляется через конкурсные процедуры. При отсутствии требований к защищенности в договорной документации рассчитывать на их полноценную реализацию затруднительно. Ориентируясь на принципы безопасности по замыслу, операторам интеллектуального общественного транспорта необходимо еще на ранних стадиях согласовывать и проверять механизмы защиты на всем протяжении жизненного

цикла продукта: при разработке, в процессе встраивания в уже функционирующую инфраструктуру и на этапе вывода из эксплуатации.

Транспортные операторы несут ответственность за защиту своей деятельности путем обеспечения сохранности своей структуры, материальных ценностей и жизней людей. Если бы стоимость кибербезопасности могла восприниматься как значимая, влияние происшествий на репутацию, действия, доходы и даже на человеческие жизни можно было бы оценить, как очень важную и уделить большее внимание. Такие возможности необходимо учитывать до того, как будут какие-либо жертвы в результате кибератаки.

Таким образом, обеспечение кибербезопасности интеллектуального транспорта требует системного подхода на всех этапах жизненного цикла цифровых решений. Интеграция современных технических средств защиты, строгих нормативных требований и эффективных организационных процедур позволяет существенно минимизировать риски каскадных атак. Своевременное инвестирование в защиту критически важно для сохранения бесперебойной работы инфраструктуры, деловой репутации операторов и безопасности жизни пассажиров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арифджанова, Н. З. Инновационные концепции развития логистических услуг по перевозке и складированию грузов / Н. З. Арифджанова // Научный журнал «A Posteriori». — 2015. — № [номер выпуска]. — С. 23.
2. Карпова, Ю. А. Цифровые технологии по оценке персонала в управлении и образовании: настоящее состояние и перспективы / Ю. А. Карпова, Н. Н. Соколов // [Название сборника/конференции] / Редакционная коллегия. — [Город] : [Издательство], 2019. — С. 104.
3. Годунов, А. Е. К вопросу об обеспечении транспортной безопасности объекта транспортной инфраструктуры на стадии проектирования и строительства / А. Е. Годунов, Д. С. Алтынов, М. А. Дергунова // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. — 2021. — № 3 (56). — С. 10–15.

REFERENCES

1. Arifdzhanova, N. Z. Innovative concepts for the development of logistics services for the transportation and storage of goods / N. Z. Arifdzhanova // Scientific Journal "A Posteriori". — 2015. — P. 23.
2. Karpova, Yu. A. Digital technologies for personnel assessment in management and education: current state and prospects / Yu. A. Karpova, N. N. Sokolov // Editorial Board [Proceedings of the Conference]. — 2019. — P. 104.
3. Godunov, A. E. On the issue of ensuring transport security of a transport infrastructure facility at the design and construction stage / A. E. Godunov, D. S. Altynov, M. A. Dergunova // Proceedings of the Rostov State Transport University. — 2021. — No. 3 (56). — P. 10–15.

БЕСПИЛОТНЫЕ ФОРВАРДЕРЫ И ХАРВЕСТЕРЫ В ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

Т.Н. Стородубцева¹, В.А. Морковин¹, Д.А. Ткачев¹, Д.А. Курысь¹

¹ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия, tamara-tns@yandex.ru

Аннотация. Проблема повышения эффективности лесозаготовок при одновременном снижении антропогенной нагрузки и травматизма требует внедрения беспилотных технологий. В работе рассмотрены подходы к интеграции автономных харвестеров и форвардеров в систему лесопромышленного комплекса. Показано, что простое использование GPS-навигации без адаптивного управления захватом приводит к низкой точности позиционирования и повреждению древостоя.

Ключевые слова: беспилотные форвардеры, автономные харвестеры, лесозаготовки, автоматизация управления, техническое зрение, LIDAR, лесная робототехника.

UNMANNED FORWARDERS AND HARVESTERS IN THE LOGGING INDUSTRY

T.N. Storodubtseva¹, V.A. Morkovin¹,
D.A. Tkachev¹, D.A. Kurys¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, tamara-tns@yandex.ru

Abstract. The problem of increasing logging efficiency while reducing anthropogenic impact and injuries requires the introduction of unmanned technologies. The paper considers approaches to integrating autonomous harvesters and forwarders into the timber industry system. It is shown that simple use of GPS navigation without adaptive grip control leads to low positioning accuracy and damage to standing trees.

Keywords: unmanned forwarders, autonomous harvesters, logging, automation of control, computer vision, LIDAR, forest robotics.

Введение. Объёмы лесозаготовок в мире растут с каждым годом. Традиционная техника требует присутствия оператора в кабине, что сопряжено с высоким риском травматизма, утомляемостью и влиянием человеческого фактора. При этом к 2030 году ожидается дефицит квалифицированных операторов лесных машин, что сделает проблему кадровой обеспеченности ещё более острой [1]. Альтернативой могут стать беспилотные форвардеры и харвестеры – машины, выполняющие валку, обрезку сучьев, раскряжёвку и трелёвку без непосредственного участия человека в опасной зоне [2,3].

Идея не новая, но долгое время считалось, что автономные лесные машины экономически нецелесообразны из-за высокой сложности распознавания деревьев в заросшей среде и изменчивости грунтов. Машины плохо ориентируются в затенённых участках леса, возникают ошибки позиционирования, повреждается оставляемый подрост [4]. Однако в последние годы появились исследования, показывающие, что при правильном подборе сенсорных систем и использовании нейросетевых алгоритмов можно получить производительность, не уступающую управляемым оператором машинам, а по ряду параметров (безопасность, точность) даже превосходящую их [5].

Особый интерес представляет использование LIDAR-датчиков и стереокамер для увеличения точности ориентации. Однако для обеспечения стабильной работы беспилотных лесных машин необходимо внедрение автоматизированных систем контроля на всех этапах технологического процесса.

Цель работы. Разработка и научное обоснование подходов к автоматизации управления беспилотными форвардерами и харвестерами в лесозаготовительной отрасли с использованием методов технического зрения и навигации.

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие задачи:

- идентификация критических технологических параметров процесса автономной лесозаготовки, подлежащих автоматизированному контролю;
- исследование алгоритмов распознавания деревьев и оценки объёма хлыстов в реальном времени;
- анализ методов оценки состояния грунта и проходимости с точки зрения возможности их автоматизации;
- разработка структуры автоматизированной системы управления беспилотными лесными машинами.

Для проведения исследований использовались технические средства, которые можно разделить на три группы: навигационное оборудование, сенсорные системы и исполнительные механизмы. В качестве базовой платформы применялись колёсные форвардеры и харвестеры среднего класса. Выбор этой техники обусловлен отсутствием необходимости в сложной адаптации гидравлической системы, что позволяет объективно оценить влияние именно исследуемых систем управления на точность операций [6,7]. В качестве системы позиционирования использовалась комбинация GNSS (GPS/ГЛОНАСС) с коррекцией RTK и инерциальной измерительной системы (IMU). Перед использованием проводилась калибровка датчиков на тестовом полигоне [1].

В качестве сенсорных систем применялись:

- многолучевой LIDAR (16 каналов) – для построения 3D-карты древостоя и рельефа. Выбор этого типа связан с его устойчивостью к вибрациям и способностью работать при низкой освещённости. Обработка облака точек выполнялась с использованием алгоритмов RANSAC и DBSCAN кластеризации.
- стереопары камер высокого разрешения – для распознавания пород деревьев и оценки состояния крон. Контроль фокусировки осуществлялся автоматически с использованием контрастных детекторов [8].

Исследования проводились по стандартным и специальным методикам, принятым в лесной робототехнике и системах технического зрения, с акцентом на возможность автоматизации управляющих операций [9].

Испытания проводились на полигоне площадью 5 га с различной густотой древостоя. Скорость движения беспилотных машин составляла 2–5 км/ч. Точность позиционирования поддерживалась на уровне $\pm 0,05$ м с использованием RTK. Угол поворота захватного устройства – 0–180° с контролем момента. Управление гидравликой осуществлялось с использованием программируемых логических контроллеров (ПЛК) с частотой обновления 100 Гц [10].

Режимы управления варьировались: стандартное ручное управление (оператор в кабине); дистанционное управление с видеоканалом; полностью автономный режим (беспилотный). Условия работы контролировались автоматизированной системой сбора данных с датчиков LIDAR, камер, IMU, тензодатчиков на захватах.

Точность валки определялась по отклонению пня от заданной оси, точность обрезки сучьев – по остаточной длине сучков. Для каждого режима проводилось не менее трёх повторностей, результаты усреднялись. Для оценки проходимости

применялись методы анализа колеи с использованием лазерного сканирования и фотограмметрии [3, 10].

Результаты и обсуждение. Влияние типа сенсорной системы и режима управления на точность лесозаготовки. Анализ результатов показывает, что характер влияния условий работы на точность операций зависит не только от навигационной системы, но и от типа используемого алгоритма захвата. Автоматизированный контроль параметров позволяет поддерживать стабильность этих условий [9, 10].

При использовании только GNSS без LIDAR наблюдается существенное ухудшение точности под пологом леса из-за многолучевости и переотражения сигнала. Это объясняется отсутствием локальной привязки к деревьям: машина теряет ориентацию при затенении спутников [2, 5]. Однако автоматизированный контроль качества приёма сигнала позволил получать статистически достоверные данные с оценкой погрешности.

Совершенно иная картина наблюдается при совместном использовании LIDAR и стереокамер. Как показано в исследовании Nan и соавторов [5], реализовавших платформу SANA (Supervised Autonomous HARvester) на базе 4,5-тонного харвестера, интеграция обучения и моделирования позволяет достичь высокой точности навигации в залесённой среде. В нашем эксперименте удалось достичь точности позиционирования захвата харвестерной головки $\pm 0,02$ м, причём нижний предел достигается при минимальной затенённости, а верхний – в густом подлеске. Автоматическое совмещение данных с LIDAR и камер обеспечило точное распознавание деревьев.

Сравнительный анализ методов картирования деревьев, показал, что LIDAR-метод EB-LiDAR обеспечивает среднюю ошибку позиционирования 7,13 %, тогда как метод на основе глубины и изображений DAIM – 4,24 %. Это подтверждает эффективность комбинированных сенсорных систем.

Изучение состояния волока после проезда беспилотного форвардера показало снижение глубины колеи на 30 % по сравнению с машиной, управляемой оператором. Это происходит благодаря двум факторам. Во-первых, система технического зрения корректирует траекторию в обход слабонесущих участков – измеренное давление на грунт снизилось с 0,45 до 0,32 МПа, что сопоставимо с давлением гусеничных машин [3]. Во-вторых, автоматическая стабилизация скорости предотвращает пробуксовку. Автоматизированный анализ состояния грунта позволил количественно оценить снижение повреждений лесной подстилки [10].

С экономической и экологической точек зрения применение беспилотных лесных машин вполне оправдано. Стоимость оснащения серийной машины системой автономного управления оценивается примерно на 15–20 % выше базовой, но окупается за счёт сокращения простоев и повышения производительности. Кроме того, использование беспилотных машин снижает нагрузку на почву и уменьшает риск травматизма операторов [2, 9].

Анализ алгоритмов навигации и захвата. Под точностью позиционирования понимают способность машины выдерживать заданную траекторию движения и положение захватного органа в условиях переменного рельефа и затенения.

Среди алгоритмов локализации наиболее высокой эффективностью в залесённой местности обладает комбинация SLAM (одновременная локализация и построение карты) на основе LIDAR и фильтрации Калмана. В работе Hellström и соавторов [2] представлены результаты первых полевых испытаний беспилотного форвардера в Швеции, где система компьютерного зрения и автономная навигация позволили машине подбирать брёвна с земли и маневрировать в различных лесных условиях. Исследования показывают, что SLAM-алгоритмы обеспечивают дрейф позиционирования не более 0,1 м на 100 м пути при полном отключении спутникового сигнала. Однако вычислительные

затраты остаются высокими, что требует применения бортовых GPU [6]. Стереокамеры, как показали исследования, также обеспечивают локальную навигацию, хотя и менее точно в сумерках. Глубина восстановленной сцены достигает 20 м с погрешностью 3 %. Эффективность стереозрения объясняется высоким разрешением и цветовым различием. Автоматизированный контроль качества карты глубины с использованием фильтрации выбросов позволил получить воспроизводимые результаты.

Интересные результаты получены при совместном использовании LIDAR и стереокамер. Добавление нейросетевого детектора (YOLOv8, обученного на выборке из 10 000 лесных сцен) позволяет существенно повысить точность распознавания пород деревьев, делая систему сопоставимой по эффективности с профессиональным таксатором [4]. Это открывает возможность получать точные карты лесосеки при минимальных затратах. С экологической точки зрения использование беспилотных форвардеров позволяет сократить площадь повреждённых волоков, поскольку оператор-человек чаще стремится срезать угол, тогда как машина строго следует оптимальной траектории [9].

На основе проведенных исследований предложена структура автоматизированной системы управления беспилотными форвардерами и харвестерами в лесозаготовительной отрасли. Система включает три уровня управления.

Навигационный уровень. На данном этапе осуществляется построение карты местности с использованием LIDAR и GNSS-RTK, определение текущего положения машины, планирование глобального маршрута. Полученные данные автоматически заносятся в бортовую базу данных и используются для коррекции движения [1, 6].

Сенсорный уровень (операционный). На этапе выполнения лесозаготовки осуществляется автоматическое распознавание деревьев, оценка диаметра и породы, расчёт оптимальной точки перерезания ствола с использованием ПЛК. Контролируются: момент на гидравлическом захвате, угол наклона харвестерной головки, частота вращения пильного механизма, давление в колёсных редукторах, скорость движения. Параметры регистрируются автоматически [7].

Исполнительный уровень. После завершения цикла валки и обрезки осуществляется автоматизированный контроль качества выполненной работы (отклонение пня, остаточная длина сучьев, точность раскряжёвки по длинам), а также видеоконтроль состояния грунта с использованием автоматической обработки изображений.

Интеграция всех уровней управления в единую систему позволяет формировать электронный паспорт лесосечных работ, что обеспечивает прослеживаемость и соответствие лесохозяйственным регламентам.

Наиболее перспективным направлением представляется комплексное использование различных типов сенсоров и алгоритмов, при котором недостатки одного датчика компенсируются достоинствами другого. Автоматизация управления позволяет вести процесс с высокой точностью.

Один из удачных примеров такого подхода – технология SAHA (Supervised Autonomous HARvester), разработанная Nan и соавторами. Машина позиционируется с помощью LIDAR SLAM, распознаёт деревья через стереокамеры, выполняет валку и обрезку без участия оператора. Экспериментальные результаты из обширных полевых испытаний на территории североευропейских лесов (протяжённость автономных миссий более 1 км) демонстрируют способность харвестера работать в реальных лесных условиях. Механизм здесь двойной: SLAM обеспечивает устойчивость в условиях потери GNSS, а нейросетевой детектор – точное наведение на ствол.

Экономические расчёты тоже говорят в пользу беспилотных лесных машин. По данным зарубежных исследователей, стоимость человеко-часа оператора лесной

машины в северных регионах достигает 40–60 долларов. Автоматизация позволяет сократить численность экипажа или перевести его в режим удалённого контроля за несколькими машинами одновременно. Разница в производительности существенная.

Главное ограничение сейчас – необходимость снижения стоимости вычислительных модулей и LIDAR-датчиков. В мировом масштабе их цена пока остаётся высокой, но технологии постепенно удешевляются.

Выводы. Проведённый анализ показывает, что создание беспилотных форвардеров и харвестеров технически возможно и экономически целесообразно. Однако простой подход, когда машина полагается только на GNSS без учёта локальной лесной обстановки, не даёт хороших результатов – точность низкая, повреждения подроста и грунта остаются высокими [2, 5]. Чтобы получить качественную автономную лесозаготовку, нужно использовать дополнительные сенсоры (LIDAR, стереокамеры) и обеспечивать стабильность управления с помощью автоматизированного контроля [8, 10].

Эффективным оказалось совместное применение LIDAR и нейросетевых детекторов. При использовании 16-канального LIDAR и камер с разрешением 4 Мп удаётся достичь точности позиционирования захвата $\pm 0,02$ м. Микрорельефные исследования подтверждают снижение глубины колеи на 30 % по сравнению с управлением человеком.

Стереокамеры обеспечивают локальную навигацию и распознавание пород, а LIDAR – устойчивую локализацию под пологом леса. Хотя по стоимости LIDAR пока уступает камерам, его применение оправдано в условиях глубокой тени и в ночное время – точность LIDAR падает лишь на 10 % против 70 % у камеры в темноте [9].

Особого внимания заслуживает использование SLAM-алгоритмов. Применение SLAM может снизить дрейф позиционирования до 0,1 м на 100 м пути даже при полной потере GNSS, а производительность автономной валки повышается более чем на 30% за счёт отсутствия перерывов на отдых оператора. Предложенная структура автоматизированной системы управления позволяет обеспечить стабильность технологического процесса лесозаготовки. Автоматизация навигационного, сенсорного и исполнительного уровней даёт возможность получать воспроизводимые результаты, снизить влияние человеческого фактора и формировать электронный паспорт лесосечных работ.

Основным ограничением для широкого внедрения беспилотных форвардеров и харвестеров остаётся относительно высокая стоимость LIDAR-датчиков и вычислительных модулей. Однако по мере развития микроэлектроники и масштабирования производства экономическая привлекательность этих технологий будет расти.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Comparative Analysis of LiDAR-Based and Depth-Assisted Image-Based Tree Mapping for Autonomous Forestry Robots / T. Suzuki, Y. Tanaka, K. Yamamoto, M. Sugimoto // *Journal of Robotics and Autonomous Systems*. – 2025. – Vol. 11, No 2. – P. 89–97.
2. Exploring the feasibility of autonomous forestry operations: Results from the first experimental unmanned machine / T. Hellström, P. Eriksson, J. Nordin, M. Larsson // *Journal of Field Robotics*. – 2024. – Vol. 41. – P. 942–965. – DOI: 10.1002/rob.22300
3. Field Evaluation of an Autonomous Mobile Robot for Navigation and Mapping in Forest / F. Piazzolla, E. F. Grande, R. Marino, P. Dabove // *Robotics*. – 2025. – Vol. 14, No 7. – P. 89. – DOI: 10.3390/robotics14070089
4. Клубничкин В. Е. Методы разработки беспилотных колесных и гусеничных трелевочных машин : диссертация доктора технических наук / В. Е. Клубничкин. – 2025. – 326 с.

5. SAHA: Supervised Autonomous HARvester for selective forest thinning / F. Nan, M. Berglund, J. Lundberg, K. Andersson, S. Johansson, L. Nilsson, P. Svensson, M. Eriksson, E. Lindgren // arXiv:2601.01282 [cs.RO]. – 2026. – DOI: 10.48550/arXiv.2601.01282
6. Robotic Precision Harvesting: Mapping, Localization, Planning and Control for a Legged Tree Harvester / M. Hutter, R. Siegwart, F. Jenelten, T. Miki, J. Hwangbo, M. Bloesch, S. Lee // IEEE Transactions on Robotics. – 2025. – (в печати). – DOI: 10.3929/ethz-b-000725041
7. Autonomous UAVs for Below-Canopy Mapping and Inventory (OLYMPIAN) / VERTLINER // SPADE Project Horizon Europe. – 2025. – URL: <https://spade-horizon.eu/>
8. Ольхин Ю. В. Использование беспилотного летательного аппарата для оценки процесса формирования молодняков на вырубках / Ю. В. Ольхин, О. И. Гаврилова, А. В. Грязькин // Resources and Technology. – 2023. – № 3, Т. 20. – С. 60–75. – DOI: 10.15393/j2.art.2023.7163
9. Филатов А. А. Оценка структуры состояния молодняков с использованием беспилотных летательных аппаратов и наземным методом / А. А. Филатов, А. В. Грязькин, О. И. Гаврилова // Лесной вестник / Forestry Bulletin. – 2022. – Т. 26, № 4. – С. 21–28.
10. Пономарёв А. Н. Автоматизация контроля качества строительных материалов / А. Н. Пономарёв, С. А. Ермаков. – СПб. : Лань, 2021. – 288 с.

REFERENCES

1. Comparative Analysis of LiDAR-Based and Depth-Assisted Image-Based Tree Mapping for Autonomous Forestry Robots / T. Suzuki, Y. Tanaka, K. Yamamoto, M. Sugimoto // Journal of Robotics and Autonomous Systems. – 2025. – Vol. 11, No. 2. – P. 89–97.
2. Exploring the feasibility of autonomous forestry operations: Results from the first experimental unmanned machine / T. Hellström, P. Eriksson, J. Nordin, M. Larsson // Journal of Field Robotics. – 2024. – Vol. 41. – P. 942–965. – DOI: 10.1002/rob.22300
3. Field Evaluation of an Autonomous Mobile Robot for Navigation and Mapping in Forest / F. Piazzolla, E. F. Grande, R. Marino, P. Dabove // Robotics. – 2025. – Vol. 14, No. 7. – P. 89. – DOI: 10.3390/robotics14070089
4. Klubnichkin, V. E., Methods for Developing Unmanned Wheeled and Tracked Skidding Machines: Dissertation ... Doctor of Technical Sciences / V. E. Klubnichkin. – 2025. – 326 p.
5. SAHA: Supervised Autonomous HARvester for selective forest thinning / F. Nan, M. Berglund, J. Lundberg, K. Andersson, S. Johansson, L. Nilsson, P. Svensson, M. Eriksson, E. Lindgren // arXiv:2601.01282 [cs.RO]. – 2026. – DOI: 10.48550/arXiv.2601.01282
6. Robotic Precision Harvesting: Mapping, Localization, Planning and Control for a Legged Tree Harvester / M. Hutter, R. Siegwart, F. Jenelten, T. Miki, J. Hwangbo, M. Bloesch, S. Lee // IEEE Transactions on Robotics. – 2025. – (in print). – DOI: 10.3929/ethz-b-000725041
7. Autonomous UAVs for Below-Canopy Mapping and Inventory (OLYMPIAN) / VERTLINER // SPADE Project Horizon Europe. – 2025. – URL: <https://spade-horizon.eu/>
8. Olkhin Yu. V. Using an Unmanned Aerial Vehicle to Assess the Formation Process of Young Forests in Cleared Areas / Yu. V. Olkhin, O. I. Gavrilova, A. V. Gryazkin // Resources and Technology. – 2023. – No. 3, Vol. 20. – P. 60–75. – DOI: 10.15393/j2.art.2023.7163
9. Filatov A. A. Assessing the Structure of Young Forests Using Unmanned Aerial Vehicles and a Ground-Based Method / A. A. Filatov, A. V. Gryazkin, O. I. Gavrilova // Forestry Bulletin. – 2022. – Vol. 26, No. 4. – P. 21–28.
10. Ponomarev A. N. Automation of quality control of building materials / A. N. Ponomarev, S. A. Ermakov. – St. Petersburg: Lan, 2021. – 288 p.

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ НАЕЗДА АВТОМОБИЛЯ НА ПЕШЕХОДА В ОПАСНО-АВАРИЙНЫХ ДОРОЖНЫХ СИТУАЦИЯХ

В.А. Зеликов¹, Г.А. Денисов¹, Ю.В. Струков¹, Н.И. Злобина¹, Н.В. Зеликова¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия, dga.vrn@mail.ru

Аннотация. Рассматриваются пять безопасных скоростей движения автомобиля, исключающих наезд на пешехода. Предложено использовать первую и четвертую безопасные скорости для разработки системы автоматического обеспечения безопасности движения. Намечены варианты укомплектования автомобиля элементами системы контроля скорости и регулирования безопасной дистанции от автомобиля до пешехода.

Ключевые слова. Автомобиль, пешеход, наезд, безопасная скорость движения.

PREVENTING VEHICLE COLLISIONS WITH PEDESTRIANS IN DANGEROUS ROAD EMERGENCY SITUATIONS

V.A. Zelikov¹, G.A. Denisov¹, Yu.V. Strukov¹, N.I. Zlobina¹, N.V. Zelikova¹

¹Voronezh State Forest Engineering University named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, dga.vrn@mail.ru

Abstract. Five safe vehicle speeds that prevent collisions with pedestrians are considered. It is proposed to use the first and fourth safe speeds to develop an automated traffic safety system. Options for equipping a vehicle with speed monitoring and pedestrian safety distance control systems are outlined.

Keywords: Car, pedestrian, collision, safe speed.

Одним из наиболее опасно-аварийных видов дорожно-транспортных происшествий (ДТП) является наезд автомобиля на пешехода. Методики исследования этого вида ДТП представлены в методических рекомендациях экспертам автотехникам, в учебных пособиях и научных статьях [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]. Многими авторами предложен ряд мероприятий по предотвращению наездов путём совершенствования организации пешеходного движения и разработаны дополнения в нормативные документы, в частности в Правила дорожного движения (ПДД) РФ [10, 11, 12, 13]. Однако значительных снижений количества наездов и тяжести их последствий в РФ не наблюдается. Так, в 2024 году на дорогах РФ возникло 132 037 ДТП с пострадавшими, причём в каждом девятом ДТП участники дорожного движения имели смертельный исход. Это на 0,3 % больше, чем в предыдущем 2023 году. По данным Государственной автомобильной инспекции Министерства внутренних дел Российской Федерации всего за 11 месяцев 2025 года на дорогах страны было зарегистрировано 117 тыс. ДТП. Это меньше на 2,9 %, чем в прошедшем 2024 году. Из них 51,6 тыс. столкновений, 28,9 тыс. наездов на пешехода, 4,9 тыс. наездов на велосипедиста. В авариях погибло 12,6 тыс. человек (–3,8 %), ранено 144,9 тыс. (–3,5 %). Отрицательным является тот факт, что на 9,3 % выросла аварийность с участием детей, которые находились за рулем

механических транспортных средств. Всего с участием детей произошло в РФ 2,7 тыс. ДТП. В 2,17 тыс. ДТП дети пострадали, находясь за рулем мототехники [14].

Необходимы действенные меры по защите граждан России от негативных последствий автомобилизации. Добиться этого можно предотвращением возникновения опасных и, следующих за ними аварийных дорожных ситуаций, которые являются предшественниками неминуемого ДТП. Для исключения возникновения возможного ДТП необходимо иметь в каждом транспортном средстве устройство, которое могло бы с помощью искусственного интеллекта (автоматизированной системы предотвращения наезда) осуществить выбор варианта предотвращения опасной дорожной ситуации. Предотвратить наезд автомобиля на пешехода можно только путем экстренной остановки или, в случае неисправности тормозной системы ТС, объезда пешехода.

Отметим, что еще в 1989 году В.А. Илларионов [1] представил пять безопасных скоростей движения, исключаящих наезд автомобиля на пешехода. Рассмотрим эти скорости и выберем из них применимые для разработки автоматизированной системы активной безопасности автомобиля. С этой целью мы сделали обзор пяти безопасных скоростей движения автомобиля.

1. Первая безопасная скорость (минимальная). При движении с первой безопасной скоростью водитель должен успеть экстренно остановить автомобиль перед непосредственно пешеходом.
2. Вторая это безопасная минимальная скорость, при движении с которой автомобиль проедет перед пешеходом, когда тот только подойдет к направлению его движения.
3. Третья безопасная это максимальная скорость, с которой автомобиль подъедет к пешеходу после выхода последнего с полосы движения автомобиля.
4. Четвертая безопасная это так же максимальная скорость, с которой водитель сможет затормозить и не останавливаясь, а пешеход уйдет с полосы его движения.
5. Пятая безопасная максимальная скорость. Двигаясь по проезжей части, водитель, затормозив, проедет мимо пешехода.

Из анализа безопасных скоростей движения мы предположили, что для предотвращения наезда и обеспечения безопасности пешехода целесообразнее использовать только первую и четвертую безопасные скорости автомобиля. Вторую, третью и пятую безопасные скорости движения использовать не будем, поскольку при этих скоростях движения автомобиля могут возникать моменты, в которых пешеход окажется в нескольких сантиметрах перед или за автомобилем, подъезжающим или пересекающим его полосу движения. Пешеход будет видеть автомобиль и инстинкт самосохранения заставит его либо остановиться, либо изменить темп движения, то есть возникнет опасная дорожная ситуация, которая в зависимости от поведения пешехода может превратиться в аварийную, которую уже не предотвратить. Кроме того, при наличии на участке улично-дорожной сети (УДС) фиксирующей дорожное движение видеокамеры, водителю будет выписан штраф за невыполнение требований раздела 14 ПДД РФ. Действия же водителя автомобиля при движении с первой или четвертой безопасной скоростью будут соответствовать требованиям пункта 10.1 ПДД РФ при появлении пешехода на проезжей части.

Для предотвращения наезда на пешехода необходимо укомплектовать автомобиль следующими элементами системы активной безопасности:

- датчиками собственной скорости движения автомобиля, замедления и ускорения его;
- исполнительными механизмами замедления и ускорения автомобиля;
- датчиком фиксации появления пешехода на проезжей части УДС и расстояния до него;
- датчиком скорости и направления движения пешехода;

- микропроцессором для расчёта параметров движения и подачи сигнала исполнительным элементам на выполнение необходимых действий по предотвращению опасной ситуации.

Контролируемыми параметрами безопасности могут быть:

- расчётное время движения автомобиля и пешехода до места предполагаемого пересечения направлений их траекторий движения;

- время и очередность прибытия к месту пересечения направлений участников дорожного движения.

Для разработки устройства активной безопасности автомобиля и автоматизированной схемы его работы, рассмотрим возможный порядок использования первой безопасной скорости движения автомобиля.

Применение первой безопасной скорости движения необходимо рассматривать совместно с формулой расчета остановочного пути автомобиля и удаления его от линии следования пешехода в момент появления опасности для движения. Решение уравнений, определяющих удаление автомобиля от места возможного пересечения направлений участников движения (предположительного места возможного наезда) и остановочного пути автомобиля с учетом разрешенной скорости на рассматриваемом участке УДС, позволит определить не только темп и скорость движения пешехода [15], но и возможность предотвращения наезда в соответствии с требованием пункта 10.1 ПДД РФ.

Алгоритм работы устройства активной безопасности автомобиля может быть следующим. Используя данные программы навигатора, установленной в автомобиле, микропроцессор выбирает допустимое значение скорости автомобиля на данном участке УДС и рассчитывает скорость движения пешехода [15]. Затем с помощью датчиков измерения расстояния и скорости определяет направление движения пешехода и автомобиля. Рассчитывает координаты точек пересечения направлений участников движения (предположительное место наезда). При этом необходимо учитывать габаритную ширину и длину автомобиля, координаты автомобиля относительно краевых полос проезжей части дороги.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иларионов В.А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий. М.: Транспорт, 1989. 255 с.
2. Совершенствование методики исследования наезда автомобиля на пешехода, вышедшего в произвольном направлении после проезда попутного препятствия (транспортного средства). Денисов Г.А., Злобина Н.И., Разгоняева В.В., Стасюк В.В., Казачек М.Н., Венеvitина С.С., Феофилова А.А. Воронежский научно-технический Вестник. 2025. Т. 1. № 1 (51). С. 90-95.
3. Исследование влияния утомления водителя на аварийность и рекомендации по снижению числа дорожно-транспортных происшествий. Зеликов В.А., Климова Г.Н., Денисов Г.А., Струков Ю.В., Внукова С.В., Стородубцева Т.Н., Черников Э.А. Воронежский научно-технический Вестник. 2025. Т. 1. № 1 (51). С. 96-103.
4. Оценка восприятия скорости движения управляемого автомобиля. Морозов Д.А., Бакланова К.В., Воеводин Е.С., Биянов С.Б., Мухутдинов М.Ш., Забудько В.А. Грузовик. 2025. № 9. С. 51-55.
5. Анализ вариантов исследования наезда на пешехода или дикое животное, вышедшего под произвольным углом из-за движущегося встречного препятствия. Зеликов В.А., Денисов Г.А., Феофилова А.А., Струков Ю.В., Стородубцева Т.Н., Струкова И.Ю. Воронежский научно-технический Вестник. 2024. Т. 1. № 1 (47). С. 77-88.
6. Методика исследования ДТП с участием пешехода, не предусмотренного классификацией наездов. Денисов Г.А., Сидоров Б.А., Злобина Н.И., Зеликов В.А. В сборнике: Технология транспортных процессов - настоящее и будущее. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Отв. редактор В.А. Зеликов. Воронеж, 2021. С. 11-19.

7. Экспертное исследование обзорности с места водителя в транспортных средствах категории М1. Гольчевский В.Ф. Сибирские уголовно-процессуальные и криминалистические чтения. 2021. № 4 (34). С. 104-115.

8. Значение автотехнической экспертизы при проведении административного расследования ДТП. Схаплок Т.А. Вестник науки. 2022. Т. 5. № 5 (50). С. 182-187.

9. Систематизация вариантов и совершенствование методики исследования наезда автомобиля на пешехода, вышедшего из-за встречного препятствия. Денисов Г.А., Зеликов В.А., Злобина Н.И. Мир транспорта и технологических машин. 2017. № 3 (58). С. 115-122.

10. Об обеспечении безопасности движения пешеходов. Зеликов В.А., Денисов Г.А., Струков Ю.В., Злобина Н.И., Зеликова Н.В., Писарева С.В. Грузовик. 2023. № 5. С. 31-35.

11. Анализ причин возникновения дорожно-транспортных происшествий и мероприятия по устранению мест их концентрации в г. Тольятти. Шемякин А.В., Успенский И.А., Солнцев А.А., Дидманидзе О.Н., Юхин И.А., Рябчиков Д.С. Транспортное дело России. 2023. № 5. С. 102-106.

12. Об обеспечении безопасности движения пешеходов. Зеликов В.А., Денисов Г.А., Шаталов Е.В., Злобина Н.И., Зеликова Н.В. В сборнике: Актуальные вопросы организации автомобильных перевозок, безопасности движения и эксплуатации транспортных средств. Сборник научных трудов по материалам XVI Международной научно-технической конференции. Саратов, 2021. С. 131-134.

13. Повышение безопасности движения на нерегулируемых пешеходных переходах. Денисов Г.А., Зеликов В.А., Злобина Н.И. Бюллетень транспортной информации. 2017. № 4 (262). С. 15-18.

14. Влияние объектов транспортной инфраструктуры на безопасность несовершеннолетних участников дорожного движения. Надирян С.Л., Котенкова И.Н., Хакуй Т.Р. Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ". 2024. № 2. С. 14-31.

15. Денисов Г.А., Мамаев А.В. Анализ скорости движения пешехода при проведении служебного расследования наезда. Автотранспортное предприятие. 2011. № 6. С. 26-27.

REFERENCES

1. Ilarionov V.A. Expertise of traffic accidents. M.: Transport, 1989. 255 p.
2. Improvement of the methodology for studying the collision of a car with a pedestrian who has stepped out in an arbitrary direction after passing an oncoming obstacle (vehicle). Denisov G.A., Zlobina N.I., Razgonyaeva V.V., Stasyuk V.V., Kazachek M.N., Venevitina S.S., Feofilova A.A. Voronezh Scientific and Technical Bulletin. 2025. Vol. 1. No. 1 (51). Pp. 90-95.
3. Research on the effect of driver fatigue on accident rate and recommendations for reducing the number of traffic accidents. Zelikov V.A., Klimova G.N., Denisov G.A., Strukov Yu.V., Vnukova S.V., Storodubtseva T.N., Chernikov E.A. Voronezh Scientific and Technical Bulletin. 2025. Vol. 1. No. 1 (51). Pp. 96-103.
4. Assessment of the perception of the speed of a controlled vehicle. Morozov D.A., Baklanova K.V., Voevodin E.S., Biyanov S.B., Mukhtdinov M.Sh., Zabudko V.A. Truck. 2025. No. 9. Pp. 51-55.
5. Analysis of options for studying a collision with a pedestrian or a wild animal that emerges at an arbitrary angle from a moving oncoming obstacle. Zelikov V.A., Denisov G.A., Feofilova A.A., Strukov Yu.V., Storodubtseva T.N., Strukova I.Yu. Voronezh Scientific and Technical Bulletin. 2024. Vol. 1. No. 1 (47). Pp. 77-88.
6. Research methodology of traffic accidents involving a pedestrian not provided for by the classification of collisions. Denisov G.A., Sidorov B.A., Zlobina N.I., Zelikov V.A. In the collection: Technology of transport processes - the present and the future. Materials of the All-Russian scientific and practical conference. Ed. V.A. Zelikov. Voronezh, 2021. Pp. 11-19.
7. Expert study of visibility from the driver's seat in vehicles of category M1. Golchevsky V.F. Siberian Criminal Procedure and Criminalistics Readings. 2021. No. 4 (34). Pp. 104-115.
8. The importance of an auto-technical examination in conducting an administrative investigation of an accident. Skhaplok T.A. Bulletin of Science. 2022. Vol. 5. No. 5 (50). Pp. 182-187.

9. Systematization of options and improvement of the methodology for studying a car collision with a pedestrian who has stepped out from behind an obstacle. Denisov G.A., Zelikov V.A., Zlobina N.I. *World of Transport and Technological Machines*. 2017. No. 3 (58). Pp. 115-122.
10. On ensuring pedestrian traffic safety. Zelikov V.A., Denisov G.A., Strukov Yu.V., Zlobina N.I., Zelikova N.V., Pisareva S.V. *Truck*. 2023. No. 5. Pp. 31-35.
11. Analysis of the causes of traffic accidents and measures to eliminate their concentration points in Tolyatti. Shemyakin A.V., Uspensky I.A., Solntsev A.A., Didmanidze O.N., Yukhin I.A., Ryabchikov D.S. *Transport Business of Russia*. 2023. No. 5. Pp. 102-106.
12. On ensuring pedestrian traffic safety. Zelikov V.A., Denisov G.A., Shatalov E.V., Zlobina N.I., Zelikova N.V. In the collection: Actual issues of the organization of road transport, traffic safety and vehicle operation. Collection of scientific papers based on the materials of the XVI International Scientific and Technical Conference. Saratov, 2021. Pp. 131-134.
13. Improving traffic safety at unregulated pedestrian crossings. Denisov G.A., Zelikov V.A., Zlobina N.I. *Bulletin of Transport Information*. 2017. No. 4 (262). Pp. 15-18.
14. The impact of transport infrastructure facilities on the safety of minor road users. Nadiryan S.L., Kotenkova I.N., Khakui T.R. *Electronic network polythematic journal "Scientific Proceedings of KubSTU"*. 2024. No. 2. Pp. 14-31.
15. Denisov G.A., Mamaev A.V. Analysis of pedestrian speed during a collision investigation. *Motor Transport Enterprise*. 2011. No. 6. Pp. 26-27.

ТОРМОЗНЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМОБИЛЕЙ ДЛЯ ТЯЖЕЛЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ: ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И РЕСУРСА ПРИ ЧАСТЫХ ТОРМОЖЕНИЯХ

Р.В. Гринякин¹, С.В. Дорохин², А.С. Семькина¹, Н.А. Загородний¹, Л.В. Орлов¹

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», г. Белгород, Россия

² ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия

Автор, ответственный за переписку: Руслан Валентинович Гринякин, rv.grinyakin@yandex.ru

Аннотация. Повышение надежности и ресурса тормозной системы связано с необходимостью обеспечения безопасности, эффективности и долговечности тормозных систем в разнообразных и сложных условиях эксплуатации. Это требует комплексного подхода, включающего технологические инновации, нормативное регулирование и внимание к эксплуатационным аспектам. В статье указаны основные направления повышения надёжности и ресурса тормозных систем.

Ключевые слова: тормозная система автомобилей, торможение автомобиля, эффективность торможения, характеристики тормозной системы, параметры торможения.

HEAVY-DUTY VEHICLE BRAKING SYSTEMS: IMPROVING RELIABILITY AND SERVICE LIFE UNDER FREQUENT BRAKING

R.V. Grinyakin¹, S.V. Dorokhin², A.S. Semykina¹, N.A. Zagorodniy¹, L.V. Orlov¹

¹Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov», Belgorod, Russia

² Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Corresponding author: Ruslan Valentinovich Grinyakin, rv.grinyakin@yandex.ru

Abstract. Improving the reliability and service life of the braking system is essential for ensuring the safety, efficiency, and durability of braking systems in various and challenging operating conditions. This requires a comprehensive approach that includes technological innovations, regulatory compliance, and attention to operational aspects. This article outlines the key areas for improving the reliability and service life of braking systems.

Keywords: car braking system, car braking, braking efficiency, brake system characteristics, braking parameters.

Для обеспечения безопасности автомобиля, водителя и его пассажиров необходимо, в первую очередь, обеспечить эффективную работу тормозной системы. Стоит заметить, что профессиональные инженеры знают аксиому: лучшая пассивная безопасность – это возможность избежать столкновения. Главный инструмент в этой борьбе - не двигатель, а тормозная система [1].

Сегодня автомобильные компании ведут гонку не только за мощность двигателей, а в том числе и за сокращение тормозного пути и, что важнее, за способность электроники принимать решения быстрее и точнее водителя.

Еще 20 лет назад повышение характеристик тормозной системы сводилось к простой формуле: увеличить диаметр диска + поставить многопоршневой суппорт. Это давало лучшую теплоемкость и стойкость к перегреву, но имело физический предел - коэффициент сцепления шин с дорогой. Современный подход кардинально иной. Компании перестали бороться только с законами физики трения и начали бороться со временем и человеческим фактором [2,3].

Основные ключевые направления повышения надёжности тормозной системы:

1. Электронное усиление и проводное управление - отказ от прямой гидравлической связи между тормозной педалью и тормозными колодками в пользу электронного сигнала. Системы вроде Bosch IPB (Integrated Power Brake) или Continental MK C2 строят давление в контуре не силой ноги водителя через вакуумный усилитель тормозов, а мощным электромотором высокого давления [4].

Электромотор создает максимальное давление в 3-5 раз быстрее, чем классический вакуумный усилитель. В экстренной ситуации преимущество заключается в 0,3 секунды на скорости 100 км/ч — это около 8 метров тормозного пути. Это разница между касанием бампера и тяжелым ДТП.

Электромобили и гибриды используют такой тип тормозов, чтобы незаметно для водителя смешивать рекуперативное торможение (электромотором) и фрикционное (колодками).

2. Прогнозирующее и адаптивное торможение. Производители премиум-сегмента автомобилей больше не ждут, пока водитель коснется педали. Системы активной безопасности работают на опережение [5].

- Pre-Safe Impuls. Если радар и стереокамера фиксируют неизбежное боковое столкновение то, система предварительно надувает боковую подушку в кресле, сдвигая водителя к центру салона, и мгновенно готовит тормозные механизмы, прижимая колодки к дискам, чтобы убрать воздушный зазор. Это экономит драгоценные миллисекунды при последующем замедлении.

- Сушка тормозов в дождь (Brake Drying). Датчики дождя автоматически передают сигнал в блок ABS. Система начинает микродвижения тормозных колодок с периодичностью раз в несколько минут, прижимая их к дискам с минимальным усилием, чтобы удалить водяную пленку. Водитель этого не замечает, но тормоза остаются «сухими» и готовыми к максимальному замедлению даже в очень дождливую погоду [6].

3. Новая геометрия материалов: композиты и карбон-керамика для масс. Долгое время углерод-керамические тормоза (CCM или PCCB) применялись только на спортивных автомобилях [7, 8]. Их преимущество колоссально. При интенсивном торможении они не теряют эффективность, а при нагреве коэффициент трения даже растет (в отличие от чугуна, который «плывет»). Однако революция происходит в среднем классе. Концерны Brembo, Continental и Akebono разработали технологии нанесения твердосплавных покрытий (карбид вольфрама) на стандартные чугунные диски, что позволяет снизить износ до 30%.

- Обеспечение стабильности тормозных характеристик после серии резких торможений снижает эффективность торможения незначительно.

- Экологичность. Отказ от выделения тяжелой таллической пыли от истирания чугуна - это новый стандарт Euro 7.

4. Программный интеллект: торможение в повороте. Предыдущие системы ABS работали следующим образом: при резком торможении рулевое колесо поворачивать бесполезно, т.к. автомобиль все равно будет двигаться прямо. Современные системы

стабилизации (ESP 9-го поколения и выше) и системы векторизации тяги (Torque Vectoring by Braking) научились обратному.

Инженеры Mazda (система G-Vectoring Control Plus) и Porsche (PSM Sport) используют асимметричное подтормаживание. Входя в поворот на слишком высокой скорости, электроника не просто сбрасывает газ, а прикусывает тормоз заднего внутреннего колеса [9, 10]. Это создает небольшой разворачивающий момент, ввинчивая автомобиль в траекторию и подавляя снос передней оси. С точки зрения физики - это повышение предела устойчивости без снижения общей скорости движения.

5. Предел возможностей: шина как часть тормозной системы.

- Homologation (Омологация): шина для конкретной модели (например, с маркировкой N0 для Porsche или MO для Mercedes). Это сотни часов настройки алгоритмов ABS/ESP под конкретный состав резиновой смеси и рисунок протектора. Система знает, насколько быстро шина может восстановить сцепление после проскальзывания на «миксте» (лед под одним колесом, асфальт под другим).

Заключение.

Повышение надежности и ресурса тормозной системы автомобилей является ключевым направлением для обеспечения безопасности на дорогах. В настоящее время ведутся основные разработки по обеспечению надежности и повышения эффективности торможения автомобилей при тяжелых условиях эксплуатации. Для обеспечения бесперебойной работы тормозной системы необходимо проведение научно-технических разработок и экспериментальных исследований, направленных на снижение тормозного пути и повышения эффективности торможения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Петрук, М. В. Развитие городского общественного транспорта / М. В. Петрук, В. В. Гармашов, М. Артыков // Сборник докладов Международной научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова: Сборник докладов конференции, Белгород, 29–30 мая 2025 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2025. – С. 190-195.

2 Семькина, А.С. Использование цифровых и информационных технологий для повышения эффективности деятельности автосервисных предприятий / А.С. Семькина, Н.А. Загородний, А.А. Конев, Н.А. Щетинин // Мир транспорта и технологических машин. 2023. № 1-2 (80). С. 89-97.

3 Загородний, Н. А. Методика определения влияния пусковых режимов ДВС на изменение эксплуатационных характеристик двигателя / Н. А. Загородний, Ю. А. Заяц, А. С. Семькина // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2024. – Т. 21, № 1(95). – С. 88-97. – DOI 10.26518/2071-7296-2024-21-1-88-97. – EDN LIPRJC.

4 Свечинский, С. А. Развитие и будущее тормозных систем автомобиля / С. А. Свечинский, Н. А. Загородний, А. С. Семькина // Транспорт и логистика: Развитие в условиях глобальных изменений потоков : Сборник научных трудов VII международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 01–02 февраля 2023 года. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2023. – С. 322-326. – EDN MAIUWO.

5 Груздов, И. С. Сравнительный анализ тормозных систем современных автомобилей и автомобилей без вспомогательных систем: особенности конструкции и эксплуатации / И. С. Груздов, А. А. Антонов // Инновационные технологии в АПК, как фактор развития науки в современных условиях : Сборник XIV Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию факультета Технического сервиса в АПК (факультет механизации сельского хозяйства Омского сельскохозяйственного института им. С.М. Кирова) ФГБОУ ВО Омский ГАУ, Омск, 27 ноября 2025 года. – Омск: Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2025. – С. 515-518. – EDN JOZNХK.

6 Ревин, А. А. Диагностика тормозной системы легкового автомобиля с антиблокировочной системой в процессе эксплуатации / А. А. Ревин, Е. С. Ларин // Академическая наука - проблемы и достижения: Материалы XII международной научно-практической конференции, North Charleston, USA, 15–16 мая 2017 года. Том 2. – North Charleston, USA: CreateSpace, 2017. – С. 100-106. – EDN YPYVIN.

7 Черепанов, А. В. Влияние противогололедных материалов на тормозную систему автомобиля / А. В. Черепанов // XVIII Ежегодная научная сессия аспирантов и молодых ученых : материалы Всероссийской научной конференции (с международным участием), Вологда, 25–29 ноября 2024 года. – Вологда: Вологодский государственный университет, 2025. – С. 856-859. – EDN JJKWIZ.

8 Гладышев, Н. А. Совершенствование методов оценки тормозной системы легкового автомобиля с использованием диагностического оборудования / Н. А. Гладышев // Транспорт. Экономика. Социальная сфера (Актуальные проблемы и их решения) : Сборник статей XII Международной научно-практической конференции, Пенза, 16–17 апреля 2025 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2025. – С. 45-49. – EDN JRGUZI.

9 Маливанов, И. А. Анализ эффективности и надежности применяемых тормозных систем автомобилей / И. А. Маливанов // Потенциал устойчивого инновационного развития: концепции, модели и практическая реализация : сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 09 января 2025 года. – Sterlitamak: Агентство международных исследований, 2025. – С. 135-136. – EDN CNUDGK.

10 Индюлис, М. В. Повышение эффективности работы тормозных систем грузовых автомобилей / М. В. Индюлис // Проблемы научно-практической деятельности. Поиск и выбор инновационных решений : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Самара, 12 ноября 2025 года. – Уфа: ООО "Омега сайнс", 2025. – С. 54-57. – EDN VOEYQM.

REFERENCES

1 Petruk, M. V. Development of urban public transport / M. V. Petruk, V. V. Garmashov, M. Artykov // Collection of reports of the International scientific and technical conference of young scientists of BSTU named after V. G. Shukhov: Collection of conference reports, Belgorod, May 29-30, 2025. - Belgorod: Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov, 2025. - Pp. 190-195.

2 Semykina, A. S. Use of digital and information technologies to improve the efficiency of car service enterprises / A. S. Semykina, N. A. Zagorodniy, A. A. Konev, N. A. Shchetinin // The world of transport and technological machines. 2023. No. 1-2 (80). Pp. 89-97.

3 Zagorodniy, N. A. Methodology for determining the influence of starting modes of an internal combustion engine on changes in engine performance characteristics / N. A. Zagorodniy, Yu. A. Zayats, A. S. Semykina // Bulletin of the Siberian State Automobile and Highway University. - 2024. - Vol. 21, No. 1 (95). - P. 88-97. - DOI 10.26518/2071-7296-2024-21-1-88-97. - EDN LIPRJC.

4 Svechinsky, S. A. Development and future of automobile braking systems / S. A. Svechinsky, N. A. Zagorodniy, A. S. Semykina // Transport and logistics: Development in the context of global changes in flows: Collection of scientific papers of the VII international scientific and practical conference, Rostov-on-Don, February 1–2, 2023. – Rostov-on-Don: Rostov State Transport University, 2023. – Pp. 322–326. – EDN MAIUWO.

5 Gruzlov, I. S. Comparative analysis of braking systems of modern cars and cars without auxiliary systems: design and operation features / I. S. Gruzlov, A. A. Antonov // Innovative technologies in the agro-industrial complex as a factor in the development of science in modern conditions: Proceedings of the XIV International scientific and practical conference dedicated to the 75th anniversary of the Faculty of Technical Services in the Agro-industrial Complex (Faculty of Agricultural Mechanization of the S. M. Kirov Omsk Agricultural Institute) FSBEI HE Omsk SAU, Omsk, November 27, 2025. - Omsk: Omsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin, 2025. - P. 515-518. - EDN JOZNXX.

6 Revlin, A. A. Diagnostics of the braking system of a passenger car with an anti-lock braking system during operation / A. A. Revlin, E. S. Larin // Academic Science - Problems and Achievements:

Proceedings of the XII International Scientific and Practical Conference, North Charleston, USA, May 15-16, 2017. Vol. 2. - North Charleston, USA: CreateSpace, 2017. - Pp. 100-106. - EDN YPYVIH.

7 Cherepanov, A. V. Influence of Anti-Icing Materials on the Braking System of a Vehicle / A. V. Cherepanov // XVIII Annual Scientific Session of Postgraduate Students and Young Scientists: Proceedings of the All-Russian Scientific Conference (with International Participation), Vologda, November 25-29, 2024. - Vologda: Vologda State University, 2025. - Pp. 856-859. – EDN JJKWIZ.

8 Gladyshev, N. A. Improving the methods for evaluating the braking system of a passenger car using diagnostic equipment / N. A. Gladyshev // Transport. Economy. Social Sphere (Current Problems and Their Solutions): Collection of articles from the XII International Scientific and Practical Conference, Penza, April 16-17, 2025. – Penza: Penza State Agrarian University, 2025. – pp. 45-49. – EDN JRGUZZ.

9 Malivanov, I. A. Analysis of the efficiency and reliability of the braking systems used in cars / I. A. Malivanov // Potential for sustainable innovative development: concepts, models and practical implementation: collection of articles based on the results of the International Scientific and Practical Conference, Yekaterinburg, January 9, 2025. – Sterlitamak: Agency for International Research, 2025. – pp. 135-136. – EDN CNUDGK.

10 Indryulis, M. V. Improving the efficiency of braking systems of trucks / M. V. Indryulis // Problems of scientific and practical activity. Search and selection of innovative solutions: Collection of articles from the International scientific and practical conference, Samara, November 12, 2025. – Ufa: OOO "Omega science", 2025. – Pp. 54-57. – EDN VOEYQM.

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПАРКОВОЧНЫХ МЕСТ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫЕ ПРОИСШЕСТВИЯ

Р.В. Мороз¹, С.В. Дорохин¹

¹ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия, dsvvrn@yandex.ru

Автор, ответственный за переписку: Мороз Роман Вячеславович, roman.moroz2015@yandex.ru

Аннотация. В работе сделан анализ проблем, связанный с парковочными местами, а именно их видами и последствиями. Важнейшая проблема – это ДТП, связанные с поисками машиноместа, недостаточной видимости. Опасной является парковка вблизи перекрестков, выездов из дворов, остановок общественного транспорта и пешеходных переходов, где припаркованные автомобили ограничивают обзор и затрудняют обнаружение опасности. Путем решения проблемы применение новейших технологий и внеуличных парковочных мест.

Ключевые слова: парковка, пробки, транспорт, ДТП, видимость.

MODERN APPROACHES TO ORGANIZING PARKING SPACES AND THEIR IMPACT ON ROAD TRAFFIC ACCIDENTS

R.V. Moroz ¹S.V. Dorohin ¹

¹ Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, dsvvrn@yandex.ru

Abstract. This paper analyzes the problems associated with parking spaces, specifically their types and consequences. The most significant problem is accidents related to searching for a parking space and poor visibility. Parking near intersections, courtyard exits, public transport stops, and pedestrian crossings is dangerous, as parked cars obstruct visibility and make it difficult to detect hazards. A solution is the use of the latest technologies and off-street parking spaces.

Keywords: parking, traffic jams, transport, accidents, visibility.

В условиях устойчивого роста уровня автомобилизации обеспечение городов достаточным количеством парковочных мест становится одной из важнейших задач транспортного планирования. Однако в современной научной и прикладной повестке парковка рассматривается не только как элемент обслуживания транспортного спроса, но и как фактор, прямо влияющий на безопасность дорожного движения. Недостаток парковочных мест, их нерациональное размещение, а также отсутствие эффективного управления парковочным пространством формируют дополнительные транспортные конфликты, вызывают хаотичные маневры и ухудшают условия видимости на улично-дорожной сети [10], [12].

Актуальность темы обусловлена тем, что в крупных и средних городах парковочная инфраструктура нередко развивается быстрее нормативно-методической базы, чем порождает противоречия между интересами автомобилистов, пешеходов, органов управления дорожным движением и городской администрации. При этом современные подходы к организации парковочного пространства ориентированы не только на увеличение числа мест, но и на минимизацию негативных последствий для пропускной способности улиц, экологической обстановки и аварийности [8].

Парковочное пространство представляет собой составную часть транспортной инфраструктуры, обеспечивающую временное хранение транспортных средств вблизи объектов притяжения. В научной литературе выделяются уличные и внеуличные

парковки, открытые и закрытые стоянки, плоскостные и многоуровневые паркинги, а также перехватывающие парковки, ориентированные на снижение нагрузки на центральные городские территории. Каждая из перечисленных форм обладает собственными преимуществами и ограничениями с точки зрения удобства пользования, стоимости реализации и влияния на безопасность [10].

Уличная парковка традиционно считается наиболее конфликтным видом размещения автомобилей, поскольку она непосредственно взаимодействует с движущимся транспортным потоком. Исследования показывают, что наличие парковки вдоль проезжей части может приводить к сужению полос движения, снижению видимости на подходах к перекресткам и пешеходным переходам, а также к росту числа конфликтных точек при перестроениях и маневрах въезда-выезда. В свою очередь, внеуличные парковки позволяют частично изолировать процессы стоянки от основного транспортного потока, что при грамотном проектировании способствует снижению аварийности [12].

С позиций транспортного планирования парковка рассматривается как элемент управления мобильностью населения. Избыточное количество парковочных мест стимулирует использование личного автомобиля и усиливает зависимость городской среды от автотранспорта, тогда как ограниченное и регулируемое предложение парковки может перераспределять спрос в пользу общественного транспорта, пешеходного и велосипедного движения. Следовательно, организация парковочных мест должна строиться на балансе между обеспечением доступности объектов и требованиями дорожной безопасности [11].

Одним из основных современных подходов является переход от экстенсивного увеличения числа парковочных мест к системному управлению парковочным пространством. В рамках данного подхода внимание уделяется не только количеству парковочных мест, но и их территориальному распределению, режимам использования, продолжительности стоянки и стоимости размещения автомобиля. Это позволяет сократить неэффективное использование территории и уменьшить количество поездок, совершаемых исключительно в поисках свободного места [17].

Значительное распространение получили цифровые технологии управления парковкой. К ним относятся датчики занятости парковочных мест, мобильные приложения, автоматизированные системы оплаты, информационные табло и аналитические платформы мониторинга загрузки парковок. Их применение повышает управляемость парковочного фонда и сокращает время поиска свободного места, что особенно важно для центральных районов городов. Согласно исследованиям, поиск парковки сопровождается повышенной зрительной и когнитивной нагрузкой на водителя, что может ухудшать контроль транспортного средства и повышать вероятность возникновения опасной дорожной ситуации [14].

Другим важным направлением является развитие перехватывающих парковок и многоуровневых внеуличных паркингов. Перехватывающие парковки располагаются, как правило, вблизи транспортно-пересадочных узлов и позволяют сократить количество поездок на личном автомобиле в центральную часть города. Многоуровневые паркинги, в свою очередь, повышают емкость парковочного пространства без чрезмерного расширения занятой территории. При этом эффективность таких решений зависит от их транспортной доступности, удобства связи с общественным транспортом и качества организации въездов и выездов.

Существенное значение имеет и проектный подход, основанный на принципах безопасного проектирования. Он включает организацию одностороннего движения внутри парковочных зон, четкое зонирование мест стоянки и пешеходных маршрутов, снижение скоростного режима, улучшение освещенности, нанесение понятной разметки

и обеспечение нормативной обзорности. Исследования, посвященные парковочным маневрам, подтверждают, что геометрия парковочных мест и способ въезда-выезда непосредственно влияют на безопасность движения [11].

Современная практика показывает, что снижение аварийности в зонах парковки требует комплексного подхода, сочетающего инженерные, организационные и информационные меры. Прежде всего, необходимо ограничивать размещение парковочных мест в зонах повышенного конфликта: на подходах к перекресткам, рядом с пешеходными переходами, в местах с недостаточной шириной проезжей части и неудовлетворительной обзорностью. Такое решение позволяет сократить число потенциально опасных точек взаимодействия между участниками дорожного движения. [9], [10], [12].

Второй важной мерой выступает приоритетное развитие внеуличных парковок. Перенос стоянки с проезжей части на специально организованные территории позволяет уменьшить количество маневров в транспортном потоке и освободить уличное пространство для более безопасного движения. Однако сами внеуличные парковки также должны проектироваться с учетом требований безопасности: необходимо разделять пешеходные и транспортные потоки, устраивать направляющие элементы, обеспечивать качественное освещение и визуальную навигацию [7].

Третье направление связано с внедрением интеллектуальных транспортных систем. Оперативное информирование водителей о наличии свободных мест, автоматизированный контроль времени стоянки и гибкое тарифное регулирование позволяют уменьшить продолжительность поиска парковки и тем самым снизить вероятность конфликтных ситуаций. Дополнительно положительный эффект может быть достигнут за счет дифференцированной парковочной политики, при которой в разных функциональных зонах города применяются различные режимы длительности и стоимости стоянки [8].

Наконец, существенное значение имеет формирование культуры безопасного поведения в парковочных зонах. Информационные кампании, обучение водителей безопасным маневрам, использование технических средств помощи при парковке и контроль скоростного режима способны уменьшить число происшествий, происходящих при движении задним ходом и в условиях ограниченной видимости [15], [17].

Таким образом, современные подходы к организации и обеспечению парковочных мест базируются на комплексном сочетании транспортного планирования, цифрового управления, инженерного проектирования и нормативного регулирования. Парковочное пространство в современных городах должно рассматриваться не как второстепенный элемент благоустройства, а как значимый компонент системы обеспечения безопасности дорожного движения [8].

Проведенный анализ показывает, что влияние парковочных мест на дорожно-транспортные происшествия проявляется через ухудшение условий видимости, сужение проезжей части, рост числа маневров, увеличение когнитивной нагрузки на водителей и повышение риска наездов на пешеходов. В связи с этим наиболее эффективными следует признать решения, основанные на развитии внеуличной парковки, ограничении опасной уличной стоянки, внедрении интеллектуальных систем управления и соблюдении принципов безопасного проектирования парковочных зон [11], [14].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Alkhatni, F., Ishak, S. Z., Hashim, W. B., Borhan, M. N., & Zahran, E. M. M. (2023). Spatial Analysis of the Contribution of Parking Service Facilities to Traffic Crashes along Limited-access Roadways. *The Open Transportation Journal*, *17*. DOI: 10.2174/18744478-v17-e230109-2022-35.

2. Findley, D. J., Nye, T. S., Lattimore, E., Swain, G., Bhat, S. K. P., & Foley, B. (2020). Safety effects of parking maneuvers. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, *69*, 301–310. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2020.02.002>.
3. Ponnambalam CT and Donmez B (2020) Searching for Street Parking: Effects on Driver Vehicle Control, Workload, Physiology, and Glances. *Front. Psychol.* 11:574262. doi: 10.3389/fpsyg.2020.574262.
4. Cao, Y., Yang, Z.Z. & Zuo, Z.Y. The effect of curb parking on road capacity and traffic safety. *Eur. Transp. Res. Rev.* 9, 4 (2017). <https://doi.org/10.1007/s12544-016-0219-3>.
5. Humphreys, J. B., Wheeler, D. J., Box, P. C., & Sullivan, T. D. (1979). Safety considerations in the use of on-street parking. *Transportation Research Record*, *722*, 26–35.
6. Amos L. et al. Road Safety Since 2010 //PACTS & RAC Foundation, London. – 2015.
7. Rohan, A. (2019, August 2). Study: Parking lots present high risk of injury, death in children due to lack of attention. UAB News. <https://www.uab.edu/news/research-innovation/study-parking-lots-present-high-risk-of-injury-death-in-children-due-to-lack-of-attention>.
8. Charness, N., Boot, W., Mitchum, A., Stothart, C., & Lupton, H. (2012). Aging driver and pedestrian safety: Parking lot hazards study (Final Report). Florida Department of Transportation. <https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/24652>The Future of Parking: Safety Benefits and Challenges // U.S. Department of Transportation. 2022.
9. Trollinger B. Parking Lot Cities: Examining the Impacts of Parking Policy Reform on Autocentric Development Patterns in Buffalo, New York, and Hartford, Connecticut : дис. – Tufts University, 2023.
10. Litman T. et al. Parking management: strategies, evaluation and planning. – Victoria, BC, Canada : Victoria Transport Policy Institute, 2016. – С. 2.
11. Parsons L. C. Promoting driver safety by avoiding distracted driving behaviors // *Orthopaedic nursing*. – 2017. – Т. 36. – №. 3. – С. 182-185.
12. Смышляева, А. А. Проблема парковок: зарубежный опыт и состояние в России / А. А. Смышляева, К. М. Резникова, Д. В. Савченко // *Отходы и ресурсы*. — 2021. — Т 8. — №1. — URL: <https://resources.today/PDF/05INOR121.pdf>. — DOI: 10.15862/05INOR121.
13. Дуванова, И. А. Автомобильные стоянки и парковки в мегаполисах / И. А. Дуванова // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. – 2015. – № 12 (39). – С. 43-46. – URL: <https://sciup.org/14322200>.
14. Мамаев, Г. И. Проблемы уличных парковок и зарубежный опыт организации парковок / Г. И. Мамаев, Л. Ю. Бакиров // *Universum: технические науки : электрон. научн. журн.* – 2022. – № 5(98). – URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/13796>.
15. Якимов, М. Р. Транспортное планирование. Концепция парковочной политики в городах / М. Р. Якимов. – Москва : Университетская книга, 2019. – 95 с. – ISBN 978-5-98699-309-6.
16. Методические рекомендации по разработке и реализации мероприятий по организации дорожного движения. Формирование единого парковочного пространства в городах Российской Федерации (согласовано Минтрансом РФ 1 августа 2018 г.) / Министерство транспорта Российской Федерации // ГАРАНТ. – URL: <https://base.garant.ru/72010002/>.

REFERENCES

1. Alkhatni, F., Ishak, S. Z., Hashim, W. B., Borhan, M. N., & Zahran, E. M. M. (2023). SpatiaAnalysis of the Contribution of Parking Service Facilities to Traffic Crashes along Limited-access Roadways. *The Open Transportation Journal*, *17*. DOI: 10.2174/18744478-v17-e230109-2022-35
2. Findley, D. J., Nye, T. S., Lattimore, E., Swain, G., Bhat, S. K. P., & Foley, B. (2020). Safety effects of parking maneuvers. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, *69*, 301–310. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2020.02.002>
3. Ponnambalam CT and Donmez B (2020) Searching for Street Parking: Effects on Driver Vehicle Control, Workload, Physiology, and Glances. *Front. Psychol.* 11:574262. doi: 10.3389/fpsyg.2020.574262.
4. Cao, Y., Yang, Z.Z. & Zuo, Z.Y. The effect of curb parking on road capacity and traffic safety. *Eur. Transp. Res. Rev.* 9, 4 (2017). <https://doi.org/10.1007/s12544-016-0219-3>.

5. Humphreys, J. B., Wheeler, D. J., Box, P. C., & Sullivan, T. D. (1979). Safety considerations in the use of on-street parking. *Transportation Research Record*, *722*, 26–35.
6. Amos L. et al. *Road Safety Since 2010* // PACTS & RAC Foundation, London. – 2015.
7. Rohan, A. (2019, August 2). Study: Parking lots present high risk of injury, death in children due to lack of attention. UAB News. <https://www.uab.edu/news/research-innovation/study-parking-lots-present-high-risk-of-injury-death-in-children-due-to-lack-of-attention>.
8. Charness, N., Boot, W., Mitchum, A., Stothart, C., & Lupton, H. (2012). Aging driver and pedestrian safety: Parking lot hazards study (Final Report). Florida Department of Transportation. <https://rosap.nhtl.bts.gov/view/dot/24652>The Future of Parking: Safety Benefits and Challenges // U.S. Department of Transportation. 2022.
9. Trollinger B. *Parking Lot Cities: Examining the Impacts of Parking Policy Reform on Autocentric Development Patterns in Buffalo, New York, and Hartford, Connecticut* : дис. – Tufts University, 2023.
10. Litman T. et al. *Parking management: strategies, evaluation and planning*. – Victoria, BC, Canada : Victoria Transport Policy Institute, 2016. – С. 2.
11. Parsons L. C. Promoting driver safety by avoiding distracted driving behaviors // *Orthopaedic nursing*. – 2017. – Т. 36. – №. 3. – С. 182-185.
12. Smyshlyaeva, A. A. The Parking Problem: Foreign Experience and the State of Things in Russia / A. A. Smyshlyaeva, K. M. Reznikova, D. V. Savchenko // *Waste and Resources*. - 2021. - Vol. 8. - No. 1. - URL: <https://resources.today/PDF/05INOR121.pdf>. - DOI: 10.15862/05INOR121.
13. Duvanova, I. A. Car Parks and Parking Lots in Megacities / I. A. Duvanova // *Construction of Unique Buildings and Structures*. - 2015. - No. 12 (39). - P. 43-46. - URL: <https://sciup.org/14322200>.
14. Mamaev, G. I. PROBLEMS OF STREET PARKING AND FOREIGN EXPERIENCE IN ORGANIZING PARKING / G. I. Mamaev, L. Yu. Bakirov // *Universum: technical sciences: electronic scientific journal*. 2022. No. 5(98). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/13796>.
15. Yakimov, M. R. *Transport planning. The concept of parking policy in cities* / M. R. Yakimov. - Moscow: University book, 2019. - 95 p. - ISBN 978-5-98699-309-6.
16. *Methodological recommendations for the development and implementation of measures to organize traffic. Formation of a single parking space in the cities of the Russian Federation (approved by the Ministry of Transport of the Russian Federation on August 1, 2018)* / Ministry of Transport of the Russian Federation // GARANTEE. – URL: <https://base.garant.ru/72010002/>.

НАПРАВЛЕНИЯ И МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГОРОДСКОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА

Р.А. Котов¹, С.В. Дорохин¹, Е.В. Чирков¹, М.А. Синицын¹

¹ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия,
romankotov-5@yandex.ru

Аннотация. В статье систематизированы современные подходы к повышению эффективности городского общественного транспорта в условиях роста автомобилизации и загруженности улично-дорожной сети. Выявлены ограничения работы общественного транспорта и предложены комплексные мероприятия, позволяющие обеспечить эффективное управление, повышая конкурентоспособность и доступность ОТ.

Ключевые слова: городской общественный транспорт, эффективность функционирования, интеллектуальные транспортные системы, транспортная доступность.

DIRECTIONS AND ACTIVITIES TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF URBAN PUBLIC TRANSPORT

R.A. Kotov¹, S.V. Dorokhin¹, E.V. Chirkov¹, M.A. Sinitsyn¹

¹ Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia
romankotov-5@yandex.ru

Abstract. The article systematizes modern approaches to improving the efficiency of urban public transport in conditions of increasing motorization and street-road network congestion. The limitations of public transport operation are identified, and comprehensive measures are proposed to ensure effective management, enhancing the competitiveness and accessibility of public transport.

Keywords: urban public transport, operational efficiency, intelligent transport systems, transport accessibility.

В условиях устойчивого роста автомобилизации (в крупнейших городах Центральной России показатель уже превышает 400–420 легковых автомобилей на 1000 жителей) и загрузки улично-дорожной сети (УДС) городской общественный транспорт (ГОТ) сталкивается с системным снижением конкурентоспособности. Пассажирский выбор всё чаще смещается в сторону личного автотранспорта, что провоцирует каскадный рост транспортных задержек, ухудшение экологической обстановки и снижение доступности городской инфраструктуры для социально уязвимых групп населения. При этом традиционные подходы к оценке и управлению ГОТ, ориентированные преимущественно на объёмы перевозок, себестоимость пассажиро-километра и формальное выполнение муниципальных заданий, не отражают реального качества сервиса, пространственной справедливости маршрутной сети и условий конкуренции с индивидуальным транспортом. Как показывает отечественная и зарубежная практика, эффективность транспортной системы определяется не внутренними метриками перевозчика, а пользовательским опытом, формируемым на уровне отдельного маршрута.

Анализ отечественной практики [1-4], позволяют выделить комплекс

взаимосвязанных проблем, системно ограничивающих эффективность функционирования городского общественного транспорта (ГОТ). В отличие от узкотехнических неисправностей, данные вызовы носят структурный характер и формируют среду, в которой ОТ постепенно утрачивает конкурентоспособность, несмотря на значительные бюджетные вливания в обновление подвижного состава (рис. 1).



Рисунок 1 – Основные ограничения для развития ГОТ
Figure 1 – Main limitations for the development of the GOT

1. Конкурентоспособность. Устойчивый рост автомобилизации (в крупных городах ЦФО показатель превышает 400–420 единиц на 1000 жителей) фундаментально изменил структуру пассажирского спроса. Современный пользователь транспортного сервиса принимает решение не на основе минимального тарифа, а исходя из соотношения времени, предсказуемости и комфорта поездки «от двери до двери». Как подтверждают международные исследования и отечественные работы в области организации перевозок, если время поездки на ОТ превышает аналогичный показатель на личном автомобиле на 20–30%, происходит стабильный отток платежеспособных категорий населения (молодёжь, средний класс), формирующих устойчивый спрос. При этом ОТ вынужден конкурировать в неравных условиях: в большинстве российских городов отсутствуют инструменты ограничения использования личного транспорта (платные парковки, зоны низких выбросов, экологические сборы), которые в европейской практике искусственно повышают привлекательность ОТ. В результате общественный транспорт оказывается в ситуации «ценового», но не «временного» преимущества, что в долгосрочной перспективе снижает его социально-экономическую устойчивость.

2. Загруженность. Радиально-кольцевая планировочная структура большинства исторических городов России приводит к концентрации транспортных потоков на ограниченной сети магистралей, связывающих периферийные жилые массивы с центральными деловыми и административными кластерами. В утренние и вечерние часы пик пропускная способность УДС снижается до критических значений, что провоцирует каскадные задержки. По оценкам транспортных департаментов региональных центров, до 30–50% общего времени задержки маршрутного транспорта приходится на регулируемые перекрёстки, где смешанный поток и приоритет светофорных фаз для общего движения ставят ОТ в зависимое положение. Потеря предсказуемости времени в пути оказывается более критичным фактором, чем абсолютная задержка: пассажир, не уверенный в соблюдении расписания, вынужден закладывать временной резерв, что субъективно удваивает издержки поездки. Формируется «порочный круг»: заторы снижают привлекательность ОТ → пассажиры переходят на личные автомобили → загруженность УДС растёт → условия для ОТ ухудшаются ещё сильнее.

3. Ограничения. Несмотря на декларируемые в муниципальных программах задачи по обеспечению приоритетного движения, на практике инфраструктурное выделение ОТ остаётся фрагментарным. Отсутствие сплошных выделенных полос, изолированных участков и адаптивных систем приоритета на перекрёстках («шлюзов») оставляет маршрутный транспорт в условиях смешанного потока. Зарубежный опыт (Лондон, Нью-Йорк, Ванкувер, Москва) однозначно демонстрирует, что физическое или операционное обособление ОТ способно повысить среднюю эксплуатационную скорость на 15–30% и увеличить пассажиропоток на 20–50% без расширения дорожной сети. В российских регионах внедрение таких мер часто сталкивается с сопротивлением со стороны автомобилистов, ведомственной разобщённостью (транспортные департаменты и органы управления дорожным хозяйством) и отсутствием единых стандартов проектирования приоритетной инфраструктуры. В результате ОТ не получает операционного преимущества, необходимое для выполнения функции массового и быстрого перевозчика.

Совокупность описанных вызовов формирует новую парадигму оценки городского транспорта: эффективность ГОТ определяется не внутренними метриками перевозчика, а его способностью обеспечивать конкурентоспособный, предсказуемый и инклюзивный сервис в условиях жёсткой конкуренции с индивидуальным транспортом. Преодоление указанных системных барьеров требует перехода от изолированных технических мер к комплексной маршрутно-ориентированной политике, интегрирующей инфраструктурную приоритезацию, цифровизацию управления, адаптацию подвижного состава и трансформацию контрактных механизмов. Конкретные направления и мероприятия, позволяющие решить эти задачи, рассмотрены в следующем разделе.

Анализ системных вызовов, ограничивающих функционирование городского общественного транспорта (ГОТ), позволяет перейти к формулированию комплексных направлений и конкретных мероприятий, направленных на повышение его эффективности.

Проведённый обзор современных подходов к повышению эффективности функционирования городского общественного транспорта позволяет сделать ряд системных выводов. Выявленные в ходе анализа вызовы – устойчивый рост автомобилизации, хроническая загруженность улично-дорожной сети в часы пик, фрагментарная приоритезация маршрутного движения, дефицит универсальной доступности и кризис объёмно-ориентированных моделей управления – демонстрируют ограниченность традиционных метрик, ориентированных преимущественно на финансовые показатели и формальное выполнение муниципальных заданий. В современных условиях эффективность городского общественного транспорта перестала быть внутренней характеристикой перевозчика; она определяется способностью системы обеспечивать конкурентоспособный, предсказуемый и инклюзивный сервис в условиях жёсткой конкуренции с личным автотранспортом.

Синтез международных стандартов и отечественных программ развития подтверждает, что повышение эффективности ГОТ требует комплексного перехода к маршрутно-ориентированной политике. Ключевые направления, рассмотренные в статье – инфраструктурная приоритезация движения, оптимизация маршрутной сети и расписаний, обновление подвижного состава с обеспечением инклюзивности, цифровая трансформация на базе ИТС [6, 7] и реформирование контрактно-тарифных механизмов – образуют единый управленческий контур. Их системное взаимодействие позволяет не просто модернизировать отдельные элементы транспортной инфраструктуры, а формировать устойчивый спрос на общественный транспорт за счёт сокращения времени поездки «от двери до двери», повышения регулярности движения и обеспечения

равного доступа для всех категорий населения.

Практическая значимость предложенных мероприятий заключается в создании методической основы для проактивного муниципального управления. Отказ от усреднённых показателей в пользу качественных критериев (скорость, территориальная доступность, конкурентоспособность по времени, инклюзивность) позволяет обоснованно распределять ограниченные бюджетные ресурсы, избегать дублирования маршрутов и внедрять адресные меры на наиболее проблемных транспортных коридорах. Трансформация муниципальных контрактов, привязка оплаты к показателям качества сервиса и развитие интеллектуальных систем мониторинга создают экономические стимулы для перевозчиков, ориентированные на результат, а не на объём выполненных рейсов.

Перспективы дальнейших исследований связаны с адаптацией маршрутно-ориентированных подходов к условиям городов различной численности, развитием нормативной базы для перевозок по запросу, интеграцией данных общественного транспорта с платформами «умного города» и кросс-региональным сравнением эффективности инфраструктурных мер. В контексте перехода к устойчивой городской мобильности общественный транспорт должен рассматриваться не как затратная статья муниципального бюджета, а как стратегический каркас городского развития, обеспечивающий социальную справедливость, экологическую устойчивость и долгосрочную экономическую динамику урбанизированных территорий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Котов, Р. А. Основные направления оценки эффективности городского общественного транспорта / Р. А. Котов, С. В. Дорохин // Актуальные вопросы административно-правовой деятельности органов внутренних дел : Сборник научных статей научно-практических конференций, Орёл, 21 мая – 27 2025 года. – Орел: Орловский юридический институт МВД РФ им. В.В. Лукьянова, 2025. – С. 46-51.
2. Котов, Р. А. Разработка двухфакторной математической модели оценки количества дорожно-транспортных происшествий с участием пассажирского транспорта / Р. А. Котов, С. В. Дорохин // Воронежский научно-технический Вестник. – 2024. – Т. 3, № 3(49). – С. 126-132. – DOI 10.34220/2311-8873-2024-126-132.
3. Дорохин, С. В. Прогнозирование пассажиропотока автобусного транспорта общего пользования в Воронежской области / С. В. Дорохин, Р. А. Котов // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2025. – Т. 22, № 6(106). – С. 976-985. – DOI 10.26518/2071-7296-2025-22-6-976-985.
4. Новиков, А. Н. Пути повышения безопасности функционирования общественного транспорта в условиях перспективного развития города / А. Н. Новиков, С. В. Еремин, А. Г. Шевцова. – Белгород-Орел : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2023. – 239 с. – ISBN 978-5-361-01180-3.
5. Еремин, С. В. От технических решений к экономической оценке: интеграция безопасного управления транспортными потоками в региональную транспортную политику / С. В. Еремин, А. Н. Новиков, А. Г. Шевцова // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. – 2026. – № 1(122). – С. 11-12.
6. Жанказиев, С. В. Интеллектуальные транспортные системы : Учебное пособие / С. В. Жанказиев. – Москва : Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), 2016. – 120 с.
7. Жанказиев, С. В. Разработка проектов интеллектуальных транспортных систем : учебное пособие / С. В. Жанказиев ; Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет. – Москва : Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), 2016. – 104 с.

REFERENCES

1. Kotov, R. A. Main directions of assessing the effectiveness of urban public transport / R. A. Kotov, S. V. Dorokhin // Current issues of administrative and legal activities of internal affairs bodies: Collection of scientific articles from scientific and practical conferences, Orel, May 21 - 27, 2025. - Orel: Oryol Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation named after V.V. Lukyanov, 2025. - Pp. 46-51.
2. Kotov, R. A. Development of a two-factor mathematical model for assessing the number of road accidents involving passenger transport / R. A. Kotov, S. V. Dorokhin // Voronezh Scientific and Technical Bulletin. - 2024. - Vol. 3, No. 3 (49). - Pp. – DOI 10.34220/2311-8873-2024-126-132.
3. Dorokhin, S. V. Forecasting the passenger flow of public bus transport in the Voronezh region / S. V. Dorokhin, R. A. Kotov // Bulletin of the Siberian State Automobile and Highway University. – 2025. – Vol. 22, No. 6(106). – Pp. 976-985. – DOI 10.26518/2071-7296-2025-22-6-976-985.
4. Novikov, A. N. Ways to improve the safety of public transport in the context of long-term city development / A. N. Novikov, S. V. Eremin, A. G. Shevtsova. – Belgorod-Orel: Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, 2023. – 239 p. – ISBN 978-5-361-01180-3.
5. Eremin, S. V. From Technical Solutions to Economic Assessment: Integrating Safe Traffic Management into Regional Transport Policy / S. V. Eremin, A. N. Novikov, A. G. Shevtsova // Transport of the Russian Federation. Journal of Science, Practice, and Economics. – 2026. – No. 1 (122). – P. 11-12.
6. Zhankaziev, S. V. Intelligent Transport Systems: A Textbook / S. V. Zhankaziev. – Moscow: Moscow Automobile and Road State Technical University (MADI), 2016. – 120 p.
7. Zhankaziev, S. V. Development of projects of intelligent transport systems: a tutorial / S. V. Zhankaziev; Moscow Automobile and Road State Technical University. – Moscow: Moscow Automobile and Road State Technical University (MADI), 2016. – 104 p.

СНИЖЕНИЕ ТРАНЗИТА ГРУЗОВОГО ТРАНСПОРТА ЧЕРЕЗ Г. ВОРОНЕЖ В СВЯЗИ С ОТКРЫТИЕМ НОВЫХ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЦЕНТРОВ

Н.И. Злобина¹, В.А. Зеликов¹, Г.А. Денисов¹, А.С. Кривцов¹, А.О. Курганский¹

¹ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия

Автор, ответственный за переписку Наталья Ивановна Злобина, natasha_boichka@mail.ru

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию вопроса сокращения интенсивности транзитного движения грузового транспорта через территорию Воронежской городской агломерации. На примере функционирования возводимых распределительных комплексов в селе Александровка (Новоусманский район) рассматриваются предпосылки для изменения логистических маршрутов и оценивается возможный эффект от уменьшения загруженности дорожной инфраструктуры областного центра.

Ключевые слова: грузовой транзит, распределительный центр, логистика, оптимизация грузопотоков, транспортная загруженность, пригородная зона.

REDUCTION OF CIVILIAN TRANSPORT TRANSIT THROUGH G. VORONEZH IN CONNECTION WITH THE OPENING OF NEW LOGISTICAL CENTERS

N.I. Zlobina¹, V.A. Zelikov¹, G.A. Denisov¹, A.S. Krivtsov¹, A.O. Kurgansky¹

¹ Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, natasha_boichka@mail.ru

Abstract. This work is devoted to the study of the issue of reducing the intensity of transit traffic of freight transport through the territory of the Voronezh urban agglomeration. On the example of the functioning of the constructed distribution complexes in the village of Aleksandrovka (Novousmansk district), the prerequisites for changing logistics routes are considered and the possible effect of reducing the load on the road infrastructure of the regional center is estimated.

Keywords: freight transit, distribution center, logistics, optimization of cargo flows, transport congestion, suburban area.

Проблематика пропуска транзитных грузовых потоков через территории мегаполисов становится всё более острой на фоне непрерывного роста автопарка и повышения объемов грузоперевозок. Воронеж, выступая ключевым логистическим хабом Черноземья, находится в зоне пересечения стратегических транспортных артерий федерального значения, в первую очередь - автомагистрали М-4 «Дон». На некоторых отрезках данной трассы суточный трафик достигает 35 тысяч единиц техники. По территории области перемещаются значительные объемы грузов, что неизбежно ведет к высокой степени загруженности дорожной сети города, так как транзитному транспорту приходится преодолевать его в процессе движения [1].

Населенный пункт Александровка, находящийся в Новоусманском районе и граничащий с Воронежем, отличается исключительно удачным местоположением для размещения объектов складской и распределительной инфраструктуры. По территории

района пролегают как магистраль М-4 «Дон», так и сеть дорог регионального значения, соединяющих областной центр с другими муниципальными образованиями.

Близость села к федеральной трассе (удаленность от въезда в Воронеж составляет порядка 5 километров) превращает данную локацию в приоритетную для строительства логистических мощностей.

Ввод в эксплуатацию новых распределительных центров в Александровке создает условия для осуществления грузопереработки, складирования товаров и их последующей доставки конечным потребителям по объездным путям, не задействуя уличную сеть города (рис.1).



Рисунок 1 – Объекты логистической инфраструктуры в с. Александровка
Figure 1 - Logistic infrastructure facilities in Aleksandrovka village

Оценку влияния данных центров на сокращение транзитной нагрузки можно произвести, смоделировав стандартную ситуацию. При классическом сценарии грузопоток из столичного региона в южном направлении неизбежно проходит через Воронеж по трассе М-4, которая в пределах города меняет свой статус на городскую магистраль со светофорами, пониженным скоростным режимом и плотным трафиком. Итогом становятся не только пробки, но и ухудшение экологической обстановки, рост числа ДТП и снижение качества жизни в районах, прилегающих к трассе [2,3].

Современным трендом в данной сфере выступает создание индустриально-логистических парков. Подобные проекты совмещают классические складские операции с производственными функциями (расфасовка, маркировка), сервисным обслуживанием транспорта и водителей, а также финансовыми и брокерскими услугами. Наличие таких многофункциональных комплексов позволяет максимально полно обслуживать грузопотоки и сводит к минимуму необходимость заезда большегрузов в пределы города, а также значительно снизить количество дорожно-транспортных происшествий, которые с каждым годом имеют значительный рост, что наглядно показано на рисунке 2.

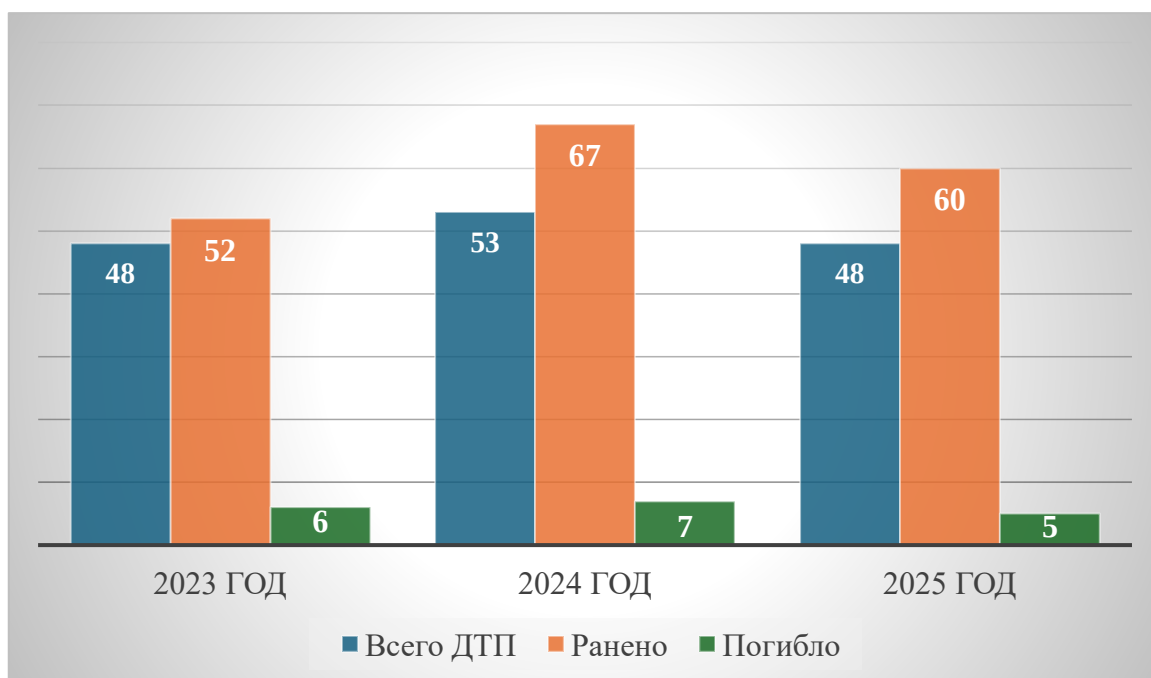


Рисунок 2 – Статистика дорожно-транспортных происшествий за 2023-2025 год с участием грузового транспорта по вине водителей.
Figure 2 – Statistics of traffic accidents involving cargo vehicles caused by drivers in 2023-2025.

Так проведя анализ происшествий с участием грузового транспорта, виновниками которых являются непосредственно водители этих транспортных средств, можно сделать вывод, что данные показатели не имеют четкого понимания и видимой динамики снижения или увеличения их количества [6].

Социальный и экономический эффект от перераспределения таких логистических центров складывается из ряда нескольких показателей [4,5]:

- Показатель безопасности дорожного движения. Значительное снижение движения грузового транспорта по улицам города позволит сократить количество дорожно-транспортных происшествий с участием данного вида транспорта, легкового транспорта и пешеходов, а также снизить загруженность улиц;
- Экологический фактор, позволяющий сократить количество вредных выбросов в атмосферу и существенно уменьшить уровень шума, который для легковых транспортных средств составляет 66-86 ДБ, а для грузовых 83-93дБ.
- Экономический фактор. Позволит минимизировать издержки, которые несет перевозчик при длительном нахождении грузового транспортного средства с грузом при простоях в заторовых ситуациях по узким улицам городского округа.
- Социальный фактор. Строительство новых логистических центров в пригородных территориях позволит увеличить количество рабочих мест для населения, что положительно будет влиять на развитие этих территорий.

Однако для полноценной и оптимизированной работы таких пригородных логистических центров необходимо рассмотреть комплекс мер, таких как:

- проектирование и создание надёжных подъездных путей, которые свяжут федеральные дороги и логистические центры, расположенные в пригородных территориях;
- проектирование инженерных систем, отдельно от спальных районов населенного пункта;

- формирование системы экономической заинтересованности транспортных компаний перевозчиков в использовании маршрутов в обход городского округа.

По результатам исследования можно сделать вывод, что оптимизация логистических сетей в пригородных населенных пунктах, таких как село Александровка Новоусманского района Воронежской области, представляет собой эффективный метод значительного сокращения нагрузки транзитного грузового транспорта на городской округ Воронеж. Перенос складских мощностей и распределительных центров за пределы городского округа позволят оптимизировать маршруты движения грузового транспорта, сократить плотность движения по городским улицам, существенно снизить количество дорожно-транспортных происшествий, а также улучшить экологическую обстановку для жителей города Воронежа. Поэтому развитие данного направления должно в дальнейшем стать главным вектором при планировании развития движения грузового транспорта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Применение бережливого управления при организации дорожного движения в городах / В. А. Зеликов [и др.] ; В. А. Зеликов, Г. А. Денисов, Ю. В. Струков, Е. В. Шаталов, Н. И. Злобина, А. А. Феофилова // Инновации и передовые технологии в развитии транспортных систем : материалы Всероссийской научно-практической конференции, 15 января 2025 г. / отв. ред. В.А. Зеликов ; ВГЛУ. - Воронеж, 2025. - С. 15-19.
2. Анализ условий повышения производительности труда водителей грузового автомобильного транспорта / Г. Н. Климова [и др.] ; Г. Н. Климова, Н. В. Зеликова, Н. И. Злобина, М. Н. Казачек, А. А. Яровенко, И. Ю. Струкова // Перспективные направления развития автотранспортного комплекса : сборник статей XVII Международной научно-практической конференции, 8-9 ноября 2023 г. / Пензенский гос. ун-т. - Пенза, 2023. - С. 109-112.
3. Зеликов, В. А. Экспертиза ДТП – важный этап в обеспечении безопасности дорожного движения / В. А. Зеликов, Н. И. Злобина, Г. А. Денисов ; 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 г. / отв. ред. Д. А. Жайворонок ; ВГЛУ. - Воронеж, 2024. - С. 77-80.
4. Тенденции развития современной логистики / И. А. Ермаков, Б. А. Аникин, О. Б. Аникин, С. Кузьминых // Логистика. - 2019. - № 12. - С. 34-39.
5. Пустохин Д. Перспективы применения новых технологий в транспортно-логистических системах / Д. Пустохин, О. Быкова, Е. Некрасова // Логистика. - 2020. - № 1. - С. 22-25.
6. Госавтоинспекция. – URL: <http://stat.gibdd.ru/>.

REFERENCES

1. Application of lean management in the organization of traffic in cities / V. A. Zelikov [et al.] ; V. A. Zelikov, G. A. Denisov, Yu. V. Strukov, E. V. Shatalov, N. I. Zlobina, A. A. Feofilova // Innovations and advanced technologies in the development of transport systems : materials of the All-Russian scientific and practical conference, January 15, 2025 / ed. by V. A. Zelikov ; VGLTU. - Voronezh, 2025. - Pp. 15-19.
2. Analysis of the conditions for increasing the labor productivity of truck drivers / G. N. Klimova [et al.] ; G. N. Klimova, N. V. Zelikova, N. I. Zlobina, M. N. Kazachek, A. A. Yarovenko, I. Yu. Strukova // Prospective Directions of Development of the Automotive Transport Complex : Collection of Articles of the XVII International Scientific and Practical Conference, November 8-9, 2023 / Penza State University. - Penza, 2023. - P. 109-112.
3. Zelikov, V. A. Road Accident Expertise as an Important Stage in Ensuring Road Safety / V. A. Zelikov, N. I. Zlobina, G. A. Denisov ; V. A. Zelikov, N. I. Zlobina, G. A. Denisov // Prospects for Development, Innovations, and Information Technologies in Transport : Proceedings of the International

Youth Scientific and Practical Conference, Voronezh, October 17-18, 2024 / edited by D. A. Zhayvoronok ; VGLTU. - Voronezh, 2024. - Pp. 77-80.

4. Trends in the Development of Modern Logistics / I. A. Ermakov, B. A. Anikin, O. B. Anikin, and S. Kuzminykh // Logistics. - 2019. - No. 12. - Pp. 34-39.

5. Pustokhin D. Prospects for the Application of New Technologies in Transport and Logistics Systems / D. Pustokhin, O. Bykova, E. Nekrasova // Logistics. - 2020. - No. 1. - Pp. 22-25.

6. State Traffic Inspectorate. – URL: <http://stat.gibdd.ru/>.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ НА ВЕРОЯТНОСТЬ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДТП

А.Д. Ефимов¹, А.О. Алибагандов², В.В. Локтионов³

¹Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, Россия, e1984ad@mail.ru

²Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, Россия, Alibagand1999@mail.ru

³Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, Россия, eshtar1980@mail.ru

Аннотация. В работе разработан метод оценки потенциальной опасности участков автомобильной дороги на основе данных OpenStreetMap. Предложенный подход позволяет выделять перекрестки и объекты дорожной инфраструктуры, учитывать их влияние на подсистему «Дорога» и рассчитывать вероятность возникновения ДТП для выявления опасных участков маршрута по автомобильной дороге.

Ключевые слова. Улично-дорожная сеть, дорожно-транспортные происшествия, аварийность, система ВАДС, безопасность движения, линейные объекты, точечные объекты.

ANALYSIS OF THE IMPACT OF ELEMENTS OF THE ROAD NETWORK ON THE PROBABILITY OF TRAFFIC ACCIDENTS

A.D. Efimov¹, A.O. Alibagandov², V.V. Loktionov³

¹South Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platov, Novocherkassk, Russia,
e1984ad@mail.ru

²South Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platov, Novocherkassk, Russia,
Alibagand1999@mail.ru

³South Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platov, Novocherkassk, Russia,
eshtar1980@mail.ru

Abstract. This paper presents a method for assessing the potential hazard of road sections based on OpenStreetMap data. The proposed approach allows for the identification of intersections and road infrastructure objects, takes into account their impact on the «Road» subsystem, and calculates the probability of traffic accidents to identify hazardous sections of a road route.

Keywords. Road network, traffic accidents, accident rates, VADS system, traffic safety, linear features, point features.

Аварийность на автомобильном транспорте в РФ оказывает негативное влияние на реализацию экономического потенциала и развитие, как отдельных регионов, так и всей страны в целом [1]. При этом в официальных документах ГИБДД и других ведомственных организаций в качестве одной из приоритетных причин такого положения дел указываются действия самих участников дорожного движения [2]. Однако каждое происшествие совершается при наступлении определенного качественного состояния в системе ВАДС. Очевидно, что в условиях динамически изменяющихся характеристик транспортных потоков наиболее простым видится

выполнение анализа и реализация организационных мероприятий по снижению негативного влияния отдельных элементов улично-дорожной сети на вероятность возникновения ДТП.

В целом любая улично-дорожная сеть может быть представлена набором двух основных структурных элементов – перекрестков и перегонов [3]. Причем характерной особенностью для движения в городах и других населенных пунктах является концентрация основной доли всех ДТП именно на пересечениях и примыканиях. На загородных дорогах же наоборот – большая часть всех происшествий совершается на перегонах. Эта особенность обусловлена в первую очередь различием в скоростных режимах и качественных характеристиках безопасности движения.

Каждый перекресток представляет собой сложный геометрический узел с определенным набором параметров и характеристик организации движения на нем. Он может быть трех- или четырехсторонним, под прямым углом или под острым, регулируемым или нерегулируемым, с канализованным движением или без, с наличием наземных пешеходных переходов или без них и т.д. Аналогичная ситуация и с перегонами на автомобильных дорогах. Они могут на своем участке содержать различные инженерные сооружения, места тяготения пешеходов, остановки общественного транспорта, кривые в продольном или поперечном профиле и т.д. Все эти элементы и объекты на автомобильной дороге являются факторами, повышающими риск возникновения происшествий [4]. При выполнении статистического и топографического анализа ДТП необходимо потратить достаточно много времени для установления объективного влияния этих факторов на аварийность. Поэтому перспективным направлением является разработка математического и программного аппарата анализа потенциальной опасности участков улично-дорожной сети.

В качестве информационной основы рекомендуется использовать исходные данные OpenStreetMap, представленную в виде набора объектов двух основных типов [5]:

- линейные объекты «дорога» (way);
- точечные объекты «узел» (node).

В данном приложении перечисленные элементы фиксируются с помощью географических координат и набором тегов, характеризующих существующую дорожно-транспортную обстановку. Параметр «перекресток» будет формироваться при условии:

$$n_i \geq 2,$$

где n_i – число дорог, имеющих общий узел i .

Тип перекрестка определяется из соотношения соседних узлов с координатами $O = (x_o, y_o)$ – центральный узел, $Q = (x_q, y_q)$ – соседний узел. В этом случае приращения координат при переходе от одного узла к другому записываются как:

$$\begin{aligned}\Delta x &= x_q - x_o, \\ \Delta y &= y_q - y_o.\end{aligned}$$

Тогда угол пересечения будет описываться следующими выражениями:

$$\alpha = \begin{cases} \arctan\left(\frac{\Delta y}{\Delta x}\right), \Delta x > 0, \\ \arctan\left(\frac{\Delta y}{\Delta x}\right) + \pi, \Delta x < 0, \Delta y \geq 0, \\ \arctan\left(\frac{\Delta y}{\Delta x}\right) - \pi, \Delta x < 0, \Delta y < 0, \\ \frac{\pi}{2}, \Delta x = 0, \Delta y > 0, \\ -\frac{\pi}{2}, \Delta x = 0, \Delta y < 0. \end{cases}$$

А количество осей можно установить из решения следующих уравнений:

$$\beta = \begin{cases} \alpha, \alpha \in [0, \pi), \\ \alpha + \pi, \alpha \in [-\pi, 0) \end{cases}, \\ |\beta_i - \beta_j| \leq \varepsilon.$$

где углы α и $\alpha \pm \pi$ соответствующие противоположным направлениям движения по одной улице, переходят в одно и то же значение β и рассматриваются как одна ось; ε – угловой допуск.

Эти выражения позволяют определить количество осей в узле, если таковых две ($m = 2$) и при этом обе оси представлены двумя противоположными направлениями (т.е. суммарно фиксируется не менее четырех лучей), узел относится к Х-образному перекрестку. Если $m = 2$, но одна из осей представлена лишь одной ветвью, узел относится к Т-образному перекрестку. Пример построения цифровой модели автомобильной дороги представлен на рис. 1.

Кроме узловых элементов улично-дорожной сети, для анализа аварийности, необходимо также учитывать линейно-точечные объекты дорожной инфраструктуры, расположенных вдоль маршрута:

- остановки общественного транспорта;
- автовокзалы;
- автозаправочные станции;
- пешеходные переходы;
- железнодорожные переезды;
- подземные пешеходные переходы;
- школа;
- детский сад и т.д.

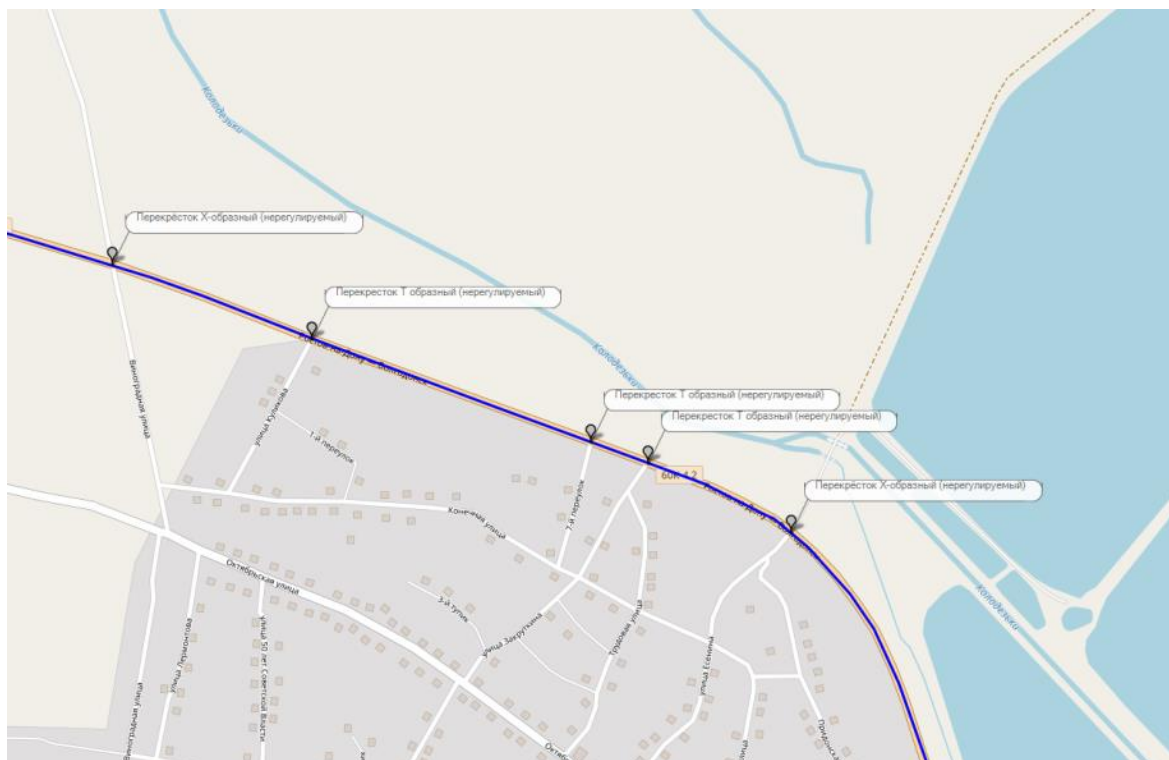


Рисунок 1 – Нахождение «узловых» точек автомобильной дороги
Figure 1 – Finding the «nodal» points of the highway

В качестве источника пространственных данных используется выгрузка OpenStreetMap в формате PBF. Поиск объектов выполняется по точечным сущностям (OSM Node), поскольку большинство рассматриваемых объектов в OSM представлено

узлами либо имеют координатную точку, задающую их положение. Отбор объектов осуществляется по тегу OSM с последующей проверкой попадания в буферную зону заданной ширины вдоль линии маршрута.

Пример выявления мест потенциальной опасности на элементе улично-дорожной сети представлен на рис. 2.

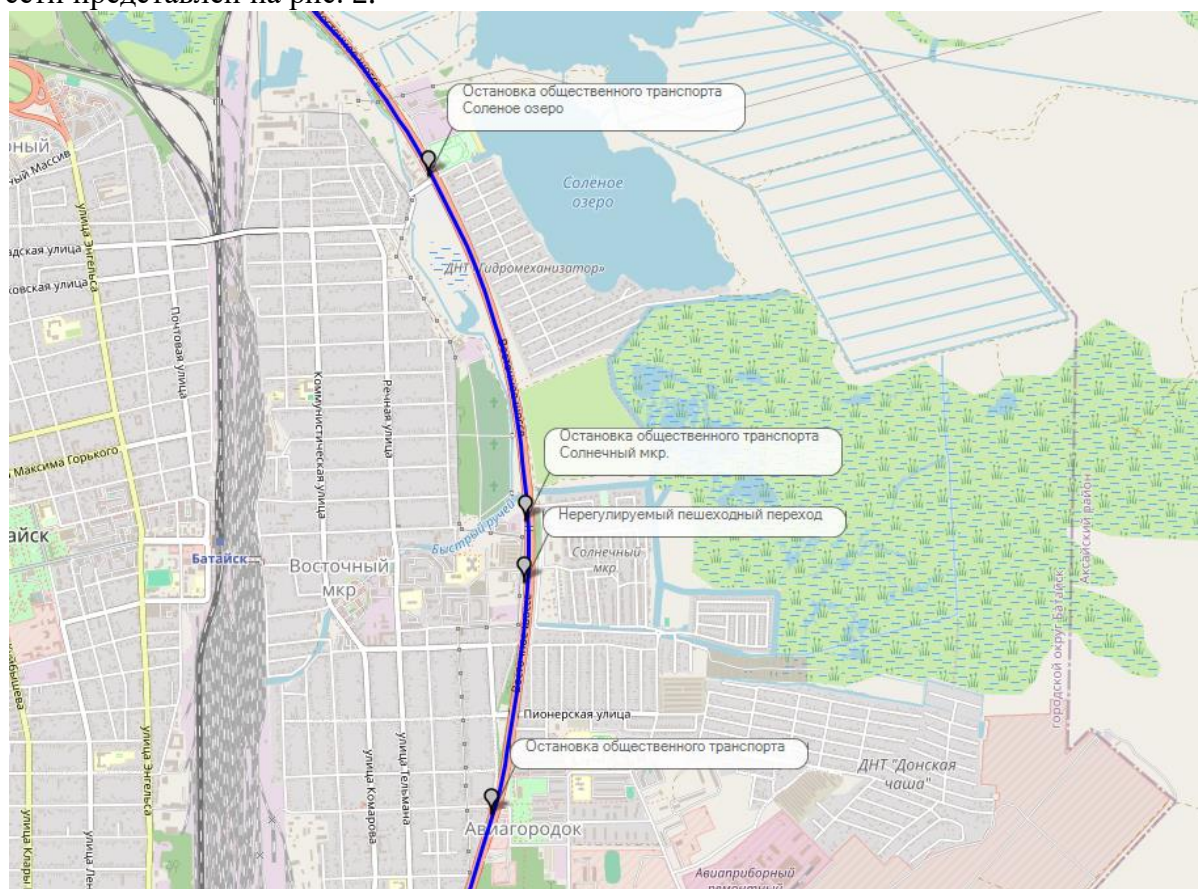


Рисунок 2 – Нахождение объектов дорожной инфраструктуры на маршруте

Figure 2 – Finding the road infrastructure on the route

Вероятность возникновения ДТП на участках улично-дорожной сети необходимо рассчитывать на основе комплексного влияния всех элементов системы ВАДС в взаимозависимой системе на подсистему «ДОРОГА». То есть принципиальное отличие предлагаемого подхода состоит в использовании данных регрессионного анализа происшествий, как исходных данных. Тогда выражение для расчета вероятности возникновения ДТП запишется:

$$P = \prod_{i=1}^n P_i,$$

где P_i – вероятности возникновения ДТП в отдельных структурных элементах подсистемы «ДОРОГА», определяемые на основе регрессионного анализа конкретно для данной автомобильной дороги.

Чтобы установить исчерпывающий перечень составляющих P_i необходимо исключить незначимые факторы для исследуемого участка УДС.

Таким образом, выполненные исследования позволяют сделать вывод о высокой степени точности построения информационной модели автомобильной дороги с инфраструктурными объектами при реализации предложенных положений. Реализация данного подхода дает возможность анализировать потенциально опасные участки пути следования автотранспортного средства, рассчитать вероятность возникновения ДТП с

ним и предложить эффективные мероприятия по повышению безопасности движения по ним.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петров, А. И. Дорожно-транспортная аварийность в России: основные социально-экономические факторы ее формирования и пространственно-временные особенности / А. И. Петров, В. И. Колесов // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2021. – Т. 14, № 1. – С. 199-220. – DOI 10.15838/esc.2021.1.73.14. – EDN TRAWHB.
2. Ляхов, П. В. Безопасность дорожного движения в Российской Федерации в условиях изменения внешней среды в 2023 году / П. В. Ляхов // Безопасность дорожного движения. – 2024. – № 1. – С. 78-80. – EDN EHRLFB.
3. Мухаметханов, Р. И. Анализ структуры улично-дорожной сети города и ее элементов / Р. И. Мухаметханов // Системные технологии. – 2023. – № 2(47). – С. 164-169. – DOI 10.55287/22275398_2023_2_164. – EDN LOMIDZ.
4. OpenStreetmap Wiki. Elements – Режим доступа: <https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Elements>
5. Элементы дорожной инфраструктуры и влияние их на безопасность дорожного движения / Т. В. Коновалова, С. Л. Надирян, А. А. Изюмский, С. В. Котурба // International Journal of Advanced Studies. – 2022. – Т. 12, № 2. – С. 49-68. – DOI 10.12731/2227-930X-2022-12-2-49-68. – EDN OKEKTL.

REFERENCES

1. Petrov, A. I. Road Traffic Accidents in Russia: Key Socioeconomic Factors and Spatio-Temporal Characteristics / A. I. Petrov, V. I. Kolesov // Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecasts. – 2021. – Vol. 14, No. 1. – Pp. 199–220. – DOI 10.15838/esc.2021.1.73.14. – EDN TRAWHB.
2. Lyakhov, P. V. Road Safety in the Russian Federation Amid a Changing External Environment in 2023 / P. V. Lyakhov // Road Safety. – 2024. – No. 1. – pp. 78–80. – EDN EHRLFB.
3. Mukhametkhanov, R. I. Analysis of the Structure of the City's Street and Road Network and Its Elements / R. I. Mukhametkhanov // System Technologies. – 2023. – No. 2(47). – Pp. 164–169. – DOI 10.55287/22275398_2023_2_164. – EDN LOMIDZ.
4. OpenStreetMap Wiki. Elements – Available at: <https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Elements>
5. Elements of Road Infrastructure and Their Impact on Road Safety / T. V. Konovalova, S. L. Nadiryan, A. A. Izyumsky, S. V. Kotsurba // International Journal of Advanced Studies. – 2022. – Vol. 12, No. 2. – Pp. 49–68. – DOI 10.12731/2227-930X-2022-12-2-49-68. – EDN OKEKTL.

ТЕНДЕНЦИИ И НАПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ ВОДИТЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Р.А. Сподарев¹, С.Р. Сподарев¹, Г.В. Середин¹, А.А. Илунина¹, Г.Д. Жайворонок¹

¹ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия

Автор, ответственный за переписку: Сподарев Руслан Александрович, spruslan78@mail.ru

Аннотация. В статье проведен анализ существующей системы подготовки водителей. Проведен анализ аварийности по вине водителей со стажем вождения менее 2-х лет, рассмотрены причины, влияющие на высокую аварийность у водителей с маленьким стажем вождения.

Ключевые слова: подготовка водителей, снижение аварийности, повышение безопасности на дорогах.

TRENDS AND DIRECTIONS OF MODERNIZATION OF THE DRIVER TRAINING SYSTEM

R.A. Spodarev¹, S.R. Spodarev¹, G.V. Seredin¹, A.A. Ilunina¹, G.D. Zhayvoronok¹

¹ Voronezh State Forestry Engineering University named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Abstract. The article analyzes the existing driver training system. It analyzes the accident rate caused by drivers with less than 2 years of driving experience and examines the reasons for the high accident rate among drivers with little driving experience.

Keywords: driver training, reducing accident rates, and improving road safety.

Подготовка водителей транспортных средств является одной из ключевых составляющих обеспечения безопасности дорожного движения. В Российской Федерации ежегодно происходит десятки тысяч дорожно-транспортных происшествий (ДТП), уносящих жизни тысяч людей. По оценкам специалистов, 80–90% ДТП происходят по вине человеческого фактора, то есть из-за ошибок водителей. Около трети погибших в авариях на дорогах – люди наиболее активного трудоспособного возраста, что подчеркивает остроту проблемы. Качественная подготовка будущих водителей призвана снизить аварийность, формируя у них необходимые навыки управления автомобилем и культуру безопасного поведения на дороге.

Современная система обучения водителей в России переживает период реформ и обновления. В последние годы государством предпринимаются шаги по пересмотру программ обучения, техническому переоснащению автошкол и ужесточению контроля за их работой. Тем не менее сохраняются серьезные проблемы – от неоднородности качества учебного процесса до коррупционных рисков при сдаче экзаменов. Возникает необходимость оценки текущего состояния этой системы, выявления ее недостатков и поиска путей развития с опорой на международный опыт и лучшие отечественные практики.

Осознавая вышеописанные проблемы, государственные органы и профессиональное сообщество в последние годы инициировали масштабную модернизацию системы подготовки водителей. Эти преобразования затрагивают как содержание учебного процесса, так и организационные механизмы, и опираются на современные технологии. Рассмотрим основные тенденции модернизации:

Актуализация учебных программ. Министерство просвещения РФ совместно с МВД и Минтрансом разработало новые примерные программы обучения водителей, учитывающие изменения законодательства и дорожной ситуации. Планируется с 1 сентября 2023 года внедрить обновленный учебный план во всех автошколах. Ключевые нововведения: включение в теоретический курс тем про агрессивное (опасное) вождение, про правила пользования современными средствами мобильности (электровелосипеды, гироскутеры и др.), про использование цифровых документов (электронных водительских удостоверений, электронного ПТС и пр.). Также больше внимания уделяется изучению основ законодательства – увеличено число часов на правовые дисциплины. Содержание по медицине и безопасности расширяется с учетом новых правил (например, обязательное ношение световозвращающего жилета при аварийной остановке вне населенных пунктов – теперь это тоже разбирают с учениками). Таким образом, программа становится более практико-ориентированной и современной. Одна из целей – донести до будущих водителей принципы безопасного поведения (не только знание знаков, но и понимание риска агрессивной езды, важности дисциплины).

Увеличение доли практического обучения. Реформаторы делают акцент на том, что молодым водителям не хватает практики. Поэтому в новых стандартах предусмотрено некоторое увеличение минимального количества часов вождения. Например, для категории В часы практики на механике увеличены с 56 до 58 часов, на автомобиле с АКПП – с 54 до 56 часов. Хотя прибавка кажется небольшой, сам посыл – курс должен быть более практикоориентированным – очень важен. Представители Минпросвещения подчеркнули, что изменения направлены прежде всего на усиление практической подготовки водителей. В некоторых автошколах самостоятельно увеличивают количество вождений сверх минимума, особенно если ученик чувствует неуверенность – эти затраты могут быть заложены в более дорогие пакеты обучения. Тенденция такова, что ценится не формальный минимализм, а реальное приобретение навыков. Кроме того, внедряются новые формы практики: помимо классического автодрома, тренировки проводятся на специальных полигонах, имитирующих различные дорожные ситуации. Все более популярными становятся курсы экстремального или контраварийного вождения для выпускников автошкол – пока это добровольные занятия, но обсуждается возможность включения элементов контраварийной подготовки и в базовый курс (например, обучение выходу из заноса на скользкой дороге при помощи тренажера).

Цифровизация обучения (дистанционные технологии). Широко внедряются цифровые технологии в систему подготовки. С 2020 года, после опыта дистанционного обучения в пандемию, автошколам разрешили часть теоретических занятий проводить в дистанционном формате. Новые правила прямо предусматривают возможность онлайн-уроков по теории ПДД. Это означает, что ученик может слушать лекции и проходить тесты через интернет-платформы, не присутствуя физически в классе. Конечно, практические занятия дистанционно проводить нельзя, но теория вполне подходит для электронного обучения. Многие автошколы создали собственные порталы или пользуются готовыми сервисами, где ученики смотрят видеоуроки, сдают промежуточные тесты, получают консультации преподавателей через видеосвязь. Дистанционное обучение делает процесс более гибким и доступным, особенно для занятых людей или жителей удаленных районов. Однако такое новшество потребовало дополнительных требований к автошколам – им необходимо иметь техническое оснащение и программные средства для онлайн-классов. Возникла даже проблема: представители отрасли посчитали некоторые требования чрезмерными, например, проверка оборудования для дистанционных занятий, отсутствие четких критериев оценки онлайн-курсов. Тем не менее, цифровизация – неизбежный и прогрессивный шаг.

Помимо онлайн-лекций, активно используются электронные тренажеры билетов ПДД: учащиеся могут через приложения решать экзаменационные задачи, отслеживать свои ошибки, что повышает результативность подготовки к теории. В некоторых регионах (например, Москва) ГИБДД интегрирует свои сервисы с автошколами: результаты внутреннего тестирования могут передаваться в инспекцию, а запись на экзамен происходит онлайн.

Применение тренажеров и виртуальной реальности. Одна из наиболее инновационных тенденций – внедрение автотренажеров (симуляторов вождения) в учебный процесс. Современные технические средства позволяют создать виртуальную модель автомобиля и дорожной среды, в которой ученик может тренироваться без риска и расходов на топливо. Такие симуляторы давно применялись в авиации, а теперь становятся доступны и для автошкол. Преимущества тренажеров очевидны: полная безопасность (новичок может учиться стартовать, переключать передачи, не боясь аварии), экономия ресурсов (не тратится бензин, не изнашивается техника) и возможность моделировать редкие или сложные ситуации (гололед, горная дорога, внезапное появление препятствия) по желанию инструктора. В России уже есть производители подобных комплексов, и ряд крупных автошкол оборудовали классы с VR-очками и имитаторами рулевого управления. Например, упоминаются автошколы в Московской области, где созданы групповые VR-классы: несколько учеников одновременно в очках виртуальной реальности выполняют упражнения, сидя за макетами рулей и педалей. Это пока редкость из-за высокой стоимости оборудования, но технология стремительно дешевеет. Тренажеры особенно полезны на начальном этапе обучения – они позволяют преодолеть страх у человека, никогда не сидевшего за рулем, отработать основные движения (поворот руля, переключение скоростей) в комфортной обстановке. Также симуляторы используют для повышения квалификации: опытные водители могут на них тренироваться в контраварийных приемах, имитировать отработку опасных ситуаций. Российские разработчики предлагают линейки тренажеров для разных видов транспорта – легковых машин, грузовиков, автобусов, мотоциклов – что может найти применение и при подготовке профессиональных водителей. Таким образом, внедрение VR и иммерсивных технологий – важное направление модернизации обучения водителей, которое будет развиваться по мере доступности.

Повышение требований к персоналу автошкол. Как уже упоминалось, с 2018 года введены новые стандарты для инструкторов, требующие опыта и отсутствия нарушений. Эта мера уже принесла положительный эффект, устранив из профессии случайных людей. Однако на этом не останавливаются: рассматривается необходимость регулярного повышения квалификации инструкторов. Периодические обучающие семинары, курсы переподготовки (например, раз в 5 лет) помогут инструкторам быть в курсе изменений ПДД, совершенствовать методику преподавания. Кроме того, обсуждается идея ввести аттестацию преподавателей теории – проверку их знаний законодательства и психолого-педагогических навыков. Секретарь Совбеза Н. Патрушев еще в 2020 году подчеркнул, что нужно уделить особое внимание квалификации сотрудников автошкол. В некоторых регионах местные власти организуют курсы для инструкторов: так, существуют программы обмена опытом, где лучшие мастера делятся наработками. Все эти шаги направлены на то, чтобы преподаватели и инструкторы стали профессионалами высокого уровня, способными качественно готовить водителей. Ведь именно от мастерства учителя зависит, каким водителем выйдет ученик.

Ужесточение контроля и внедрение системы оценки автошкол. Государство стремится ввести метрики качества обучения и на их основе регулировать работу автошкол. Одно из предлагаемых нововведений – рейтинг автошкол. В 2023 году Правительством РФ внесен в Госдуму законопроект о внесении изменений в закон «О

безопасности дорожного движения», предусматривающий оценку автошкол по результатам деятельности. Предлагается учитывать такие показатели, как процент сдачи экзаменов их выпускниками и количество ДТП с участием водителей, окончивших данную школу. На основе этих критериев автошколам будут присваиваться оценки или категории. Цель – стимулировать конкуренцию за качество: хорошие школы с высокой результативностью будут привлекать больше учеников, а слабые – либо улучшатся, либо уйдут с рынка. Премьер-министр Михаил Мишустин отмечал, что нововведение должно мотивировать учебные заведения на добросовестную работу. Вместе с тем, эксперты указывают на сложности: нужно продумать четкие и справедливые критерии, чтобы рейтинг действительно отражал качество обучения. Например, не совсем корректно винить автошколу в том, что какой-то ее выпускник через год попал в ДТП, особенно если причина – нетрезвое состояние или грубое нарушение сознательно, не связанное с пробелами обучения. Поэтому вероятно будут использовать комплексную систему оценки, учитывающую и успехи на экзаменах, и стаж инструкторов, и оснащенность школы. Пока рейтинги не введены повсеместно, некоторые города сами публикуют статистику по автошколам. Так, в Москве и Петербурге иногда обнародуются списки школ с процентами сдачи, чтобы абитуриенты могли сделать осознанный выбор.

Разделение функций обучения и экзаменации. В дискуссиях о реформе прозвучала радикальная мысль – полностью отделить систему подготовки от системы приема экзаменов. Инициаторы (члены Общественной палаты РФ) предлагают рассмотреть вариант, при котором автошколы отвечают только за обучение, а экзамен проводят независимые центры или инспекторы, не связанные ни с автошколой, ни с ГИБДД напрямую. Сейчас и так экзамен принимает ГИБДД, но автошколы взаимодействуют с инспекцией (подают списки, подгоняют учебный процесс к требованиям экзамена). Предлагается дать автошколам больше свободы в методах обучения – вплоть до самостоятельной разработки программ и сроков обучения для каждого ученика (персонифицированный подход). При этом роль экзамена как независимой проверки должна усилиться. Такой подход, по мнению сторонников, позволит школам внедрять инновации без оглядки на устаревшие нормы, а конкуренция заставит улучшать услуги. В качестве противовеса – обязанность автошколы довести ученика до сдачи экзамена: если он не сдал с первого раза, школа должна предоставлять дополнительные занятия бесплатно до достижения результата. Подобная система ответственности сделала бы качество обучения смыслом работы школы, иначе ей пришлось бы тратить ресурсы на переобучение. Пока это лишь предложение, но оно демонстрирует стремление искать новые управленческие решения в подготовке водителей.

Борьба с коррупцией и прозрачность экзаменов. Модернизация немыслима без искоренения коррупционных проявлений. В этом направлении уже предприняты конкретные шаги: во всех экзаменационных автомобилях ГИБДД устанавливаются видеокамеры и микрофоны, фиксирующие процесс сдачи. Экзамен записывается, что служит доказательством при разборах жалоб – это защищает и кандидатов (от возможной предвзятости), и инспекторов (от ложных обвинений). Кроме того, присутствовать при экзамене теперь могут общественные наблюдатели – например, представители общественных организаций автомобилистов. Такая мера введена, чтобы обеспечить открытость и исключить кулуарные договоренности. Результаты экзаменов зачастую публикуются онлайн, сами билеты ПДД давно открыты и едины по всей стране, что тоже снижает почву для мошенничества. В последние годы силовые органы провели ряд оперативных мероприятий против коррупционеров в этой сфере, что создало атмосферу неизбежности наказания. Все это – важные элементы очистки системы. В идеале, процесс получения прав должен стать максимально прозрачным: от

медицинской комиссии (которая тоже реформируется, вводятся электронные реестры выданных справок) до получения пластикового удостоверения. Только устранив "теневые схемы", можно обеспечить, что каждый водитель на дороге прошел честный путь обучения и проверки знаний.

Улучшение взаимодействия с общественностью и между ведомствами. Положительной тенденцией стало то, что вопросы подготовки водителей активно обсуждаются на общественных площадках. Проводятся круглые столы, конференции (например, в Общественной палате РФ, профессиональные форумы «Автошкола года» и т.п.), где собираются представители автошкол, ГИБДД, Министерства образования, эксперты по безопасности движения. Обсуждение проблем открыто и с разных сторон помогает выработать сбалансированные решения. Так, вырабатываются рекомендации по корректировке тех или иных норм, учитывающие мнение инструкторов «с земли». Профессиональные объединения (Федерация автошкол, Союз автошкол и др.) также вносят свои предложения – например, по изменению устаревших нормативов. Важна межведомственная координация: подготовка водителя – комплексный процесс, касающийся и МВД (экзамены, контроль), и Минпросвещения (программы обучения), и Минздрава (медконтроль), и даже Минтранса. Сейчас эти ведомства совместно участвуют в разработке новых правил, что видно на примере упомянутого совместного приказа о программе. Такой подход обеспечивает учет всех аспектов: медицинского, технического, педагогического.

Перечисленные направления модернизации уже дают первые результаты. Например, по данным ГИБДД, в 2025 году несколько увеличилась доля успешной сдачи экзаменов, что связывают со смягчением чрезмерных требований и лучшей подготовкой. В то же время отмечается тревожный тренд: число аварий с водителями-новичками выросло – в 2025 году количество погибших в ДТП по вине водителей со стажем до 2 лет оказалось на 10% больше, чем годом ранее. Это свидетельствует о необходимости срочного повышения качества обучения и воспитания ответственности у новых водителей. Предпринимаемые реформы должны повлиять на эту статистику в будущем. Таким образом, модернизация находится в процессе: правовая база обновляется, технологии внедряются, контроль ужесточается. Но не менее важно развитие системы подготовки с опорой на лучший зарубежный опыт и распространение удачных практических инициатив внутри страны. Этим аспектам посвящен следующий раздел.

Нельзя не отметить и лучшие российские практики, на которые следует опираться. В разных уголках страны уже есть удачные примеры – будь то строгая и качественная подготовка в автошколах ДОСААФ, успешные региональные программы наставничества, или новые технологии обучения, опробованные энтузиастами. Распространение этих наработок при поддержке государства позволит подтянуть общий уровень системы.

Преодоление существующих недостатков – задача непростая, требующая комплексных усилий всех участников процесса. Однако тенденции свидетельствуют: курс взят верный. Современная система становится более ориентированной на безопасность, а не на формальное обучение. Если заявленные реформы будут полноценно реализованы – от обновления программ до искоренения коррупции – то через несколько лет на дороги будут выходить водители, значительно лучше подготовленные к реальным условиям. Это, в свою очередь, должно позитивно сказаться на дорожной обстановке, сократив число ДТП и их тяжесть.

В перспективе развитие системы подготовки водителей приведет к формированию в России устойчивой культуры безопасного вождения, когда каждый новый водитель будет иметь не только удостоверение, но и необходимые компетенции и ответственность. Можно ожидать, что профессия инструктора станет престижнее,

автошколы превратятся в высокотехнологичные центры обучения, а процесс получения прав – прозрачным и заслуживающим доверия у общества. Все эти изменения требуют времени и настойчивости, но они уже начались. В итоге выигрывает общество: повышается безопасность, сохраняются человеческие жизни, достигается основная цель – сделать дороги России безопаснее при растущей моторизации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Общественная палата РФ. Круглый стол «Перспективы развития подготовки водителей транспортных средств...» (пресс-релиз), 09.04.2025.
2. Сазонов К. «Научат и оценят: как изменятся правила подготовки водителей» // Известия, 2024. (Об изменениях в программах обучения, дистанционных технологиях и рейтинге автошкол).
3. Солдатов Р., Сазонов К. «Учебная тревога: за два года в России закрылось более тысячи автошкол» // Известия, 06.04.2023. (Аналитическая статья о причинах сокращения числа автошкол и последствиях для качества обучения).
4. Баршев В. «Утверждены новые требования к инструкторам по вождению» // Российская газета, 18.10.2018. (О введении профессионального стандарта для мастеров обучения вождению). «Стало известно, кто чаще всего попадал в ДТП в 2024 году» // Газета.Ру, 02.04.2025. (Со ссылкой на данные МВД РФ о статистике ДТП по стажу водителей).
5. «ГИБДД отменила “площадку” на экзамене» // Коммерсантъ, 23.03.2021. (О новых правилах проведения практического экзамена на водительские права с 1 апреля 2021 года).
6. Солдатов Р. «Дали на липу: как обходят правила выдачи справок для водителей» // Известия, 25.11.2022. (Расследование о покупке медицинских справок для получения прав и мерах МВД по противодействию).
7. Трубин А. «В ГИБДД назвали главные причины ДТП среди молодых водителей» // Autonews.ru, февраль 2023. (Сообщение столичной ГИБДД о типичных причинах аварий у водителей со стажем до 2 лет).
8. Зубова Я.В. Анализ зарубежного опыта обучения вождению и формирования водительских компетенций // Современная зарубежная психология, 2023, Т.12, №1, С.7–15. (Научная статья о сравнении традиционных и прогрессивных подходов к обучению вождению, модели GDE и выводы для реформирования системы подготовки водителей.)

REFERENCES

1. Public Chamber of the Russian Federation. Round table “Prospects for the development of training of vehicle drivers...” (press release), 09.04.2025.
2. Sazonov K. “Will teach and evaluate: how the rules of driver training will change” // Izvestia, 2024. (On changes in training programs, distance technologies and the rating of driving schools).
3. Soldatov R., Sazonov K. "Training Alert: More Than a Thousand Driving Schools Have Closed in Russia in Two Years" // Izvestia, 06.04.2023. (Analytical article on the reasons for the decline in the number of driving schools and the consequences for the quality of training).
4. Barshev V. "New Requirements for Driving Instructors Have Been Approved" // Rossiyskaya Gazeta, 18.10.2018. (On the introduction of a professional standard for driving instructors). "It has become known who was most often involved in traffic accidents in 2024" // Gazeta.Ru, 02.04.2025. (Referring to the Russian Ministry of Internal Affairs data on traffic accident statistics by driver experience).
5. “The traffic police have abolished the ‘platform’ in the exam” // Kommersant, 23.03.2021. (On the new rules for conducting a practical exam for a driver’s license from April 1, 2021).
6. Soldatov R. “They gave it to me on a piece of paper: how they circumvent the rules for issuing certificates for drivers” // Izvestia, 25.11.2022. (Investigation on the purchase of medical certificates for obtaining a driver’s license and the Ministry of Internal Affairs’ measures to counter it).

7. Trubin A. «The Traffic Police Named the Main Causes of Accidents Among Young Drivers" // Autonews.ru, February 2023. (Report by the Moscow Traffic Police on the typical causes of accidents among drivers with less than 2 years of experience).
8. Zubova Ya.V. Analysis of Foreign Experience in Driving Training and the Formation of Driver Competencies // Modern Foreign Psychology, 2023, Vol.12, No.1, pp.7–15. (A scientific article comparing traditional and progressive approaches to driving education, the GDE model, and recommendations for reforming the driver training system)

УРОВЕНЬ И ПРИЧИНЫ АВАРИЙНОСТИ НА УДС ГОРОДОВ

Н.В. Зеликова¹, И.Ю. Струкова¹, Г.В. Середин¹, С.С. Веневитина¹, Е.А. Маклакова¹,
У.Г. Фомина¹

¹ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия, zelikova-vrn@mail.ru

Аннотация. Рассматривается вопрос об уровне и причинах аварийности на улично-дорожной сети городов. Представлена динамика дорожно-транспортных происшествий в России. Показана статистика числа ДТП с участием детей-пешеходов.

Ключевые слова: уровень и причины аварийности, улично-дорожная сеть, дорожно-транспортные происшествия, водитель, правила дорожного движения, транспортные средства, участники дорожного движения.

LEVEL AND CAUSES OF ACCIDENTS ON THE CITY ROAD NETWORKS

N.V. Zelikova¹, I.Yu. Strukova¹, G.V. Seredin¹, S.S. Venevitina¹, E.A. Maklakova¹,
U.G. Fomina¹

¹ Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh,
Russia, zelikova-vrn@mail.ru

Abstract. This article examines the level and causes of accidents on urban road networks. The dynamics of road accidents in Russia are presented, along with statistics on the number of accidents involving child pedestrians.

Keywords: accident rate and causes, road network, road accidents, driver, traffic rules, vehicles, road users.

В современном мире число автомобилей на улично-дорожной сети (УДС) городов с каждым годом возрастает. К положительным аспектам можно отнести повышение уровня комфорта людей с увеличением количества личных автомобилей. Но, к сожалению, так же высок уровень аварийности.

Рассмотрим динамику численности дорожно-транспортных происшествий (ДТП) в России (рисунок 1).

Проведя анализ графика, делаем вывод, что количество ДТП постепенно снижается с каждым годом, но все еще данный показатель остается высоким. Радует, что численность ДТП с летальным исходом намного меньше обычного ДТП, которое обходится только повреждением автотранспортных средств.

В основном причиной возникновения дорожно-транспортного происшествия становится неправильное поведение участников дорожного движения [1, 2]. Нередко, за рулем можно встретить нетрезвых водителей. Человек, находящийся в алкогольном опьянении, не в состоянии должным образом управлять транспортным средством. Об этом подробнее указано п 2.7 ПДД. Большое количество водителей также нарушает ПДД (превышение скорости, выезд на встречную полосу, проезд на запрещающий сигнал светофора и т. д.), но, к сожалению, одно такое нарушение может стоить жизни других

людей. Важно отметить, что человеку нельзя управлять транспортным средством в утомленном и уставшем состоянии.

Следует сказать об обучении начинающих водителей в автошколе. От уровня квалификации инструктора зависят знания, умения и навыки водителей автотранспортных средств. Качество обучения прослеживается при сдаче экзамена в ГАИ.

Часть ДТП происходит из-за неисправности транспортных средств, поэтому необходимо вовремя и правильно обсуживать автомобиль.

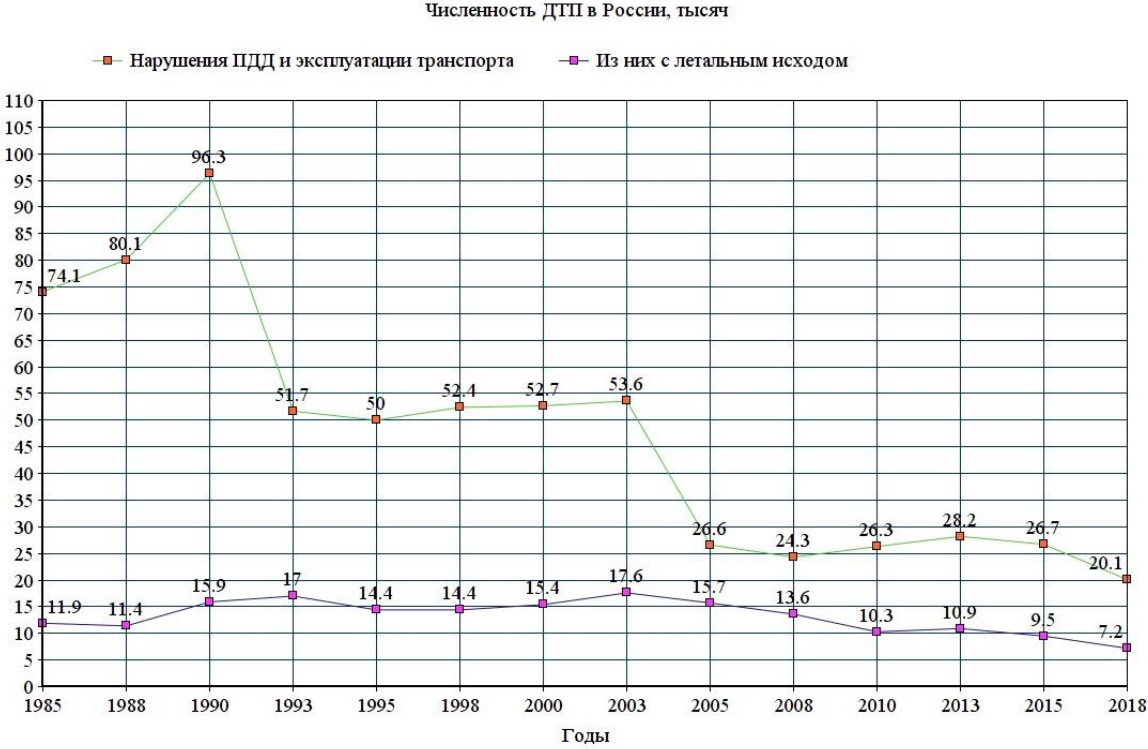


Рисунок 1 – Численность ДТП в России
Figure 1 – Number of road accidents in Russia

На количество дорожно-транспортных происшествий также влияют действия пешеходов. Даже если человек не находится за рулем транспортного средства, он зачастую является участником дорожного движения и обязан соблюдать правила дорожного движения. Рассмотрим динамику дорожно-транспортных происшествий с участием детей-пешеходов (рисунок 2).



Рисунок 2 – Число ДТП с участием детей-пешеходов за 1 квартал 2026 года
Figure 2 – Number of road accidents involving child pedestrians in the first quarter of 2026

Участникам дорожного движения при управлении транспортными средствами нужно быть особенно аккуратными с детьми-пешеходами. Согласно анализу, данных самое большое число таких ДТП в Москве, а самое маленькое – в Санкт-Петербурге.

Важным для безопасности водителей является состояние дорожного покрытия. Обычно самые плохие дороги встречаются в конце зимы и начале весны. Снег и лед начинают таять, оставляя после себя последствия в виде выбоин и трещин. Следует отметить высокую значимость качественной дорожной разметки и достаточного количества дорожных знаков.

В настоящее время технологии развиваются с каждым годом. В связи с этим у водителей автотранспортных средств появилась новая проблема – средства индивидуальной мобильности. В городах в весенний и летний период можно часто встретить на автомобильной дороге людей, передвигающихся на электросамокатах и электровелосипедах. Их несложно не заметить, поэтому водитель не должен терять бдительность. С каждым годом число автомобилей возрастает, поэтому ситуация на улично-дорожной сети усложняется. Для соблюдения безопасности участников дорожного движения и снижения уровня аварийности каждый человек должен соблюдать правила дорожного движения. За нарушения ПДД стоит повысить сумму штрафов, что повысит уровень ответственности водителей.

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. Официальный сайт Госавтоинспекции – Режим доступа: <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). С. 41-52.

2. Official website of the State Traffic Safety Inspectorate - Mode of access: <https://xn--80aebkobnwfcnsfk1e0h.xn--p1ai>.

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПРИЦЕПОВ

Д.А. Попов¹, А.М. Кадырметов², Н.В. Скрыльников³, Р.Д. Яцюта⁴, В.Д. Кабанцов⁵
¹⁻⁵ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия, qaz.7@mail.ru

Аннотация. В статье приведен краткий обзор устройства и модификаций легковых автомобильных прицепов и тенденции в развитии их конструкции и применении.

Ключевые слова: легковой прицеп, конструкция, модификации прицепов, применение прицепов

STATUS AND PROSPECTS FOR DEVELOPMENT OF PASSENGER CAR TRAILERS

D.A. Popov¹, A.M. Kadyrmetov², N.V. Skrylnikov³, R.D. Yatsyuta⁴, V.D. Kabantsov⁵
¹⁻⁵ Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, qaz.7@mail.ru

Abstract. The article provides a brief overview of the design and modifications of light-duty car trailers and trends in the development of their design and application.

Keywords: Light-duty trailer, design, trailer modifications, trailer applications

Легковой прицеп – это транспортное средство, не оснащенное двигателем и предназначенное для буксировки автомобилем. Несмотря на кажущуюся простоту, современный прицеп – это инженерно продуманная конструкция, состоящая из нескольких ключевых систем. Понимание его устройства необходимо не только для правильного выбора, но и для безопасной эксплуатации.

По данным Национального агентства промышленной информации (НАПИ) на начало 2026 года, российский рынок прицепной техники в 2025 году характеризовался устойчивым снижением цен. С января 2025 по январь 2026 года средняя стоимость новых прицепов сократилась на 17 %. Это сделало технику доступнее для широкого круга потребителей. Однако в январе 2026 года наметился тренд на небольшой рост цен: новые прицепы прибавили в стоимости 5,5 % по сравнению с декабрем 2025 г [1]

В мировом масштабе рынок легковых прицепов оценивался в 1,5 млрд долларов в 2023 г. с прогнозируемым среднегодовым темпом роста (CAGR) около 2,5 % до 2032 года. Ключевыми драйверами являются рост интереса к рекреационной деятельности и расширение производства прицепов для коммунального сектора [2].

Рынок легковых прицепов испытывает существенный рост в связи с массовой автомобилизацией населения, причём в приоритете кроссоверы и рамные внедорожники, способные легко тянуть прицепы, а также расширение логистики и внутригородских доставок по всему миру. Рост малого бизнеса и самозанятости способствует использованию легких прицепов для экономической перевозки грузов, например, в сельском хозяйстве, малом бизнесе, для отдыха в качестве автокемпингов или бытовых

и др. варианты.

Такое широкое разнообразие потребностей населения и современных технических возможностей в создании оригинальных конструкций прицепов дает импульс развития инженерной мысли в разработке новых видов легковых автомобильных прицепов, в том числе специального назначения.

Аналитики сходятся во мнении, что 2026 г. станет периодом «новой нормы» для рынка прицепов. Спрос на прицепы будет умеренно и стабильно расти. Основным направлением развития станет дальнейшее снижение веса конструкций за счёт алюминия и композитов. Это критически важно для интеграции с электромобилями, способными буксировать прицепы. Ожидается также распространение «умных» функций: телематика (отслеживание местоположения и состояния), интеграция с бортовыми системами автомобиля, улучшенные системы рекуперации энергии на прицепах.

Синергия с электромобилями порождает спрос на сверхлёгкие аэродинамичные модели и кемперы с собственными мощными батареями, способные делиться энергией с буксиром. Производители, такие как Honda и Dethleffs, демонстрируют, что будущее за трансформируемыми, модульными и экологичными решениями. При сохранении текущих темпов развития, рынок ждёт не просто количественный, но и качественный рост, меняющий саму концепцию использования прицепов – от подсобного инструмента к полноценному партнёру в путешествиях.

1 Анализ конструкции прицепов

Основными узлами любого легкового прицепа являются: рама (несущая основа), дышло (тяговый рычаг), подвеска (ходовая часть) и кузов, конструкция которого напрямую зависит от назначения прицепа Рисунок.1.



Рисунок 1 – Двухосный прицеп в сборе
Figure 1 – Two-axle trailer assembly

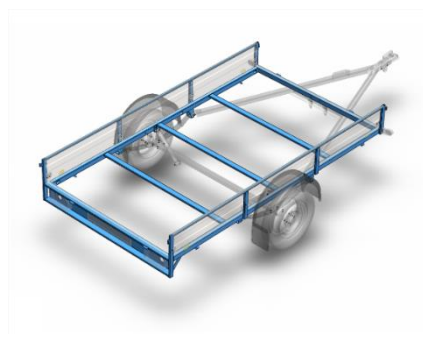


Рисунок 2 – Рама
одноосного прицепа
Figure 2 – Single axle trailer
frame

Рама — это «скелет» прицепа, обеспечивающий его жесткость и прочность. К ней крепятся все остальные элементы: подвеска, кузов и сцепное устройство. Чаще всего раму изготавливают в виде сварной металлической конструкции. Она состоит из двух продольных балок (лонжеронов) и нескольких поперечин (траверс), соединенных между собой. Такая форма обеспечивает высокую прочность при относительно небольшом весе. Основной материал рамы – сталь сварная низкоуглеродистая (10Г, 09Г2С, 18Г). Соединения элементов могут быть как сварными (обеспечивают жесткость), так и болтовыми (упрощают ремонт и замену деталей) [3-4]. Качеству сварных швов уделяется особое внимание, так как они подвержены вибрационным нагрузкам.

Дышло – это горизонтальный рычаг, который крепится к передней части рамы и

соединяет прицеп с автомобилем. Оно может иметь V-образную, Y-образную или I-образную (прямую) форму.

На дышле или интегрировано в него располагаются критически важные элементы:

- узел сцепки (сцепная головка): устройство, которое надевается на шар фаркопа. Современные головки оснащаются запорным механизмом с рычагом фиксации и, в дорогих моделях, индикатором износа для контроля безопасности.

- страховочные тросы (цепи): Обязательный элемент безопасности. В случае расцепления основного замка тросы удерживают прицеп, не давая ему полностью отсоединиться от автомобиля.

- опорное колесо (складная подставка): служит для удержания прицепа в горизонтальном положении при отсоединении от машины, что значительно облегчает погрузку и маневрирование вручную. Существуют различные модификации дышла: складное или съемное: позволяет уменьшить габариты при хранении или дает возможность опрокидывать кузов, не отсоединяя прицеп от машины; телескопическое (раздвижное): встречается в специализированных конструкциях (например, для перевозки лодок), позволяя изменять длину прицепа для транспортировки длинномеров или приведения в рабочее состояние.



Рисунок 3 – Торсионная (резиножгутовая) независимая подвеска
Figure 3 – Torsion bar (rubber cord) independent suspension



Рисунок 4 – Пружинная зависимая подвеска
Figure 4 – Spring dependent suspension

Подвеска прицепа обеспечивает плавность хода, гасит вибрации и соединяет колеса с рамой. Для легковых прицепов применяются четыре основных типа подвесок, которые различаются по конструкции и характеристикам:

- рессорная зависимая: традиционная и надежная конструкция, состоящая из балки моста и полуэллиптических листовых рессор, часто дополненная гидравлическими амортизаторами. Отличается большим ходом подвески и долговечностью, но требует более сложного обслуживания.

- пружинная зависимая (Рисунок 4): вместо рессор используются цилиндрические пружины. Балка моста крепится к кузову с помощью системы продольных и поперечных тяг.

- торсионная (резиножгутовая) (Рисунок 3): наиболее распространенный тип в Европе для прицепов массой до 2,5 тонн. Это независимая подвеска, упругим элементом в которой служат резиновые жгуты, работающие на скручивание (сжатие) внутри труб. Основные элементы: наружная и внутренняя трубы, резиновые жгуты и маятниковые рычаги. Ее главные преимущества – простота, компактность и необслуживаемость в течение всего срока службы.

- рессорно-пружинная: комбинированный тип, сочетающий элементы обеих систем.

На прицепах используются колеса, унифицированные по типоразмеру с автомобилем-тягачом. Ступицы также могут быть как оригинальными, так и заимствованными от легковых авто.

Тормозная система на легких прицепах (до 750 кг полной массы) не требуется. Для более тяжелых прицепов обязательны тормоза. Как правило, используется инерционная тормозная система: при торможении автомобиля прицеп по инерции «набегает» на тягач, сжимая дышло, и этот механизм активирует тормоза на колесах прицепа.

Конструкция кузова определяется типом груза, для перевозки которого предназначен прицеп:

- универсальные (бортовые): самый распространенный тип. Кузов представляет собой платформу с откидными бортами (задний и часто передний). Борта могут быть стальными (сварными), из оцинкованной стали, алюминия или фанеры. Дно чаще всего делают из влагостойкой ламинированной фанеры.

Оснащение: для увеличения объема используются надставные борта. Большинство моделей комплектуются каркасом и съемным тентом из ПВХ-ткани для защиты груза от непогоды.

2 Эволюция конструкций и инновационные решения

Анализ патентной литературы и современных тенденций показывает, как меняется подход к проектированию прицепов.

От прямоугольных форм к аэродинамике и стилю. Классический прицеп — это прямоугольная платформа с выступающими колесами. Однако еще в 1992 году была предложена концепция прицепа, поверхности которого выполняются конгруэнтными (подобными) элементам кузова автомобиля-тягача. Это позволяет создать единый дизайн-стиль автопоезда, улучшить аэродинамику и даже использовать для изготовления кузова детали от донорского автомобиля (крылья, капот, фонари) или сменные полимерные панели.



а



б



в



г

Рисунок 5 – Некоторые модификации легковых прицепов: а – с пневматической подвеской; б – с откидными трапами; в – с телескопическим дышлом; г – специальный прицеп для транспортировки лодок

Figure 5 – Some modifications of light trailers: a – with air suspension; b – with folding ramps; c – with a telescopic drawbar; d – a special trailer for transporting boats

Повышение функциональности и универсальности. Современные патенты направлены на расширение возможностей прицепа. Например:

- прицепы с пневматической подвеской (Рисунок 5, а)
- прицепы с откидными бортами-трапами (Рисунок 5, б), облегчающими погрузку колесной техники.
- прицепы с телескопическим дышлом (Рисунок 5, в) и выдвижными задними балками для перевозки длинномеров.
- специальные решения, например, «лодка-прицеп» (рисунок 5, г), где складной стеклопластиковый корпус лодки в походном положении сам является закрытым кузовом прицепа.

Инженеры стремятся упростить технологию изготовления и повысить удобство эксплуатации. Примером служат разработки, где предусмотрена быстрая разборка прицепа (снятие бортов, подвесок) для компактного хранения, а также использование стандартных узлов от легковых автомобилей (ступицы, рессоры, амортизаторы) [5-7].

Конструкция легкового прицепа – это результат компромисса между прочностью, весом и функциональностью. Базовые элементы (рама, дышло, подвеска) остаются неизменными на протяжении десятилетий, совершенствуясь в деталях. Однако кузовная часть и дополнительное оборудование активно эволюционируют. Современные тенденции движутся в сторону создания специализированных, высокоинтегрированных с автомобилем решений — от аэродинамичных «конгруэнтных» прицепов до универсальных платформ-трансформеров, способных выполнять роль и грузового фургона, и лодки, и туристического домика.

2.1 Концепция специального автомобильного прицепа-платформы, оснащенного подъёмным механизмом

Предлагается разработка автомобильного прицепа-платформы (Рисунок 6, оснащенной подъемным механизмом (механическими, электро-механическим и пневматическим), позволяющим оперативно, удобно и безопасно осуществлять установку и снятие (манипуляции) специальных модульных конструкций, типа: модуль-баня, модуль-пчеловодческая платформа, модуль-бытовка и др.



Рисунок 6 – Модель легкового прицепа, оснащенного штатным подъемным механизмом для транспортировки съемных модулей различного назначения.

Figure 6 – Model of a light trailer equipped with a standard lifting mechanism for transporting removable modules for various purposes

Эффектом появления на рынке таких прицепов станет не только производство нового типа автомобильных прицепов и специальных модулей к ним, но и развитие малого предпринимательства в сфере перевозок и аренды специальных модулей за счет удобства, безопасности и эффективности транспортировки модульных конструкций различного назначения, в том числе, при сдаче их в аренду или использования для подсобного хозяйства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 В России подешевели прицепы: обзор рынка и цены 2025-2026 гг./ URL: <https://5koleso.ru/avtopark/novosti-komtransa/v-rossii-podesheveli-priczepy-obzor-rynka-i-czeny-2025-2026-gg/>
- 2 Размер рынка легких прицепов для легковых автомобилей. Размер и доля 2026-2035 / отраслевой отчет. URL: <https://www.gminsights.com/ru/industry-analysis/light-car-trailer-market>
- 3 Строганов, Ю. Н. Устойчивость движения автомобильных и тракторных поездов. Стабилизирующие тягово-сцепные устройства: учебное пособие / Ю. Н. Строганов. – Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2022. – 118 с.
- 4 Сливинский, Е. В. Улучшение эксплуатационных характеристик прицепных автотранспортных средств на основе эффективных научно-технических решений: диссертация ... доктора технических наук: 05.22.10 / Сливинский Евгений Васильевич. – Орел, 2010. – 336 с.
- 5 Бубнов, Э. А. Разработка конструкции модульного прицепа для легковых автомобилей и обоснование его эксплуатационных показателей / Э. А. Бубнов, Ф. В. Бабин // Инновационное развитие техники и технологий наземного транспорта: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции. – Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2020. – С. 91-93.
- 6 ГОСТ Р 52281-2004. Прицепы и полуприцепы автомобильные. Общие технические требования. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 2005. – 12 с.
- 7 Каталог "Прицепы к легковым автомобилям" / Под ред. [И.О. Фамилия]. – [Б.м.] : [б.и.], 2005. – 112 с.

REFERENCES

- 1 Trailers in Russia Have Fallen in Price: Market Review and Prices for 2025-2026 / URL: <https://5koleso.ru/avtopark/novosti-komtransa/v-rossii-podesheveli-priczepy-obzor-rynka-i-czeny-2025-2026-gg/>
- 2 The Light-Duty Trailer Market for Passenger Cars. Size and Share 2026-2035 / URL: <https://www.gminsights.com/ru/industry-analysis/light-car-trailer-market>
- 3 Stroganov, Yu. N. Stability of Automobile and Tractor Trains. Stabilizing Towing Couplings: A Study Guide / Yu. N. Stroganov. – Ekaterinburg: Ural University Publishing House, 2022. – 118 p.
- 4 Slivinsky, E. V. Improving the Performance of Trailer Vehicles Based on Effective Scientific and Technical Solutions: Dissertation ... Doctor of Technical Sciences: 05.22.10 / Slivinsky Evgeny Vasilievich. – Orel, 2010. – 336 p.
- 5 Bubnov, E. A. Development of the Design of a Modular Trailer for Passenger Cars and Justification of Its Performance Indicators / E. A. Bubnov, F. V. Babin // Innovative Development of Ground Transport Equipment and Technologies: Collection of Articles from the All-Russian Scientific and Practical Conference. – Ekaterinburg: Ural University Publishing House, 2020. – pp. 91-93.
- 6 GOST R 52281-2004. Automobile trailers and semi-trailers. General technical requirements. – Moscow: IPK Publishing House of Standards, 2005. – 12 p.
- 7 Catalogue "Trailers for passenger cars" / Ed. [I.O. Surname]. – [B.m.]: [b.i.], 2005. – 112 p.

ОЧИСТКА АВТОМОБИЛЬНЫХ ТОПЛИВ ОТ ВОДЫ И МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ

Кайзер Ю.Ф.^{1,2}, Шрам В.Г.¹,
Сороковикова С.С.¹, Фишер Е.А.¹,
Марьясов Яков Михайлович¹

¹ Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия, kaiser170174@mail.ru

² Красноярский государственный аграрный университет, г. Красноярск, Россия,
kaiser170174@mail.ru

Аннотация. В работе рассмотрено влияние воды и механических примесей на ухудшение качества и эксплуатационных свойств автомобильных топлив. Представлена краткая классификация существующих методов очистки нефтепродуктов от указанных загрязнителей. В качестве перспективного решения поставлена задача разработки электродегидратора, предназначенного для эффективной очистки автомобильных топлив с целью повышения его качества.

Ключевые слова: очистка, качество топлива, эксплуатационные свойства, вода, механические примеси, эксплуатация автомобильного транспорта.

CLEANING OF CAR FUELS FROM WATER AND MECHANICAL ADDITIVES

Kaiser Yu.F.^{1,2}, Shram V.G.¹,
Sorokovikova S.S.¹, Fisher E.A.¹, Maryasov Ya.M.¹

¹ Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia, kaiser170174@mail.ru

² Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia, kaiser170174@mail.ru

Abstract. The paper considers the influence of water and mechanical impurities on the deterioration of the quality and operational properties of automotive fuels. A brief classification of existing methods for cleaning petroleum products from these pollutants is presented. As a promising solution, the task is to develop an electric dehydrogenator designed for efficient purification of automobile fuels in order to increase its quality.

Keywords: purification, fuel quality, operational properties, water, mechanical impurities, operation of motor transport.

Надежная и длительная эксплуатация автомобильного транспорта возможна только при применении высококачественных топлив, масел и специальных жидкостей. Однако, после изготовления этих продуктов, их качество постепенно ухудшается при транспортировании, хранении, а также при заправке техники и в процессе ее эксплуатации.

Наличие воды в автомобильных топливах приводит к ухудшению качества и эксплуатационных свойств, а именно снижает низкотемпературные характеристики и термоокислительную стабильность, повышает коррозионную активность, уменьшает теплоту сгорания, а также негативно влияет на процессы распыления, испарения и противозносные свойства, способствуя дополнительному загрязнению механическими и биологическими примесями [1].

Вероятность попадания воды в горюче-смазочные материалы и специальные жидкости через систему «дыхания» высока, а удаление её из этих продуктов связано со значительными трудностями.

Очистка автомобильного топлива от воды и механических примесей является важнейшей задачей при эксплуатации автомобильного транспорта.

Для очистки горюче-смазочных материалов от воды и механических примесей используются следующие методы – химические, физико-химические и физические, которые базируются на соответствующих процессах [2].

Физические методы, в свою очередь, классифицируются на три основные группы:

- методы, основанные на воздействии силовых полей (гравитационных, центробежных, электрических и прочих);
- фильтрационные методы с применением пористых материалов различной структуры;
- методы, использующие теплофизические и массообменные процессы (испарение, конденсацию, дистилляцию и т.д.).

Несмотря на ограниченное применение, метод обезвоживания топлив в электрическом поле имеет научное обоснование. Исследования электрокинетических свойств нефтепродуктов подтверждают его высокую эффективность при удалении воды и электропроводных примесей.

В сравнении с другими методами, обезвоживание топлив в электрическом поле имеет ряд преимуществ: способность определения в потоке, компактность, отсутствие вращающихся частей, возможность полной автоматизации и очистка от электропроводных механических примесей.

В авторском свидетельстве [3] представлено техническое решение электростатического сепаратора, который в основе использует неоднородное электрическое поле (рисунок 1).

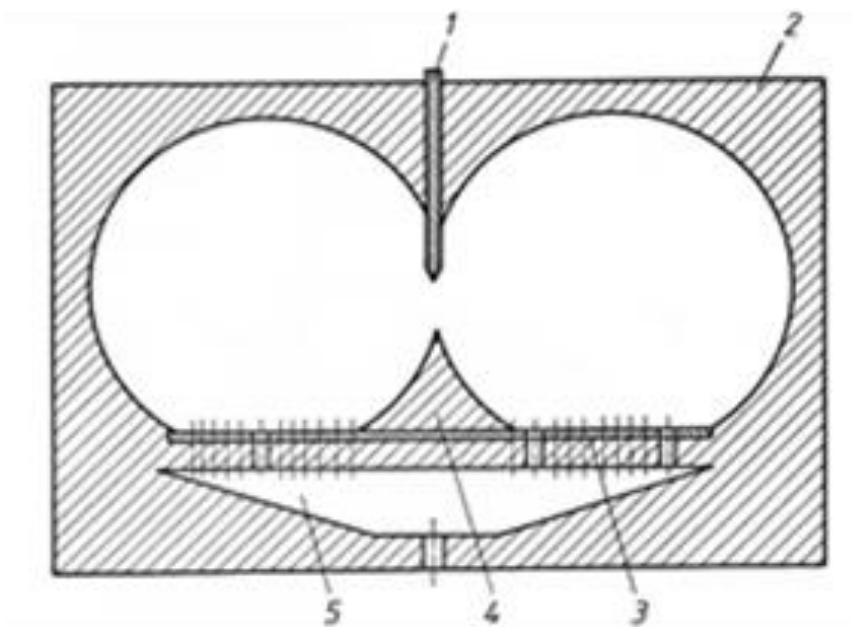


Рисунок 1 – Электростатический сепаратор: 1, 3 – электроды;

2 – корпус; 4 – проставка; 5 – сборник воды

Figure 1 – Electrostatic separator: 1, 3 – electrodes;

2 – housing; 4 – spacer; 5 – water collector

В корпусе сепаратора есть специальный канал с электродами, где создаётся неоднородное электрическое поле. Один электрод 1 находится прямо в центре канала, а другой 3 расположен к нему под прямым углом, где соединяются окружности. Сам корпус сепаратора 2 и вставка между электродами 4 изготовлены из материала, который не проводит электрический ток.

Под воздействием неоднородного электрического поля на диполи дисперсной фазы возникают силы, вызывающие их движение и взаимодействие.

На боковых поверхностях диэлектрической проставки 4 интенсивно протекает процесс коагуляции дисперсной фазы – мелкие капли воды и частицы примесей объединяются в более крупные агрегаты.

Частицы, которые стали крупнее в процессе обработки, опускаются вниз по каналу и на них действуют электрическое поле и сила тяжести.

Внизу находится сборник 5, откуда удаляют воду и механические примеси, отделившиеся от топлива.

Важная деталь системы – диэлектрическая проставка 4.

Она не даёт электрическому полю разбивать капли воды на мелкие части (иначе их было бы сложно отделить), а также помогает каплям укрупняться под действием поля, после этого заряженные частицы движутся к электроду и скапливаются там.

Когда их становится много в одном месте, они чаще сталкиваются и объединяются в более крупные капли, после этого их легче удалить.

Электростатический сепаратор не требует периодичной замены сменных фильтрующих, коагулирующих и сепарирующих элементов, в отличие от традиционных фильтров-водоотделителей.

Таким образом, нами предлагается разработать конструкцию электростатического сепаратора, с целью дальнейшего применения в системах очистки автомобильных топлив на автозаправочных станциях, нефтебазах и других объектах нефтепродуктообеспечения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванова, Н. В. Электрообезвоживание авиационных топлив / Н. В. Иванова, Ю. Ф. Кайзер, А. В. Лысянников // Перспективы развития и безопасность автотранспортного комплекса: материалы IV Международной научно-практической конференции, г. Новокузнецк, 27-29 ноября 2014 г. – Новокузнецк: филиал КузГТУ в г. Новокузнецке, 2014. – С. 395-399.
2. Рыбаков, К.В. Обезвоживание авиационных горюче-смазочных материалов / К.В. Рыбаков, Е.Н. Жулдыбин, В.П. Коваленко. – Москва : Транспорт, 1979. - 181 с.
3. А. С. № 452349 СССР, Электростатический сепаратор / Грановский М.Г., Лямин В.М. – Оpubл. 05.12.1974, Бюл. № 45.

REFERENCES

1. Ivanova, N. V. Electrical desiccation of aviation fuels / N. V. Ivanova, Yu.F. Kaiser, A.V. Lysyannikov // Prospects for the development and safety of the motor transport complex: proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference, Novokuznetsk, November 27-29, 2014 – Novokuznetsk: KuzSTU branch in Novokuznetsk, 2014. – Pp. 395-399.
2. Rybakov, K.V. Dewatering of aviation fuels and lubricants / K.V. Rybakov, E.N. Zhuldybin, V.P. Kovalenko. Moscow : Transport Publ., 1979. 181 p.
3. A. S. No. 452349 of the USSR, Electrostatic separator / Granovsky M.G., Lyamin V.M. – Publ. 05.12.1974, Bul. No. 45.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОХРАННОСТИ КАЧЕСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ТОПЛИВ ПРИ ИХ ХРАНЕНИИ

Шрам В.Г.¹, Кайзер Ю.Ф.¹, Сороковикова С.С.¹, Фишер Е.А.¹

¹ Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия, shram18rus@mail.ru

Аннотация. В работе рассмотрено влияние условий хранения топлива на его качество. Описан возможный характер загрязнения внутренней поверхности резервуара. Определено, что при ручном способе не всегда достигается эффективная очистка внутренней поверхности резервуаров. Предложено применение моющих средств, которые позволят обеспечить высокую степень зачистки резервуаров и соответственно сохранить качество топлив при их хранении.

Ключевые слова: качество топлива, хранение нефтепродуктов, моющие средства, зачистка резервуаров.

ENSURING THE PRESERVATION OF THE QUALITY OF AUTOMOTIVE FUELS DURING THEIR STORAGE

Shram V.G.¹, Kaiser Yu.F.¹, Sorokovikova S.S.¹, Fisher E.A.¹

¹ Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia, shram18rus@mail.ru

Abstract. This paper examines the impact of fuel storage conditions on its quality. Potential contamination of the tank's interior is described. It is determined that manual cleaning does not always effectively clean the tank's interior. The use of detergents is proposed to ensure a high degree of tank cleaning and, consequently, maintain the quality of fuel during storage.

Keywords: fuel quality, storage of petroleum products, detergents, tank cleaning.

Перед тем как топливо попадает конечному потребителю, оно проходит значительный жизненный путь, где большая часть времени связана с хранением его в вертикальных и горизонтальных стальных резервуарах. Поэтому качество топлива зависит от того насколько чистыми являются поверхности емкостей с которыми оно соприкасается. В связи с этим важной задачей является обеспечение проведения своевременных и качественных работ по зачистке резервуаров [1-3].

При хранении нефтепродуктов в резервуарах, на поверхностях стенки и днища, происходит образование отложений, представляющих собой неорганические соединения, в основном песок и продукты коррозии. Помимо загрязнений поверхности стенки и днища резервуара, дополнительными местами концентраторами отложений являются различные дефекты, трещины, щели клиновидного сечения (поры) [3, 4]. При этом данные глубинные загрязнения являются более трудноудаляемыми.

В зависимости от величины сил связи загрязнений с поверхностью металла определяется трудоемкость удаления загрязнений. В связи с чем, зачистка резервуаров и емкостей для хранения и транспортировки нефтепродуктов является сложным и опасным технологическим процессом. Исходя из чего с целью обеспечения высокого качества и своевременного проведения работ по зачистке резервуаров поиск и выбор новых средств и технологий является актуальной задачей.

На сегодняшний день одним из самых распространенных методов остается ручной способ зачистки резервуаров. При этом в качестве промывочной жидкости

применяют воду, что не всегда способствует обеспечению высокого качества зачистки. Альтернативным вариантом может быть применение химико-механизированного способа, где вместо воды используют моющие препараты.

Химическая зачистка основана на растворении, эмульгировании и разрушении (омылении) жиров и масел. В качестве моющих и обезжиривающих веществ нашли применение: водные моющие растворы и эмульсии растворителей в воде (эмульсионные составы). Наибольшее применение получили водные моющие растворы, как наименее токсичный, дешевый и пожаробезопасный способ.

Зачистка и обезжиривание водными растворами основано на химическом разрушении омыляемых жиров, масел и эмульгировании неомыляемых загрязнений. Технические моющие средства (ТМС) используются в виде водных растворов, как правило, с рабочей концентрацией 2–10 % массы [4-6]. Применение моющих растворов позволяет удешевить и улучшить качество работ по зачистке резервуаров, а также уменьшить их трудоемкость.

Циркуляционный способ применения технического моющего по системе «резервуар-насос-теплообменник-резервуар» или «резервуар-насос-резервуар», позволяет уменьшить количество используемой воды и самого ТМС. Дозировка раствора, оптимальные температурные режимы мойки, регенерации уточняются на месте применения с учетом требований к качеству очистки, особенностей технологии данного предприятия, вида отмываемого нефтепродукта и типа используемого ТМС.

Технологический процесс зачистки, должен происходить в постоянном режиме, для обеспечения разделения откачиваемого отложения на три составляющие:

- верхнего слоя нефтепродуктов;
- водного слоя;
- нижнего слоя – отмытый грунт и механические примеси.

Качество проведения работ по зачистки поверхностей от загрязнителей зависит от температуры моющего раствора, а также от способа (погружной, струйный и другие) и времени отмыва.

Механизм действия раствора при механическом воздействии на загрязненные поверхности в слое загрязнителя образуются микроскопические трещинки. Водный моющий раствор, благодаря очень малому поверхностному натяжению, проникает даже в них и концентрируется в полостях, образовавшихся между обрабатываемой поверхностью и углеводородом. Далее, этот водный раствор, создает «расклинивающий» эффект и отрывает углеводород от поверхности. В результате поверхность становится чистой, без каких-либо остатков углеводородов (рисунок 1).

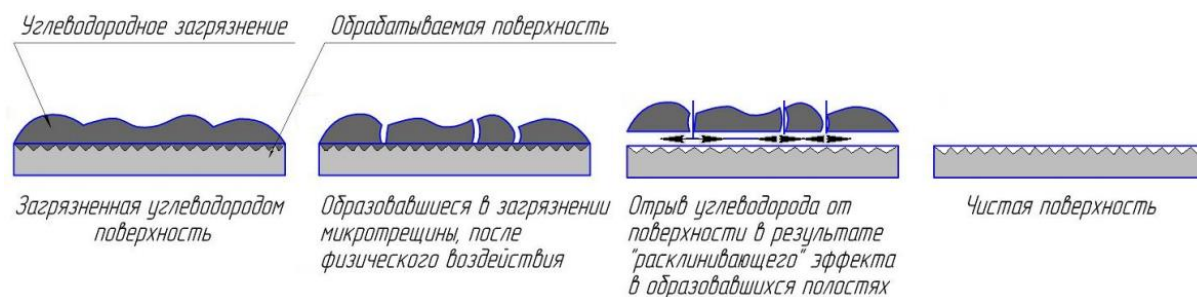


Рисунок 1 – Моющая способность ТМС
Figure 1 – Washing ability of TMS

Перед сбросом сточных вод проводится нейтрализация до допустимой концентрации загрязняющих веществ (таблица 1).

Таблица 1 – Допустимые концентрации загрязняющих веществ в сточных водах
Table 1 – Permissible concentrations of pollutants in wastewater

Загрязнитель	ПДК, мг/л
Взвешенные вещества	310
Хлориды	1000
Сульфаты	500
Нефтепродукты	3,0
ПАВ	20
рН	6,5–9

Если уровень загрязнений превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК) загрязняющих веществ, то сточные воды подвергаются очистке или разбавлением водой.

Исходя из вышесказанного следует, что при ручном способе зачистки резервуаров не достигается эффективной очистки внутренней поверхности резервуаров, особенно труднодоступных мест, что может привести к ухудшению качества хранимого топлива. Применение современных моющих средств позволит обеспечить высокую степень зачистки резервуаров и соответственно сохранить качество топлив.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коршак, А.А. Нефтебазы и АЗС : учеб. пособие для системы проф. переподгот. по направлению «Транспорт и хранение нефти, нефтепродуктов и газа» / А. А. Коршак, Г. Е. Коробков, Е. М. Муфтахов. – Уфа : ДизайнПолиграфСервис, 2006. – 415 с.
2. Ипатов, А.М. Эксплуатация резервуаров склада горюче-смазочных материалов. / А.М. Ипатов. – Москва : Транспорт, 1985. – 176 с.
3. Зимон, А.Д. Адгезия жидкости и смачивание / А.Д. Зимон. – Москва : Химия, 1974. – 416 с.
4. Васильцов, А.С. Современные методы зачистки резервуаров для нефти и нефтепродуктов: учеб. пособие / А.С. Васильцов, С.И. Иванова, В.Н. Подвезенный. – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – 203 с.
5. Абрамзон, А.А. Поверхностно-активные вещества. Свойства и применение / А.А. Абрамзон. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Л.: Химия, 1981. – 304 с.
6. Хамроев, О.Ж. Очистка резервуаров от остатков нефтепродуктов в сельскохозяйственных предприятиях : автореф. дис. ... кандидата технических наук : 05.20.03 / Моск. ин-т инж. с.-х. производства им. В. П. Горячкина. – Москва, 1991. – 16 с.

REFERENCES

1. Korshak, A.A. Oil Depots and Gas Stations: A Textbook for the Professional Retraining System in the Direction of "Transportation and Storage of Oil, Oil Products, and Gas" / A.A. Korshak, G.E. Korobkov, E.M. Muftakhov. - Ufa: DesignPoligrafServis, 2006. - 415 p.
2. Ipatov, A.M. Operation of Fuel and Lubricant Warehouse Tanks. / A.M. Ipatov. - Moscow: Transport, 1985. - 176 p.
3. Zimon, A.D. Liquid Adhesion and Wetting / A.D. Zimon. - Moscow: Chemistry, 1974. - 416 p.
4. Vasil'tsov, A.S. Modern methods of cleaning tanks for oil and oil products: textbook / A.S. Vasil'tsov, S.I. Ivanova, V.N. Podvezenny. – Krasnoyarsk : IPK SFU, 2009. – 203 p.
5. Abramzon, A.A. Surfactants. Properties and application / A.A. Abramzon. – 2nd ed., revised and enlarged. – Leningrad: Chemistry, 1981. – 304 p.
6. Khamroev, O.Zh. Cleaning tanks from oil product residues in agricultural enterprises: author's abstract of candidate of technical sciences dissertation: 05.20.03 / Moscow Institute of Agricultural Production named after V. P. Goryachkina. – Moscow, 1991. – 16 p.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ТРАНСПОРТНОМ АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

П.П. Коростелёв¹, А.Г. Шевцова²

¹Елецкий государственный университет имени И.А. Бунина, г. Елец, Россия,
i@pavel-korostelev.ru

²Белгородский государственный технический университет имени В.Г. Шухова,
г. Белгород, Россия, shevcova-anastasiya@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается опыт применения в условиях агропромышленного комплекса (АПК) системы автономного управления (САУ) специализированной техникой (СТ) на базе искусственного интеллекта (ИИ) Cognitive Agro Pilot, разработанной компанией АО «Когнитив Пилот». Описываются основные характеристики системы, принцип работы, компоненты, функциональные особенности, преимущества, недостатки и рекомендации.

Ключевые слова: система автономного управления (САУ), специализированная техника (СТ), искусственный интеллект (ИИ), автоматизация, цифровизация, роботизация, агропромышленный комплекс (АПК).

EXPERIENCE IN APPLYING INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN THE TRANSPORT AND AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

P.P. Korostelyov¹, A.G. Shevtsova²

¹Bunin Yelets State University, Yelets, Russia, i@pavel-korostelev.ru

²Shukhov Belgorod State Technical University, Belgorod, Russia, shevcova-anastasiya@mail.ru

Abstract. The article examines the experience of using the Cognitive Agro Pilot autonomous control system (ACS) based on artificial intelligence (AI) developed by Cognitive Pilot JSC in the agro-industrial complex, describes the main characteristics of the system, the principle of operation, components, functional features, advantages, disadvantages and recommendations.

Keywords: autonomous control system (ACS), specialized equipment (SE), artificial intelligence (AI), automation, digitalization, robotization, agro-industrial complex (AIC).

АПК характеризуется значительным объемом выполняемых работ, поскольку включает в себя сельскохозяйственное производство, процессы переработки и сбыта продукции, а также транспортно-логистическое обеспечение. Предъявляемые требования, на всех этапах работ, регламентированные стандартами качества, а также установленными временными сроками выполнения, служат поводом для совершенствования материально-технической базы.

Именно поэтому, особый смысл приобретает процесс инновационного развития АПК, являющийся ключевым фактором повышения производительности и конкурентоспособности отрасли в условиях современных глобальных вызовов.

Внедрение новых технологических решений, включая цифровизацию, автоматизацию и роботизацию производственных процессов, способствует существенному повышению эффективности функционирования всей системы [1].

Особое внимание в рамках технологической модернизации АПК следует уделять СТ, обеспечивающей выполнение значительного объёма работ в поле. Ее эффективное использование, напрямую влияет на своевременность выполнения операций, снижение потерь продукции и оптимизацию эксплуатационных затрат предприятия. Именно поэтому, всё большую актуальность приобретают системы ИИ, интегрированные в бортовое аппаратно-программное обеспечение СТ [2].

Практический интерес представляет опыт эксплуатации САУ Cognitive Agro Pilot (Рисунок 1) российской компании АО «Когнитив Пилот».

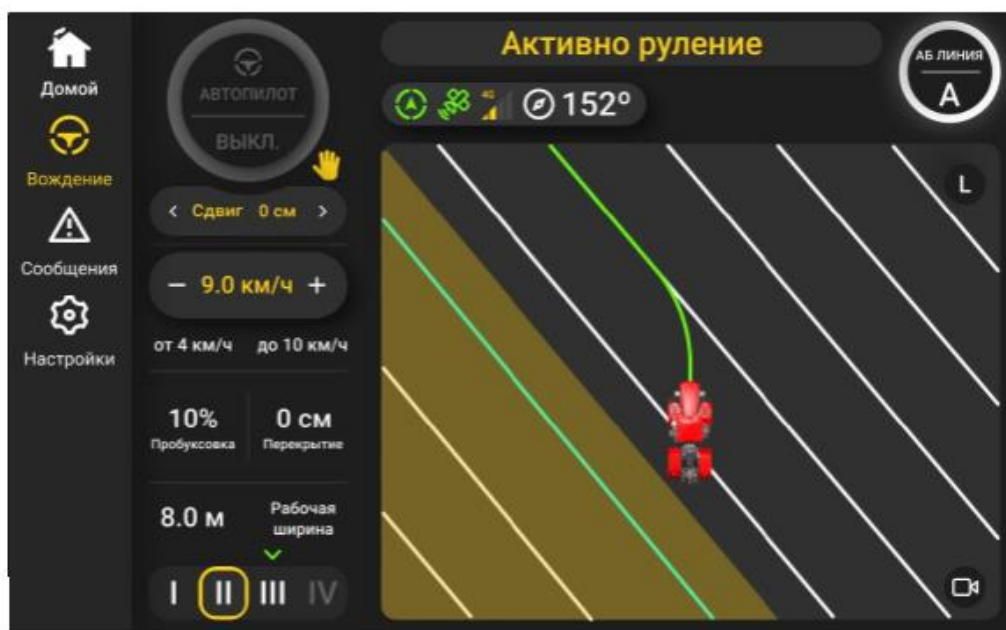


Рисунок 1. САУ Cognitive Agro Pilot
Figure 1. Cognitive Agro Pilot ACS

Данная технология успешно реализована в условиях более чем двадцати сельскохозяйственных предприятий, целого ряда регионов России, таких как: Тамбовская, Липецкая, Пензенская, Белгородская, Курганская, Ростовская, Томская область и др., а также в хозяйствах Китая, Бразилии и США.

Автопилот представляет собой систему ИИ, внедряемого в тракторы, комбайны, и прочие машины, которая направлена на реализацию процесса автономного вождения по заданной траектории движения, что позволяет минимизировать человеческий фактор и повысить точность выполнения агротехнических операций [3].

Принцип работы автопилота основан на технологии автовождения по данным, полученным от глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС) и совмещенным с алгоритмами технического зрения. Это позволяет строить маршрут движения (запись АБ-линий и движение по параллельным линиям), автоматически управлять машиной в процессе движения по построенному маршруту (контроль скорости движения, остановка, начало движения, руление, разворот), определять угрозы столкновения с препятствиями на пути движения (транспорт, столбы, человек) [4].

Установка САУ Cognitive Agro Pilot подразумевает использование целого ряда компонентов (Рисунок 2) комплексно взаимодействующих между собой.

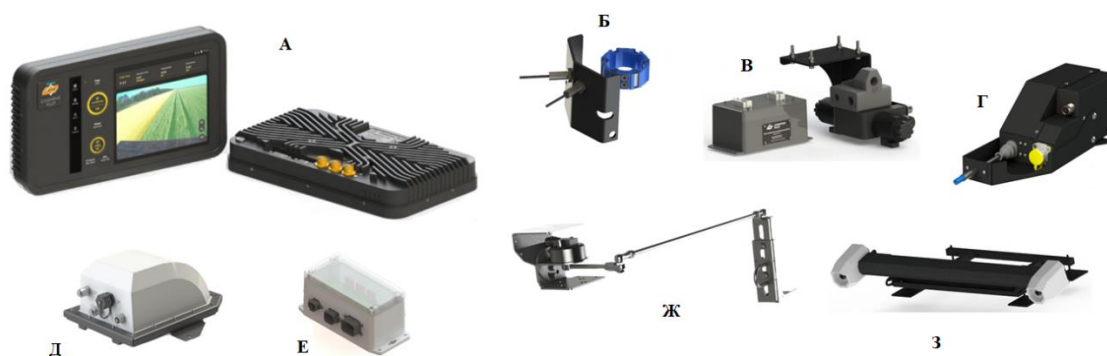


Рисунок 2. Компоненты САУ Cognitive Agro Pilot: А – блок управления G2NP, Б – датчик поворота рулевого колеса ДПРК-02, В – блок гидравлический БГ-01 и блок управления гидроблоком БУГ 01, Г – блок актуатора БА-01, Д – модуль навигации VF, Е – коммутатор CG2, Ж– датчик угла поворота колёс ДУПК-02, З – модуль стереозрения МС

Figure 2. Components of the Cognitive Agro Pilot ACS: А – G2NP control unit, В – steering wheel rotation sensor DPRK-02, С – hydraulic unit BG-01 and hydraulic unit control unit BUG 01, D – actuator unit BA-01, E – navigation module VF, F – CG2 switch, G – wheel angle sensor DUPK-02, H – module

Блок управления G2NP – представляет собой тип электронного устройства, а именно, графический интерфейс с сенсорным управлением – планшет. В его архитектуру встроено программное обеспечение (ПО) TractorDroid с определённой степенью автономности L2 или L3, которое отвечает за работу системы. При помощи данного ПО, происходит информирование оператора о работе системы, через дисплей задаются все необходимые параметры и режимы работы, а также отображается вся информация;

Модуль навигации VF – антенна, которая отвечает за процессы приёма и передачи телеметрических и инерциальных данных, координат со спутника, а также отладочной информации на серверы базовых станций;

Датчик угла поворота колёс ДУПК-02 – служит для определения угла поворота колёс за счёт считывания измерений выходного напряжения, которое пропорционально углу поворота колёс и переводит полученные значения в блок управления G2NP;

Датчик поворота рулевого колеса ДПРК-02 – фактически определяет изменение положения рулевого колеса, для отключения функции автономного вождения;

Блок гидравлический БГ-01 и блок управления гидроблоком БУГ-01 – БУГ-01 за счёт приёма информации о командах подруливания с блока управления G2NP, осуществляет управление поворотом колёс за счёт гидравлического блока БГ-01. Подключение осуществляется к штатному насосу-дозатору таким образом, что не влияет на ручное управление трактором или комбайном;

Модуль стереозрения МС – представляет собой две цветные видеокамеры, которые отвечают за функцию езды по машинному зрению. Работа осуществляется на основе считывания камерами с поля необработанных кромок, валков, рядов, а также видимых препятствий;

Коммутатор CG2 – создаёт общую локальную сеть для объединения всех используемых устройств;

Блок актуатора БА-01 – посредством воздействия на ручку ГСТ, контролирует и управляет скоростью передвижения комбайна.

САУ Cognitive Agro Pilot способствует выполнению широкого ряда технологических операций (Рисунок 3) [5].



Рисунок 3. Технологические операции, выполняемые с применением Cognitive Agro Pilot
Figure 3. Technological operations performed using Cognitive Agro Pilot

Использование данной САУ интегрированной в конструкцию СТ, позволяет добиться как ряда преимуществ, так и ряда недостатков. Из преимуществ можно выделить следующие аспекты:

1. точность работы – высокая точность передвижения (2-5 см), возможность работы без необходимости в RTK–сигнале;
2. эксплуатация – снижение нагрузки на механизатора, повышенный комфорт работы, исключение утомляемости, соответственно снижение ошибок, связанных с человеческим фактором;
3. надёжность работы – стабильная работа в сложных условиях окружающей среды (туман, сумерки, пыль, ограниченная видимость);
4. эффективность – экономия ресурсов (семян, удобрений, ГСМ) и рост производительности за счёт повышения точности выполнения полевых операций.

Согласно опросам, проводимым среди механизаторов ООО «Агрофирмы ТРИО» Липецкой области, Долгоруковского района, которые эксплуатировали СТ с системой Cognitive Agro Pilot, был выявлен и ряд следующих недостатков:

1. сбой сетевых настроек при долгом простое машины или разрядке аккумуляторной батареи, было необходимо вновь настраивать параметры Ethernet, а именно заполнять данные с IP-адресом, Gateway-адресом, DNS-адресом, в последствии выполненных действий работа автопилота наладилась;
2. сбой калибровки датчика угла поворота колёс ДУПК-02, неверно считывались измерения выходного напряжения, которые пропорциональны углу поворота колёс, и полученные значения с ошибкой передавались в блок управления G2NP, в результате чего система вела себя некорректно, наблюдалось отклонение от заданной траектории движения;
3. сбой в работе модуля навигации VF и блока управления G2NP, проблема скрывалась в отсутствии питания разъёмов кабеля планшета и антенны, связанных между собой;
4. отсутствие возможности выбора способа навигации по типу John Deere AutoTrac™, когда можно задать прямой маршрут не только способом по точкам А и Б, но и способом типа широта/долгота прямой, адаптивная кривая, поездка по кругу, широта/долгота круга, а также создание линии ведения по разметке заданного границами поля.

Анализ практического опыта эксплуатации САУ Cognitive Agro Pilot позволяет выявить существующие недостатки и наладить работу по оптимизации для дальнейшего совершенствования. Пользовательский опыт служит основой для программных и аппаратных улучшений, что подтверждает важность практической эксплуатации и диалога между производителем и потребителем.

На современном этапе автоматизация технологических процессов в сельском хозяйстве, по праву рассматривается как одно из приоритетных направлений перспективного развития отрасли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пономарева, А.А. Инновационное развитие агропромышленного комплекса: цифровизация, автоматизация и роботизация агропромышленного комплекса / А.А. Пономарева, Д.А. Потанина // В сборнике: Проблемы и перспективы развития АПК региона. Материалы Межвузовской студенческой научно-практической конференции. – Пермь. – 2025. – С. 80-85.
2. Мишуков, С.В. Особенности автоматизации и роботизации технологических процессов в сельском хозяйстве / С.В. Мишуков, Н.А. Ставицкая, Д.И. Шаповалов // В сборнике: Мировые естественно-научные исследования современности. технический прогресс. Материалы VIII международной научно-практической конференции. Автономная некоммерческая организация «Национальный исследовательский институт дополнительного профессионального образования» (АНО «НИИ ДПО»). – Ростов-на-Дону. – 2023. – С. 198-202.
3. Сам и сеет, сам и пашет. Производители агротехники тестируют первые образцы беспилотных сельхозмашин. – URL: <https://www.agroinvestor.ru/technologies/article/34503-sam-i-seet-sam-i-pashet-proizvoditeli-agrotekhniki-testiruyut-pervye-obraztsy-bespilotnykh-selkhozma/> (дата обращения 01.04.2026). – Текст: электронный.
4. Чикрин, Д.Е. Разработка высокоточной спутниковой локально-инерциальной системы навигации для беспилотного управления транспортными средствами / Д.Е. Чикрин, П.А. Савинков, П.А. Кокунин, Р.И. Шагиев // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2020. – Т. 63. № 12. – С. 1094-1102. DOI: 10.17586/0021-3454-2020-63-12-1094-1102
5. Cognitive Agro Pilot. Система автономного управления сельскохозяйственной техникой. – URL: cognitivepilot.com (дата обращения 31.03.2026). – Текст: электронный.

REFERENCES

1. Ponomareva, A.A. Innovative Development of the Agro-Industrial Complex: Digitalization, Automation, and Robotization of the Agro-Industrial Complex / A.A. Ponomareva, D.A. Potanina // In the collection: Problems and Prospects of the Region's Agro-Industrial Complex Development. Materials of the Interuniversity Student Scientific and Practical Conference. – Perm. – 2025. – Pp. 80-85.
2. Mishukov, S.V. Features of automation and robotization of technological processes in agriculture / S.V. Mishukov, N.A. Stavitskaya, D.I. Shapovalov // In the collection: World natural science research of the present. technical progress. Materials of the VIII international scientific and practical conference. Autonomous non-profit organization "National Research Institute of Additional Professional Education" (ANO "NII DPO"). – Rostov-on-Don. – 2023. – Pp. 198-202.
3. He sows and plows himself. Agricultural machinery manufacturers are testing the first prototypes of unmanned agricultural machinery. – URL: <https://www.agroinvestor.ru/technologies/article/34503-sam-i-seet-sam-i-pashet-proizvoditeli-agrotekhniki-testiruyut-pervye-obraztsy-bespilotnykh-selkhozma/> (accessed on 01.04.2026). – Text: electronic.
4. Chikrin, D.E. Development of a High-Precision Satellite Local-Inertial Navigation System for Unmanned Vehicle Control / D.E. Chikrin, P.A. Savinkov, P.A. Kokunin, and R.I. Shagiev // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedeniy. Priborostroenie. – 2020. – Vol. 63. No. 12. – Pp. 1094-1102. DOI: 10.17586/0021-3454-2020-63-12-1094-1102
5. Cognitive Agro Pilot. Autonomous control system for agricultural machinery. – URL: cognitivepilot.com (accessed on 31.03.2026). – Text: electronic.

ИННОВАЦИОННЫЕ РАЗРАБОТКИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ВИДЕОРЕГИСТРАТОРОВ И ОХРАННЫХ КОМПЛЕКСОВ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНОВ ВНУТРЕННИХ ДЕЛ

В.В. Глазкова¹, Е.А. Сагитова², А.С. Лукьянов³

¹ Воронежский институт МВД России,
г. Воронеж, Россия, mail-glazkovavitalina@yandex.ru

² Воронежский институт МВД России,
г. Воронеж, Россия, e.alexandrovna@bk.ru

³ Воронежский институт МВД России,
г. Воронеж, Россия, las92@yandex.ru

Аннотация. анализ современных тенденций потенциальных возможностей развития технологий автомобильных видеорегистраторов и интегрированных охранных комплексов применения в служебной деятельности органов внутренних дел с целью повышения эффективности патрулирования, документирования правонарушений, обеспечения безопасности сотрудников и служебного транспорта, а также сбора доказательственной информации.

Ключевые слова. автомобильный видеорегистратор, охранный комплекс, ОВД, видеофиксация, безопасность дорожного движения, доказательства.

INNOVATIVE DEVELOPMENTS OF CAR VIDEO RECORDER AND SECURITY COMPLEXES AND THEIR APPLICATION IN THE ACTIVITIES OF INTERNAL AFFAIRS BODIES

V.V. Glazkova¹, E.A. Sagitova², A.S. Lukyanov³

¹ Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia
Voronezh, Russia, mail-glazkovavitalina@yandex.ru

² Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia,
Voronezh, Russia, e.alexandrovna@bk.ru

³ Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia,
Voronezh, Russia, las92@yandex.ru

Abstract. The article discusses current trends in the development of technologies for car DVRs and integrated security systems. It explores the potential applications of these devices in the operational activities of law enforcement agencies to enhance the efficiency of patrols, document violations, ensure the safety of officers and official vehicles, and collect evidence.

Keywords. car DVR, security system, police department, video recording, road safety, evidence.

Современные задачи, стоящие перед органами внутренних дел (ОВД), требуют внедрения высокотехнологичных средств, повышающих оперативность, объективность и результативность работы. Автомобильный видеорегистратор (АВР) эволюционировал из простого устройства записи в сложный multifunctional бортовой комплекс. В сочетании с охранными системами он образует мощный инструмент, применимый не только в частном, но и в служебном секторе, в том числе в полицейских патрульных автомобилях и служебном транспорте ОВД.

Современные инновационные разработки в данной области можно классифицировать по нескольким направлениям:

1. Расширение функционала видеофиксации:

Панорамные системы (360°): использование нескольких камер с программным сшиванием изображения обеспечивает обзор всей окружающей обстановки, что критически важно для объективного анализа конфликтных ситуаций, ДТП или массовых мероприятий.

Высокое разрешение и ночное видение: камеры с разрешением 4K и выше, а также с ИК-подсветкой и улучшенными сенсорами (Starlight, Sony Starvis) позволяют четко идентифицировать номера, лица и детали при любой освещенности.

Искусственный интеллект (ИИ) и компьютерное зрение: встроенные нейросетевые алгоритмы способны в реальном времени распознавать: лица (включая розыскных лиц), государственные регистрационные знаки (ГРЗ) с автоматической сверкой с базами данных, типы транспортных средств, факты оставления места ДТП, агрессивное вождение, опасные предметы [1].

2. Интеграция с охранными и телематическими системами:

Комплексная безопасность автомобиля: устройства совмещают функции регистратора с датчиками удара (G-сенсор), наклона, движения в салоне и вокруг автомобиля. При срабатывании датчиков система отправляет уведомление на мобильное устройство сотрудника и в службу безопасности, а также сохраняет запись в защищенный от перезаписи архив.

ГЛОНАСС/GPS-мониторинг: точное определение местоположения, маршрута, скорости в привязке к видео. Важно для контроля за соблюдением маршрутов патрулирования, расследования инцидентов и экстренного реагирования.

Удаленный доступ и онлайн-трансляция: возможность в реальном времени просматривать изображение с камер служебного автомобиля на планшете оперативного дежурного или в ситуационном центре. Позволяет координировать действия нарядов и оценивать обстановку «глазами» патрульного.

Защита данных: использование криптографических методов для шифрования видеоархивов, цифровых подписей для обеспечения целостности и неизменности записи как доказательства, защищенных карт памяти.

Внедрение инновационных АВР и охранных комплексов в деятельности ОВД позволяет решить ряд ключевых задач:

1. Повышение эффективности патрульно-постовой службы (ППС) и ДПС:

Автоматическое выявление: система с ИИ, установленная в патрульном автомобиле, может сканировать встречный и попутный поток, автоматически проверяя ГРЗ по федеральным базам розыска, что увеличивает вероятность обнаружения угнанных или причастных к преступлениям автомобилей.

Фиксация административных правонарушений: возможность автоматической или полуавтоматической фиксации нарушений ПДД (проезд на красный, нарушение разметки) с формированием «видеопакета» для дальнейшего оформления, представленного на рисунке 1.

Документирование действий сотрудника: запись всех этапов общения с водителем защищает как права граждан (от неправомерных действий), так и сотрудников (от ложных обвинений).

2. Сбор и использование доказательственной информации:

Видеозаписи, дополненные телематическими метаданными (координаты, время, скорость), обладают высокой доказательственной силой в суде при расследовании ДТП, дорожно-транспортных преступлений, нападений на сотрудников.

Цифровая целостность записи, обеспеченная аппаратно-программными средствами, исключает возможности оспаривания на основании ее модификации.

3. Обеспечение безопасности служебного транспорта и сотрудников:

Круглосуточный режим охраны автомобиля на стоянке предотвращает хищение имущества, кражу самого автомобиля или несанкционированный доступ к нему.

Тревожная кнопка, интегрированная с системой, позволяет водителю скрыто активировать запись и передачу координат в ситуационный центр в случае нападения или чрезвычайной ситуации [2].

4. Оптимизация управления силами и средствами:

Онлайн-трансляция с нарядов ППС позволяет оперативному дежурному лучше оценивать обстановку на месте события (массовые беспорядки, ДТП, задержание) и принимать более взвешенные решения.



Рисунок 1 – Пример фиксации правонарушения

Figure 1 – An example of fixing an offense

Правовые и организационные аспекты внедрения способствуют широкому применению, но и накладывают ограничения:

Законодательство: необходимость строгого соблюдения Федерального закона № 152-ФЗ «О персональных данных» при обработке биометрических данных (лиц), а также регламентов использования видеофиксации;

Регламентация: требуется разработка ведомственных инструкций и приказов, четко определяющих порядок использования, хранения, передачи и уничтожения видеоданных, полученных с бортовых систем;

Интеграция: ключевой вопрос – совместимость технических средств с существующими аппаратно-программными комплексами ОВД (например, «Безопасный город», навигационно-информационные системы) для создания единого информационного контура [3].

Таким образом, инновационные автомобильные видеорегистраторы и охранные комплексы перестали быть инструментами рядовых автовладельцев. Сегодня это высокотехнологичные системы, обладающие значительным потенциалом для повышения эффективности деятельности ОВД. Их внедрение в патрульные и служебные автомобили позволяют перейти от реактивной к проактивной и предикативной модели работы, усилить доказательственную базу, обеспечить безопасность сотрудников и оптимизировать управление ресурсами. Для реализации этого потенциала необходима скоординированная работа по совершенствованию нормативной базы, разработке стандартов и инвестированию в ИТ-инфраструктуру, способную обрабатывать и

анализировать большие потоки видеоданных в реальном времени. Дальнейшие исследования целесообразно направить на разработку специализированных программно-аппаратных комплексов, адаптированных под тактические нужды различных подразделений ОВД.

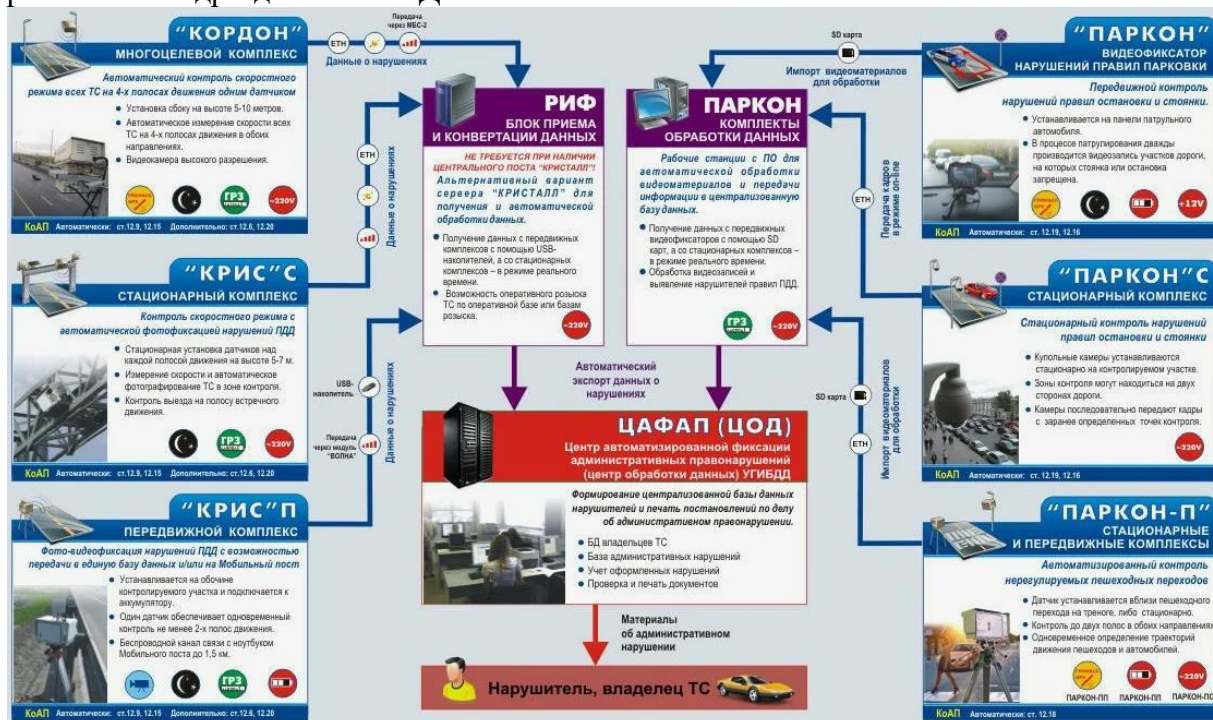


Рисунок 2 – Виды автоматических комплексов фото-видеофиксации нарушений ПДД

Figure 2 – Types of automatic photo and video recording systems for traffic violations

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барков Е. Н. Инновации и перспектива развития охранных комплексов / Е. Н. Барков, А. С. Ягупова // Охрана, безопасность, связь. – 2025. – № 10-3. – С. 98-101.
2. Иванников В.А. Оптимизация мониторинга автотранспортной инфраструктуры с использованием технологии централизованной обработки данных // В. А. Иванников, Е. В. Шаталов, В. А. Зеликов, Д. А. Жайворонок, В. Н. Бухтояров / Воронежский научно-технический Вестник – Воронеж. ВГЛУТУ : 2025. Т. 4. № 4 (54). 100-108 с.
3. Лемайкина С. В. Современные информационные технологии в профессиональной деятельности сотрудников органов внутренних дел : Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, – Ростов-на-Дону: Ростовский юридический институт МВД РФ, 2019. – 76 с.

REFERENCES

1. Barkov, E. N. Innovations and Prospects for the Development of Security Systems / E. N. Barkov, A. S. Yagupova // Protection, Security, and Communication. – 2025. – No. 10-3. – Pp. 98-101.
2. Ivannikov, V. A. Optimization of Transport Infrastructure Monitoring Using Centralized Data Processing Technology // V. A. Ivannikov, E. V. Shatalov, V. A. Zelikov, D. A. Zhayvoronok, and V. N. Bukhtoyarov / Voronezh Scientific and Technical Bulletin – Voronezh. VGLTU : 2025. V. 4. No. 4 (54). 100-108 p.
3. Lemaykina S. V. Modern Information Technologies in the Professional Activity of Employees of Internal Affairs Bodies : Collection of Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference, – Rostov-on-Don: Rostov Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation, 2019. – 76 p.

ОПТИМИЗАЦИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ТРАНСПОРТИРОВКИ ХЛОПКА В РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН В УСЛОВИЯХ ЭКСПОРТНО- ОРИЕНТИРОВАННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОТРАСЛИ

А.Л. Севостьянов¹, И.С. Калковнов¹

¹Орловский государственный аграрный университет имени Н. В. Парахина, sewostya@list.ru

Аннотация. Настоящая статья посвящена анализу и оптимизации логистических процессов транспортировки хлопка-сырца и продуктов его переработки в Республике Узбекистан в условиях перехода от экспорта сырья к глубокой переработке. На основе системного анализа статистических данных и сравнения видов транспорта выявлены узкие места в цепочках поставок. Обоснована необходимость развития мультимодальных перевозок (включая маршрут через Казахстан в Китай), внедрения «умной» логистики и совершенствования контрактных отношений между фермерами и переработчиками. Научная новизна заключается в комплексной увязке логистических аспектов с институциональными изменениями (кластеризация, запрет на экспорт волокна с 2020 г.) и геополитическими факторами. Предложенные рекомендации направлены на повышение конкурентоспособности отрасли через стабильность и прогнозируемость грузопотоков.

Ключевые слова: хлопковая логистика, мультимодальные перевозки, экспорт текстиля, цепочка поставок, транспортная инфраструктура.

OPTIMIZATION OF LOGISTIC PROCESSES FOR COTTON TRANSPORTATION IN THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN IN THE CONTEXT OF EXPORT- ORIENTED INDUSTRY TRANSFORMATION

Alexander Leonidovich Sevostyanov¹, Insar Sardorovich Kalkovnov¹,

¹N. V. Parakhin Orel State Agrarian University,
sewostya@list.ru

Abstract. This article analyzes and optimizes logistics processes for transporting raw cotton and its processed products in the Republic of Uzbekistan amid the shift from raw material exports to deep processing. Based on a systematic analysis of statistical data and a comparative assessment of transport modes, bottlenecks in supply chains are identified. The study substantiates the need to develop multimodal transportation (including the route through Kazakhstan to China), implement “smart” logistics, and improve contractual relations between farmers and processors. Scientific novelty lies in integrating logistics aspects with institutional reforms (clustering, the ban on fiber exports since 2020) and geopolitical factors. The proposed recommendations aim to enhance the industry’s competitiveness through stable and predictable freight flows.

Keywords: cotton logistics, Uzbekistan, multimodal transportation, textile export, supply chain, transport infrastructure.

Хлопок всегда был важен для экономики Узбекистана. В советское время республику называли «хлопковой житницей» - там собирали до 6 миллионов тонн сырца в год. Но после распада СССР и особенно в последние десять лет власти решили менять подход. Если в 2006 году вывоз хлопкового волокна давал 17% всего экспорта страны,

то с 2020 года вывозить необработанный хлопок запретили. Вместо этого стали создавать текстильные кластеры, которые сами перерабатывают сырьё [1].

Сейчас Узбекистан каждый год производит около 3,4 млн тонн хлопка-сырца. Из них получается примерно 1 - 1,1 млн тонн волокна. Интересно, что примерно 85% этого волокна перерабатывают внутри страны, хотя десять лет назад внутри перерабатывали только 40% [12]. Из-за этого задачи логистики сильно изменились. Раньше нужно было просто вывозить сырьё к портам. Теперь же приходится организовывать сложную систему: возить сырьё на сотни текстильных фабрик (их больше 6000), потом на склады, потом вывозить готовую продукцию за границу [1].

Узбекистан не имеет выхода к морю – более того, он окружён странами, у которых тоже нет выхода к морю. Это само по себе повышает расходы на перевозку. Всемирный банк ставит Узбекистан среди тех государств, у кого в регионе хуже всего с эффективностью логистики. На современном этапе в мире перестраиваются цепочки поставок, многие ищут альтернативы китайскому текстилю, но для этого нужна хорошая логистика. Современная логистика столкнулась с следующими проблемами: координация между участниками рынка не высокая, отсутствуют меры поддержки производителей хлопка, разрозненная транспортная инфраструктура [4, 7].

Цель статьи провести анализ каким образом сейчас перевозят хлопок, и предложить, как улучшить перевозки, учитывая мировой опыт и новые транспортные коридоры. Для этого мы решили перечислить существующие виды транспорта, разобрать новые маршруты (например, «Центрально-Азиатский экспресс»), посмотреть, как институциональная среда влияет на логистику, и предложить математическую модель для оптимального распределения грузов.

Мы подошли к вопросу системно. Теоретически опирались на работы по управлению цепями поставок (SCM) Кристофера, Коэна и на прикладные исследования по текстильной логистике в Узбекистане (Ян Х., Маджидов Ш.) [3,9,10], использовали официальную статистику Госкомстата Узбекистана за 2022–2025 годы, отчёты Международного консультативного комитета по хлопку (ICAC), Международной федерации производителей текстиля (ITMF), доклады Всемирного банка. Для проверки также смотрели публикации Министерства экономики и финансов Узбекистана и таможенную статистику стран, которые покупают узбекский текстиль.

Чтобы оценить существующие маршруты, мы сравнили разные виды транспорта по четырём критериям: стоимость, скорость, сохранность груза и влияние на экологию. Чтобы разобрать новые логистические решения (например, запуск прямого поезда Ташкент – Фучжоу), мы использовали кейс-метод — детально изучили операционные показатели этого маршрута [2, 8, 10].

Для того чтобы дать рекомендации, как лучше распределять грузы между переработчиками и портами, мы воспользовались методом линейного программирования. Целевая функция имеет вид:

$$\min Z = \sum_i \sum_j c_{ij} \times x_{ij}$$

где, c_{ij} - стоимость перевозки единицы продукции из пункта i в пункт j , x_{ij} - объем перевозок.

Ограничения:

$\sum_j x_{ij} \leq s_i$ (для всех i) - не превышение предложения;

$\sum_i x_{ij} \geq d_j$ (для всех j) - удовлетворение спроса;

$x_{ij} \geq 0$ — условие неотрицательности.

Эту модель мы взяли из работы Yап и др. [10] и немного доработали: в условиях Узбекистана имеет смысл добавить коэффициенты на таможенные задержки на границах и на сезонность сбора хлопка.

Анализ показал (табл. 1), что производственные мощности отрасли растут. К 2025 году число текстильных предприятий превысило 6000 — это в 6 раз больше, чем в 2016

году. Объём выпуска текстиля достиг 8 миллиардов долларов — рост в 4,2 раза за восемь лет.

Таблица 1 - Динамика экспорта текстильной продукции из Узбекистана (2022–2025 гг.)
Table 1 – Dynamics of Textile Products Export from Uzbekistan (2022–2025)

Показатель	2022	2023	2024	2025 (план)
Общий экспорт сельхозпродукции, млрд \$	1,63	1,78	2,18	2,50
Экспорт текстильной продукции, млрд \$	~2,5	~2,8	3,20	4,00
Доля текстиля в общем экспорте, %	н/д	н/д	10,6%	н/д

Составлено автором по данным: [5,6]

Главные покупатели - Россия, Турция, Китай и страны Евросоюза. При этом структура экспорта сильно изменилась: больше половины вывозимого – это уже не пряжа, а готовая одежда и трикотаж.

Мы подтвердили, что в хлопковой логистике Узбекистана применяют четыре вида транспорта, и у каждого своя роль.

Автомобильный - в основном на первом этапе: когда хлопок-сырец собирают с полей и везут на переработку в кластеры. Плюсы: гибкость, можно ездить там, где нет хороших дорог. Но на дальние расстояния грузовики проигрывают поездкам в цене.

Железнодорожный - основа для экспорта. В 2025 году запустили специальный контейнерный поезд «Центрально-Азиатский экспресс» по маршруту Ташкент - Фучжоу. В кейсе компании Xiamen ITG Group мы увидели: 50 контейнеров с узбекской пряжей доехали до провинции Фуцзянь за 12 дней. Это почти вдвое быстрее, чем по обычным маршрутам через океан. Получается, что можно эффективно доставлять грузы сухопутными маршрутами в ключевой промышленный район Китая.

Морской (через грузинские порты Потти и Батуми) по-прежнему важно для доставки в Европу и Турцию. Грузы идут через Каспий и Кавказ, но тут есть проблемы: порты работают на пределе, тарифы различаются.

Воздушный используют редко - только для дорогих образцов и срочных заказов небольших партий готовой одежды. Это совпадает с ростом экспорта готовых изделий.

Несмотря на позитивные изменения, в логистике сохраняются серьёзные барьеры. Мы проанализировали доклад Узбекского форума по правам человека и выяснили: нестабильность в отношениях между производителями и переработчиками напрямую создаёт логистические риски [4]. Например, в 2024 году были случаи, когда переработчики в одностороннем порядке меняли закупочные цены на сырец. Производители из-за этого не могли вовремя расплатиться со сборщиками, возникла нехватка рук, уборка затянулась, и весь логистический цикл сдвинулся. Это показывает, насколько тесно связана «институциональная среда» с реальной логистикой.

Кроме того, есть и чисто инфраструктурные проблемы: вагоны сильно изношены, не хватает рефрижераторов (хотя в планах до 2027 года увеличить мощности до 1,93 млн тонн), а на орошение тратится много энергии, что сказывается на себестоимости сырья.

Из полученных результатов можно сделать несколько выводов - и теоретических, и практических. Узбекистан избавляется от приставки «сырьевой» и переходит в текстильный центр Центральной Азии, и логистика теперь должна быть сложнее. Раньше было достаточно вывезти волокно навалом, а теперь нужно доставлять самую разную продукцию (пряжу, ткани, готовую одежду) «точно в срок» множеству покупателей по всему миру.

Если сравнить наши выводы с работами других авторов, то видно, что ключевые факторы успеха – цифровизация и смешанные перевозки. Запуск прямого поезда в Китай - отличный пример того, как политическая воля (в рамках инициативы «Пояс и путь») и коммерческая инициатива позволяют сократить время доставки вдвое.

Заключение

Транспортная система хлопкового комплекса Узбекистана сейчас активно модернизируется. Дальше её надо развивать по трём направлениям.

1. Строить мультимодальные хабы и логистические центры на границах, оснащать их современными складами и сортировочным оборудованием.

2. Внедрять цифровые платформы для отслеживания грузов в реальном времени и увязывать их с системами умного земледелия (Smart Logistics), как это заложено в национальный мастер-план.

3. Укреплять права фермеров, чтобы сбор урожая был предсказуемым, а значит, транспортные мощности загружались равномерно в течение года.

Если развивать дороги и налаживать экономические отношения, Узбекистан сможет достичь амбициозной цели – к 2027 году вывозить текстиля на 7 миллиардов долларов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Anadolu Ajansı. (2025, 17 сентября). Узбекистан стремится стать мировым игроком благодаря успехам в текстильной промышленности. URL: <https://www.aa.com.tr/ru> (дата обращения 23.03.2026).

2. ANTARA News. (2025, June 5). Central Asia Express (Tashkent–Fuzhou) Debuts with Xiamen ITG Group's Uzbek Yarn Shipment. URL: <https://en.antaranews.com/news/357933/central-asia-express-tashkent-fuzhou-debuts-with-xiamen-itg-groups-uzbek-yarn-shipment> (дата обращения 23.03.2026).

3. Christopher, M., & Towill, D. R. (2000). Supply chain migration from lean and functional to agile and customised. *Supply Chain Management**, 5(4), 206–213. <https://doi.org/10.1108/13598540010347334>.

4. Cotton Campaign. (2025, March 12). Uzbekistan: Increasing Farmers' Autonomy Critical To Address Forced Labor Risks And Attract Responsible Sourcing. URL: <https://www.cottoncampaign.org/news/uzbekistan-increasing-farmers-autonomy-critical-to-address-forced-labor-risks-and-attract-responsible-sourcing> (дата обращения 23.03.2026).

5. Ecotextile News. (2025, August 13). Uzbekistan textile sector under pressure amid falling cotton prices.

6. International Trade Administration. (2025). Uzbekistan - Agricultural Sectors. U.S. Department of Commerce.

7. Khankhadjaeva, N. R. (2020). Role of cotton fiber in knitting industry. In *Cotton Science and Processing Technology* (pp. 247–303). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-15-9169-3_11.

8. Korea Eximbank / EIPP. (2024). The Establishment of the Master Plan for National Smart Logistics for Uzbekistan. Project Report.

9. Wang, H., Memon, H., Shah, S. H. H., & Shakhrukh, M. (2019). Development of a quantitative model for the analysis of the functioning of integrated textile supply chains. *Mathematics*, 7(10), 929. <https://doi.org/10.3390/math7100929>.

10. Yan, X., Madjidov, S., Halepoto, H., & Chen, L. (2021). Optimisation in the Logistics and Management of Supply Chains in Production by Textile Enterprises. *Tekstilec*, 64(3), 197–205. <https://doi.org/10.14502/Tekstilec2021.64.197-205>.

11. 厦门市人民政府国有资产监督管理委员会. (2025, June 5). 国贸股份乌纱专列发车！首趟中亚班列（塔什干-福州）开行. URL: https://gzw.xm.gov.cn/gzxw/gzdt/202506/t20250605_2937429.htm (дата обращения 23.03.2026).

12. Taiwan Textile Monthly. (2025, November 10) 烏茲別克崛起為中亞新興紡織製造重鎮. URL: https://www.textilemonthly.com.tw/mod/news/index.php?REQUEST_ID=75d9f35204bd83598ebc3de0e835f5a58a119d4f317f8474b97bf6b1c7aab512&pn=26 (дата обращения 23.03.2026).

REFERENCES

1. Anadolu Ajansı. Uzbekistan aims to become a global player through success in the textile industry [Internet]. 2025 Sep 17 [cited 2026 Mar 23]. URL : <https://www.aa.com.tr/ru>.
2. ANTARA News. Central Asia Express (Tashkent–Fuzhou) debuts with Xiamen ITG Group's Uzbek yarn shipment [Internet]. 2025 Jun 5 [cited 2026 Mar 23]. URL: <https://en.antaranews.com/news/357933/central-asia-express-tashkent-fuzhou-debuts-with-xiamen-itg-groups-uzbek-yarn-shipment>.
3. Christopher M, Towill DR. Supply chain migration from lean and functional to agile and customised. *Supply Chain Management*. 2000;5(4):206–213. doi:10.1108/13598540010347334.
4. Cotton Campaign. Uzbekistan: Increasing farmers' autonomy critical to address forced labor risks and attract responsible sourcing [Internet]. 2025 Mar 12 [cited 2026 Mar 23]. URL: <https://www.cottoncampaign.org/news/uzbekistan-increasing-farmers-autonomy-critical-to-address-forced-labor-risks-and-attract-responsible-sourcing>.
5. Ecotextile News. Uzbekistan textile sector under pressure amid falling cotton prices. 2025 Aug 13.
6. International Trade Administration. Uzbekistan – Agricultural sectors. U.S. Department of Commerce; 2025.
7. Khankhadjaeva NR. Role of cotton fiber in knitting industry. In: *Cotton science and processing technology*. Singapore: Springer; 2020. p. 247–303. doi:10.1007/978-981-15-9169-3_11.
8. Korea Eximbank, EIPP. The establishment of the master plan for national smart logistics for Uzbekistan. Project report; 2024.
9. Wang H, Memon H, Shah SHH, Shakhrukh M. Development of a quantitative model for the analysis of the functioning of integrated textile supply chains. *Mathematics*. 2019;7(10):929. doi:10.3390/math7100929.
10. Yan X, Madjidov S, Halepoto H, Chen L. Optimisation in the logistics and management of supply chains in production by textile enterprises. *Tekstilec*. 2021;64(3):197–205. doi:10.14502/Tekstilec2021.64.197-205.
11. Xiamen Municipal State-owned Assets Supervision and Administration Commission. Guomao shares launch Uzbek yarn train! First Central Asia freight train (Tashkent–Fuzhou) departs [Internet]. 2025 Jun 5 [cited 2026 Mar 23]. URL: https://gzw.xm.gov.cn/gzxw/gzdt/202506/t20250605_2937429.htm.
12. Taiwan Textile Monthly. Uzbekistan rises as an emerging textile manufacturing hub in Central Asia [Internet]. 2025 Nov 10 [cited 2026 Mar 23]. URL: https://www.textilemonthly.com.tw/mod/news/index.php?REQUEST_ID=75d9f35204bd83598ebc3de0e835f5a58a119d4f317f8474b97bf6b1c7aab512&pn=26.

ФОРМИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

А.С. Семькина¹, Н.А. Загородний², В.А. Лежнева³, Л.В. Орлов⁴, Е.А. Цой⁵
^{1,2,3,4,5} Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова»,
Белгород, Россия
Автор, ответственный за переписку: Алла Сергеевна Семькина allasemykina1@gmail.com

Аннотация. В данной статье рассматриваются ключевые условия, влияющие на эффективное функционирование транспортно-логистических систем. Анализируются факторы, способствующие оптимизации логистических цепочек, включая современные информационные технологии и автоматизацию процессов. В заключение подчеркивается необходимость комплексного подхода к управлению транспортно-логистическими системами, применяющий имитационное моделирование, геоинформационные системы и алгоритмы оптимизации.

Ключевые слова: логистика, транспортно-логистическая система, транспортно-логистический комплекс, логистическая система, логистическая инфраструктура.

DEVELOPING EFFICIENT FUNCTIONING OF TRANSPORT AND LOGISTICS SYSTEMS

A.S. Semykina¹, N.A. Zagorodniy², V.A. Lezhneva³, L.V. Orlov⁴, E.A. Tsoy⁵
^{1,2,3,4,5} Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «V.G. Shukhov Belgorod
State Technological University», Belgorod, Russia
Corresponding author: Alla Sergeevna Semykina allasemykina1@gmail.com

Abstract. This article examines the key conditions influencing the effective functioning of transport and logistics systems. It analyzes factors that facilitate the optimization of supply chains, including modern information technology and process automation. The conclusion emphasizes the need for an integrated approach to managing transport and logistics systems, using simulation modeling, geographic information systems, and optimization algorithms.

Keywords: logistics, transport and logistics system, transport and logistics complex, logistics system, logistics infrastructure.

Транспортно-логистические системы (ТЛС) являются важной системой современной экономики. От их эффективности зависит скорость движения материальных потоков, уровень операционных затрат и, в конечном счете, конкурентоспособность предприятий и целых отраслей. Проектирование таких систем представляет собой сложную междисциплинарную задачу, находящуюся на стыке инженерного дела, менеджмента, информационных технологий и системного анализа [1,2].

В условиях глобализации, цифровизации и ужесточения требований к скорости доставки, традиционные подходы к организации перевозок уступают место методологиям, основанным на математическом моделировании, предиктивной аналитике и комплексной оптимизации всех звеньев логистической цепи.

Транспортно-логистическая система представляет собой совокупность взаимосвязанных элементов, объединенных единой целью — доставка грузов из точки отправления в точку назначения с заданными параметрами по времени, стоимости и сохранности [3].

Ключевое отличие логистического подхода от традиционного транспортного заключается в интеграции: в рамках ТЛС рассматриваются не изолированные перевозки, а сквозной материальный поток, охватывающий складирование, грузопереработку, управление запасами и информационное сопровождение. В структуре любой транспортно-логистической системы можно выделить несколько базовых компонентов:

✓ Инфраструктурный блок включает транспортные сети (автомобильные дороги, железнодорожные пути, 2 подъездные пути), складские комплексы, терминалы, погрузочно-разгрузочные площадки и объекты сервисного обслуживания;

✓ Материально-технический блок объединяет подвижной состав различных видов транспорта, погрузочную технику, контейнерное оборудование и средства механизации;

✓ Управленческий блок охватывает системы планирования, диспетчеризации, контроля исполнения и информационно-коммуникационную инфраструктуру, обеспечивающую связь между всеми участниками процесса.

Важнейшим принципом проектирования ТЛС является системный подход. Это означает, что локальная оптимизация отдельных элементов (например, снижение стоимости перевозки на одном плече за счет увеличения времени ожидания на складе) недопустима, поскольку может ухудшить показатели системы в целом [4,5]. Проектировщик должен рассматривать совокупность потоков, ресурсов и ограничений, стремясь к глобальному оптимуму, где критерием эффективности выступают интегральные показатели — общая стоимость доставки, надежность соблюдения сроков, гибкость реагирования на изменения.

В результате анализа исходных данных и диагностики на I этапе проводится сбор и анализ всей доступной информации о материальных потоках:

- номенклатура и объемы грузов;
- география перевозок;
- режимы отправления и прибытия;
- существующая инфраструктура;
- парк техники;
- сложившиеся маршруты.

Ключевым инструментом здесь выступает ABC-XYZ-анализ, позволяющий классифицировать грузопотоки по их значимости и стабильности. На этом же этапе выявляются узкие места:

1. проблемные участки дорог;
2. неэффективные складские операции;
3. простои транспорта в ожидании погрузки;
4. избыточные запасы.

II. Следующий этап — прогнозирование развития потоков на горизонте планирования. Современные методы включают экстраполяцию временных рядов, регрессионный анализ, имитационное моделирование. Создается цифровая модель логистической системы, которая позволяет проводить вычислительные эксперименты без рисков для реального производства. Имитационное моделирование (дискретно-событийное или агентное) особенно эффективно при проектировании сложных систем с высокой степенью неопределенности, где аналитические методы дают слишком грубые оценки.

III. Выбор конфигурации и оптимизация. На этом этапе принимаются ключевые проектные решения. Определяется конфигурация логистической сети: количество и расположение складов и терминалов, зоны их обслуживания, каналы распределения. Проводится оптимизация транспортной составляющей: выбор видов транспорта, определение оптимального парка техники, маршрутизация перевозок [6]. Классическими задачами здесь являются задача коммивояжера (построение оптимальных маршрутов), задача о назначениях (закрепление подвижного состава за маршрутами), задача управления запасами (определение страховых и текущих запасов). Для их решения используются методы линейного и целочисленного программирования, эвристические алгоритмы (генетические, муравьиные), а также современные программные комплексы класса SCM (Supply Chain Management).

IV. Разработка регламентов и информационной системы. Любая спроектированная система нуждается в организационном оформлении. Разрабатываются регламенты взаимодействия между участниками: порядок приема и передачи грузов, документооборот, процедуры в нестандартных ситуациях. Параллельно проектируется информационная система класса TMS (Transportation Management System), которая обеспечивает автоматизацию планирования, диспетчеризации, отслеживания и анализа исполнения. Современные TMS интегрируются с системами ERP предприятия, складскими системами WMS и внешними сервисами мониторинга.

V. Методы и инструменты оптимизации. Проектирование эффективных транспортно-логистических систем невозможно без применения арсенала математических методов и цифровых инструментов.

VI. Математическое программирование. Задачи выбора местоположения складов, распределения потоков, формирования маршрутов формализуются в виде оптимизационных моделей.

Линейное программирование применяется для задач с линейными целевыми функциями и ограничениями (транспортная задача, задача о потоке в сети).

Целочисленное программирование необходимо, когда переменные принимают дискретные значения (например, количество единиц техники).

В последние годы активно развиваются методы стохастического программирования, учитывающие неопределенность спроса и сроков доставки.

VII. Имитационное моделирование. Для систем, где аналитическая оптимизация затруднена из-за сложности, нелинейности или наличия обратных связей, применяется имитационное моделирование. Создается цифровой двойник логистической системы, в котором задаются параметры потоков, ресурсов, регламентов. Модель позволяет оценить пропускную способность узлов, выявить заторы, проверить устойчивость системы к пиковым нагрузкам или сбоям.

Современные платформы (AnyLogic, FlexSim, Simio) позволяют комбинировать дискретно событийный, агентный и системно-динамический подходы [7].

В горнодобывающей промышленности ключевой особенностью является циклический характер потоков, работа в условиях ограниченной инфраструктуры, необходимость синхронизации транспорта с горными работами. Проектирование здесь акцентируется на выборе типа и количества карьерных самосвалов, организации погрузочных пунктов, оптимизации трасс движения на уступах, планировании ремонтных зон [8].

С развитием автономной техники на первый план выходит проектирование систем диспетчеризации и связи, способных обеспечить управление сотнями единиц техники в реальном времени.

В городской логистике ключевыми факторами являются ограничения по времени въезда, экологические требования, необходимость разгрузки в стесненных условиях.

Проектирование включает выбор оптимальных мест для городских терминалов, использование малотоннажного транспорта, синхронизацию доставок с графиками работы получателей [9].

Весомую роль играют микромобильность и автоматизированные системы доставки [10]. В складской логистике акцент смещается на проектирование внутренних транспортно-перемещающих систем - решаются задачи выбора типа стеллажного оборудования, определения оптимального парка погрузчиков и роботов, проектирования маршрутов перемещения грузов внутри склада.

Современные склады проектируются как автоматизированные или роботизированные комплексы, где транспортные процессы полностью интегрированы с системами управления запасами.

Вывод:

Проектирование транспортно-логистических систем и процессов представляет собой сложную многокритериальную задачу, требующую глубокого понимания как математических методов оптимизации, так и отраслевой специфики.

Успешный проект — это не просто набор технических решений, а сбалансированная система, обеспечивающая требуемый уровень сервиса при минимальных совокупных затратах.

Современная методология проектирования базируется на цифровом моделировании, позволяющем проводить виртуальную обкатку решений до их физической реализации. Применение имитационного моделирования, геоинформационных систем и алгоритмов оптимизации стало стандартом отрасли. В то же время, развитие технологий — автономного транспорта, интернета вещей, искусственного интеллекта — постоянно расширяет границы возможного, требуя от проектировщиков постоянного обновления инструментария и подходов.

Будущее транспортно-логистических систем связано с дальнейшей интеграцией, автоматизацией и интеллектуализацией. Уже сегодня проектируются системы, в которых планирование осуществляется в реальном времени с использованием предиктивной аналитики, транспортные средства взаимодействуют друг с другом без участия человека, а цифровизация позволяет оптимизировать каждый этап движения материального потока. В этих условиях ключевым фактором успеха становится не просто владение отдельными методами, а способность проектировать системы как единое целое, где технологические, организационные и информационные компоненты работают в гармонии для достижения стратегических целей бизнеса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Петрук, М. В. Развитие городского общественного транспорта / М. В. Петрук, В. В. Гармашов, М. Артыков // Сборник докладов Международной научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова: Сборник докладов конференции, Белгород, 29–30 мая 2025 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2025. – С. 190-195.

2 Семькина, А.С. Использование цифровых и информационных технологий для повышения эффективности деятельности автосервисных предприятий / А.С. Семькина, Н.А. Загородний, А.А. Конев, Н.А. Щетинин // Мир транспорта и технологических машин. 2023. № 1-2 (80). С. 89-97.

3 Пенязь, И. М. Логистика транспортных систем новости логистики и рынка транспортно-логистических услуг в России и за рубежом / И. М. Пенязь // Интегрированная логистика. – 2015. – № 5. – С. 2-3.

4 Морейская, С. Б. Эволюция логистики и подходы к сущности понятия логистики как экономической и управленческой деятельности / С. Б. Морейская // Вестник Воронежского института экономики и социального управления. – 2017. – № 1. – С. 45-49.

5 Беть, Е. Д. Логистика. Связь логистики и развития технологий / Е. Д. Беть, А. Р. Немерюк, М. В. Захаревич // Научное сообщество студентов. Междисциплинарные исследования: сборник статей по материалам СXXXI студенческой международной научно-практической конференции, Новосибирск, 16 декабря 2021 года. Том 24 (131). – Новосибирск: Общество с ограниченной ответственностью "Сибирская академическая книга", 2021. – С. 37-41.

6 Условия функционирования и развития транспортно-логистического комплекса / А. С. Семыкина, Л. В. Орлов, Е. А. Цой, В. А. Лежнева // Актуальные вопросы автомобильного транспорта и наземных технологических систем (АВАТ-2025) : Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции, Барнаул, 25 декабря 2025 года. – Барнаул: Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, 2026. – С. 104-107.

7 Семыкина, А. С. Условия функционирования транспортно-логистических систем / А. С. Семыкина, Н. А. Загородний, Д. В. Петрова // Научные чтения (XXVI научные чтения) : Сборник докладов Международной научно-практической конференции, Белгород, 25 ноября 2025 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2025. – С. 629-633.

8 Семыкина, А.С. Проектирование транспортно-логистических систем и процессов / А.С. Семыкина, Н.А. Загородний, Л.В. Орлов // Научные чтения (XXVI научные чтения): сб. докладов междунар. науч.-практ. конф.: Белгород: БГТУ, 2025. – 623-628 с.

9 Некрасова, М. В. Е-логистика - использование систем ERP, CRM, SRM, SCM в логистике / М. В. Некрасова // Аллея науки. – 2020. – Т. 1, № 10(49). – С. 9-12. – EDN CCOXVL.

10 Андреева, З. С. Логистика и умные города: как развитие инфраструктуры и технологий влияет на логистику в городах будущего / З. С. Андреева // Студенческий форум. – 2025. – № 39-1(348). – С. 46-49. – EDN TXIJGD.

REFERENCES

1 Petruk, M. V. Development of urban public transport / M. V. Petruk, V. V. Garmashov, M. Artykov // Collection of reports of the International scientific and technical conference of young scientists of BSTU named after V. G. Shukhov: Collection of conference reports, Belgorod, May 29-30, 2025. - Belgorod: Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov, 2025. - Pp. 190-195.

2 Semykina, A. S. Use of digital and information technologies to improve the efficiency of car service enterprises / A. S. Semykina, N. A. Zagorodniy, A. A. Konev, N. A. Shchetinin // The world of transport and technological machines. 2023. No. 1-2 (80). Pp. 89-97.

3 Peniaz, I. M. Logistics of transport systems: news on logistics and the market of transport and logistics services in Russia and abroad / I. M. Peniaz // Integrated logistics. - 2015. - No. 5. - P. 2-3.

4 Moreyskaya, S. B. Evolution of logistics and approaches to the essence of the concept of logistics as an economic and managerial activity / S. B. Moreyskaya // Bulletin of the Voronezh Institute of Economics and Social Management. - 2017. - No. 1. - P. 45-49.

5 Bet, E. D. Logistics. The relationship between logistics and technology development / E. D. Bet, A. R. Nemeryuk, M. V. Zakharevich // Scientific community of students. Interdisciplinary Research: A Collection of Articles Based on the Proceedings of the CXXXI Student International Scientific and Practical Conference, Novosibirsk, December 16, 2021. Vol. 24 (131). – Novosibirsk: Limited Liability Company "Siberian Academic Book", 2021. – Pp. 37-41.

6 Conditions for the Operation and Development of the Transport and Logistics Complex / A. S. Semykina, L. V. Orlov, E. A. Tsoi, V. A. Lezhneva // Current Issues in Automobile Transport and Ground-Based Technological Systems (AVAT-2025): A Collection of Articles from the All-Russian Scientific and Practical Conference, Barnaul, December 25, 2025. – Barnaul: Altai State Technical University named after I.I. Polzunov, 2026. – Pp. 104-107.

7 Semykina, A. S. Conditions of functioning of transport and logistics systems / A. S. Semykina, N. A. Zagorodniy, D. V. Petrova // High technologies and innovations (XXVI scientific readings): Collection of reports of the International scientific and practical conference, Belgorod, November 25, 2025. - Belgorod: Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov, 2025. - Pp. 629-633.

8 Semykina, A. S. Design of transport and logistics systems and processes / A. S. Semykina, N. A. Zagorodniy, L. V. Orlov // High technologies and innovations (XXVI scientific readings) : collection of reports of the international. scientific and practical conf.: Belgorod: BSTU, 2025. - 623-628 p.

9 Nekrasova, M. V. E-logistics - the use of ERP, CRM, SRM, SCM systems in logistics / M. V. Nekrasova // Alley of Science. - 2020. - Vol. 1, No. 10 (49). - Pp. 9-12. - EDN CCOXVL.

10 Andreeva, Z. S. Logistics and smart cities: how the development of infrastructure and technology affects logistics in the cities of the future / Z. S. Andreeva // Student Forum. - 2025. - No. 39-1 (348). - Pp. 46-49. - EDN TXIJGD.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МЕМБРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ГАЗОРАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ

К.Ю. Янкина¹, Д.Ю. Куксов¹

¹Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»,
г. Воронеж, Россия, YankinaKU@mail.ru

Аннотация. Рассмотрена перспектива использования полуволоконного мембранного материала в газоразделительных установках. Представлены упрощенные методы расчёта процессов, реализуемые на мембранных материалах. Доказано, что эффективное газоразделение определяется поиском оптимального баланса между высокой проницаемостью (производительностью) и высокой селективностью (степенью разделения) мембранных материалов.

Ключевые слова: газоразделение, полуволоконные мембранные материалы, селективность, проницаемость

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF MEMBRANE TECHNOLOGIES IN GAS SEPARATION PLANTS

K.Yu. Yankina¹, D.Yu. Kuksov¹

¹N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin Air Force Academy, Voronezh, Russia, YankinaKU@mail.ru

Abstract. The prospect of using hollow-fiber membrane material in gas separation plants is considered. Simplified methods for calculating processes implemented on membrane materials are presented. It is proved that effective gas separation is determined by finding the optimal balance between high permeability (performance) and high selectivity (degree of separation) of membrane materials.

Keywords: gas separation, half-fiber membrane materials, selectivity, permeability

Технологии газоразделения играют ключевую роль в современном промышленном производстве, обеспечивая эффективное извлечение и переработку различных газов. Эти процессы необходимы в различных областях транспорта: от двигательных установок на газомоторном топливе и систем жизнеобеспечения космических аппаратов до производства водорода для топливных элементов и извлечения азота из газовой смеси для создания рабочей среды в криогенных системах.

Традиционные методы газоразделения, зачастую энергоемкие и требуют громоздкого оборудования, постепенно уступают место более современным и перспективным решениям. Среди них особое место занимают мембранные технологии.

Технология мембранного газоразделения связана с разработкой аппаратов нового поколения – мембранных модулей (контакторов) [1]. Мембранные модули – аппараты, реализующие селективный массоперенос компонентов газовой смеси через полупроницаемую мембрану. Движущей силой этого процесса является градиент химического потенциала, что позволяет сочетать компактность и гибкость мембранной технологии с высокой эффективностью, сравнимой с абсорбционными и криогенными процессами. Наиболее перспективными для таких модулей на сегодняшний день

являются полуволоконные мембраны, поскольку они позволяют создать аппараты с наиболее развитой удельной поверхностью, что обеспечивает высокую компактность и эффективность разделения.

Таким образом, настоящая статья направлена на рассмотрения перспектив использования мембранных модулей на основе полуволоконных мембран для эффективного обогащения потока азотом из воздушной газовой смеси.

Согласно теоретическим данным [2], для высокоселективных мембран с высокими значениями коэффициентов проницаемости по целевому компоненту характерно лучшее извлечение газов из смеси. Также на эффективное газоразделение влияет температура и давление: повышение температуры и давления увеличивает проницаемость мембран по целевому компоненту. Теоретические данные согласуются с экспериментальными результатами, полученными на Уральском компрессорном заводе, согласно которым: для обогащения потока азотом с наибольшей концентрацией необходимо на входе в блок поддерживать температуру 55 °С и давление 1,3 МПа. Производительность такой установки равна 0,25 м³/мин (18,6 кг/ч).

После проведенного анализа теоретических данных для оптимального расчета обогащения потока азотом из воздушной газовой смеси рассмотрены мембранные материалы на основе полисульфона с нанесенным на него полиорганосилоксаном (ПСН+ПОС) и поливинилтриметилсилана (ПВТМС) для которых характерно: высокое значение фактора разделения ($\alpha = 5$), но низкое значение коэффициента проницаемости по целевому компоненту ($K_N = 0,04 \cdot 10^9$, м³/м²·с·Па) и, наоборот, низкое значение фактора разделения ($\alpha = 3,6$), но высокое значение коэффициента проницаемости по целевому компоненту ($K_N = 0,41 \cdot 10^9$, м³/м²·с·Па), соответственно. Давление в системе составляло 1,3 МПа. В таблице 1 представлены характеристики выбранных мембран.

Таблица 1 – Мембранный материал для газоразделения

Table 1 – Membrane material for gas separation

Материал мембраны	Фактор разделения, α	Коэффициент проницаемости по кислороду 10^9 , м ³ /м ² ·с·Па, K_O	Коэффициент проницаемости по азоту $\cdot 10^9$, м ³ /м ² ·с·Па, K_N
ПСН+ПОС	$\alpha = 5$	0,2	0,04
ПВТМС	$\alpha = 3,6$	1,476	0,41

Количество мембранных модулей определяется достижением нужной концентрацией по целевому продукту, в нашем случае до достижения азота технической чистоты (99,6%) [3]. Мембранные модуля последовательно связаны друг с другом, поэтому в дальнейших расчетах используем соотношение $x_f / x_r \approx 2$, позволяющее создавать на каждой стадии оптимальные условия разделения, определяемые селективностью компонентов бинарной смеси [2].

Примем в расчетах следующие допущения: воздух представляет собой бинарную смесь с массовым содержанием кислорода и азота 21,0 % и 79,0 %, соответственно; структура потоков в напорном канале описывается моделью идеального вытеснения, а в дренажном – идеального смешения; концентрация селективнопроницающего компонента в ретентате (поток 1) изменяется от x_f до x_r ; состав пермеата (поток 2) во всех точках дренажного канала постоянен и равен y ; коэффициенты проницаемости компонентов воздуха в течение процесса постоянны и не зависят от парциального давления; давление в напорном и дренажном каналах постоянно.

Для расчета расхода газовой смеси через мембранный материал воспользуемся выражениями [4]:

для кислорода

$$V_{pO} = K_O S \Delta P_O \quad (1)$$

для азота

$$V_{pN} = K_N S \Delta P_N \quad (2)$$

где V – расход потока для кислорода (V_{pO}) и азота (V_{pN}), м³/ч; K – коэффициент проницаемости чистых веществ, нм³/ (МПа·м²·ч); ΔP – разность парциальных давлений, МПа; S – площадь рабочей поверхности (перегородки), м².

Коэффициент проницаемости K показывает, сколько м³ чистого компонента пройдет через 1 м² мембраны за единицу времени при перепаде давлений ΔP .

После несложных преобразований, описанных в [2, 4], формулы для расчета процентного содержания (y) газов в смеси имеют следующий вид:

$$y_1 = \frac{1}{2} \left[-\frac{B}{A} + \sqrt{\left(\frac{B}{A}\right)^2 - 4\frac{C}{A}} \right]; \quad (3)$$

$$y_2 = \frac{1}{2} \left[-\frac{B}{A} - \sqrt{\left(\frac{B}{A}\right)^2 - 4\frac{C}{A}} \right], \quad (4)$$

где $A = \varphi(1-\alpha)$; $B = 1 + (\varphi + x)(\alpha - 1)$; $C = -\alpha x$

Результаты расчетов для каждой стадии на различных мембранных материалах представлены в таблицах 2, 3.

Таблица 2 – Результаты расчетов для мембранного материала на основе полисульфона с нанесенным на него полиорганосилоксаном (ПСН+ПОС).

Table 2 – Calculation results for a membrane material based on polysulfone with polyorganosiloxane (PSN+POS) applied.

Наименование	Модуль 1	Модуль 2	Модуль 3	Модуль 4	Модуль 5	Модуль 6
Расход, м ³ /ч						
Исходный поток	126	82,8	61,2	46,8	36	28,8
Ретентат (поток 1)	82,8	61,2	46,8	36	28,8	21,6
Пермеат (поток 2)	43,2	21,6	14,4	10,8	7,2	7,2
Концентрация кислорода						
Исходный поток	21,0 %	10,5 %	5,2 %	2,6 %	1,3 %	0,7 %
Ретентат (поток 1)	10,5 %	5,2 %	2,6 %	1,3 %	0,7 %	0,4 %
Пермеат (поток 2)	42,5 %	24,7 %	13,4 %	7,0 %	3,5 %	1,8 %
Концентрация азота						
Исходный поток	79,0 %	89,5 %	94,8 %	97,4 %	98,7 %	99,3 %
Ретентат (поток 1)	89,5 %	94,8 %	97,4 %	98,7 %	99,3 %	99,6 %
Пермеат (поток 2)	57,5 %	75,3 %	86,6 %	93,0 %	96,5 %	98,2 %

Таблица 3 – Результаты расчетов для мембранного материала на основе поливинилтриметилсилана (ПВТМС).

Table 3 – Calculation results for a membrane material based on polyvinyltrimethylsilane (PVTMS).

Наименование	Модуль 1	Модуль 2	Модуль 3	Модуль 4	Модуль 5	Модуль 6
Расход, м ³ /ч						
Исходный поток	126	72	46,8	32,4	21,6	14,4
Ретентат (поток 1)	72	46,8	32,4	21,6	14,4	10,8
Пермеат (поток 2)	54	25,2	14,4	10,8	7,2	3,6
Концентрация кислорода						
Исходный поток	21,0 %	10,5 %	5,2 %	2,6 %	1,3 %	0,7 %
Ретентат (поток 1)	10,5 %	5,2 %	2,6 %	1,3 %	0,7 %	0,4 %
Пермеат (поток 2)	35,8 %	20,1 %	10,7 %	5,5 %	2,8 %	1,4 %
Концентрация азота						
Исходный поток	79,0 %	89,5 %	94,8 %	97,4 %	98,7 %	99,3 %
Ретентат (поток 1)	89,5 %	94,8 %	97,4 %	98,7 %	99,3 %	99,6 %
Пермеат (поток 2)	64,2 %	79,9 %	89,3 %	94,5 %	97,2 %	98,6 %

Анализ зависимостей показывает, что для двух мембранных материалов на основе ПСН+ПОС и ПВТМС с факторами разделения 5 и 3,6, соответственно, максимальное обогащение потока азотом до технической чистоты достигается после 6 модуля. Таким образом, эффективное газоразделение определяется для данных материалов не фактором разделения мембран, а соотношением коэффициентов проницаемости кислорода и азота через мембранный материал, т.е. поиском оптимального баланса между высокой проницаемостью (производительностью) и высокой селективностью (степенью разделения) мембранных материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мембранные контакторы в процессах разделения газообразных и жидких веществ / Абдуллин И.Ш., Нефедьев Е.С., Ибрагимов Р.Г. и др. // Вестник технологического университета. – 2015. – Т.18. – №14. – С. 167-173.
2. Дытнерский Ю.И., Брыков В.П., Каграманов Г.Г. Мембранное разделение газов // – М.: Химия, 1991. – 344 с.
3. ГОСТ 9593-74 Азот газообразный и жидкий. Технические условия.
4. Бондаренко В.Л. Применение мембранных процессов в технологиях разделения газовых смесей на основе компонентов воздуха // Технические газы. – 2012 – № 2. – С.19–30.

REFERENCES

1. Membrane Contacts in the Separation of Gaseous and Liquid Substances / Abdullin I.Sh., Nefediev E.S., Ibragimov R.G., et al. // Bulletin of the Technological University. – 2015. – V.18. – No.14. – P. 167-173.
2. Dytnersky Yu.I., Brykov V.P., Kagramanov G.G. Membrane separation of gases // – M.: Chemistry, 1991. – 344 p.
3. GOST 9593-74 Gaseous and liquid nitrogen. Technical conditions.
4. Bondarenko V.L. Application of membrane processes in technologies for separation of gas mixtures based on air components // Technical gases. – 2012 – No. 2. – Pp. 19–30.

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ЛОГИСТИКИ И ГРУЗОПЕРЕВОЗОК

О.В. Сторожева¹, С.В. Дорохин¹,
А.А. Чепрасова², Р.В. Мороз¹

¹ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия

² Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко, Воронеж,
Россия

Автор, ответственный за переписку: Ольга Владимировна Сторожева, storogeva2001@gmail.com

Аннотация. В настоящей статье рассматриваются современные тенденции цифровых технологий в сфере транспортной логистики, как важнейший ключевой аспект современной экономики. Анализируются достоинства цифровизации и описаны основные направления их внедрения.

Ключевые слова: логистика, транспорт, экспедирование, перевозчик, управление цепями поставок, автоматизация, электронный документооборот (ЭДО), искусственный интеллект (ИИ).

DIGITALIZATION OF LOGISTICS AND FREIGHT TRANSPORTATION

¹O.V. Storozheva, ¹S.V. Dorokhin,
²A.A. Cheprasova, R.V. Moroz¹

¹ Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh,
Russia

²Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, Voronezh, Russia
Corresponding author: Olga Vladimirovna Storozheva, storogeva2001@gmail.com

Abstract. This article discusses the current trends in digital technologies in the field of transport logistics, as an important key aspect of the modern economy. The advantages of digitalization are analyzed and the main directions of their implementation are described.

Keywords: logistics, transport, freight forwarding, carrier, supply chain management, automation, electronic document management (EDM), artificial intelligence (AI).

В последние годы цифровая трансформация логистики приобрела статус основного направления развития в транспортном секторе. Цифровизация логистики представляет собой не просто автоматизацию единичных процессов, а формирование единой информационной платформы, где данные о грузах, транспорте, маршрутах и клиентах объединены в режиме реального времени [1]. Интеграция передовых информационных технологий меняет не только внутренние процессы компаний, но и фундаментальные основы рыночной структуры. Цифровизация приобретает статус определяющего фактора конкурентоспособности и улучшенного качества обслуживания клиентов, а также позволяет снижать издержки, прозрачность и скорость доставки от двери до двери. Помимо этого, появление такого рода информационных платформ способствуют минимизации воздействия человеческого фактора, что приведет к повышению достоверности прогноза и сокращению количества неточностей [2].

Ключевыми направлениями цифровизации в логистике и грузоперевозках являются: автоматизация и управление данными: где сегодняшние логистические компании находятся на пути технологической трансформации, активно вводя в работу

специализированные программные комплексы. Например, системы управления транспортом (TMS), оптимизирующие мониторинг и маршруты грузоперевозок или системы управления цепочек поставок (SCM), регулирующие все процессы от поставщика до потребителя, еще есть системы управления складом (WMS), гарантирующие эффективное хранение и обработку товаров [3]. Данные умные платформы способны значительно упрощать и ускорять такие процессы, как обработка документации, планирование логистики и отслеживание перемещений грузов. Также обработка больших данных и аналитических инструментов позволяет предвидеть рыночные тренды, в полной мере эффективно использовать подвижной состав и сокращать время простоя, что ведет к большей производительности.;

Интернет вещей (IoT) и телематика: современные системы отслеживания, оснащенные датчиками и GPS-трекерами, установленные в транспортные средства и контейнеры, способны непрерывно отслеживать в режиме реального времени. Подобные технологии позволяют контролировать ведущие параметры, характерные для перевозимых товаров, а именно геолокация, температурный режим, уровень влажности и так далее. Для сферы транспортной логистики, отгрузка скоропортящихся товаров, фармацевтической продукции и опасных материалов, для провоза которых требуется специализированное разрешение (ДОПОГ) [4]. Использование подобных решений является обязательным фактором. Распространение IoT-технологий повысят уровень безопасности перевозок и позволят оперативно реагировать на экстренные ситуации.

Электронный документооборот и блокчейн: переход от бумажных носителей на электронный документооборот (ЭДО) в АТИ сфере логистики имеет ряд преимуществ: ускорение процессов оформления перевозок, снижение риска ошибок из-за человеческого фактора и потери документации. Применение блокчейн-технологий способствует прозрачности и надежности данных о передвижении грузов [5]. Это особенно актуально в условиях международных перевозок и сложных логистических цепочек, где требуется максимально достоверная информация для оформления документов на провоз грузов. В России с 1 сентября 2026 года планируется обязательный переход на электронный документооборот в перевозках. Благодаря такому подходу в работе, участники транспортных процессов по доставке товаров, получают повышенное доверие друг другу, а также взаимодействие со специальными органами, контролирующими все процессы грузоперевозок, становится проще.

Искусственный интеллект и машинное обучение: применение искусственного интеллекта имеет большое значение в сфере логистики. AI-алгоритмы дают возможность анализировать колоссальные объемы информации, включая данные о трафике, сезонных изменениях и погодных условиях, которые служат для формирования более эффективного маршрута следования подвижного состава. А методы машинного обучения способствуют предсказыванию возможных задержек, идентифицировать проблемные участки в логистических цепочках и разрабатывать решения для их устранения.

Переход на полную цифровизацию логистических процессов, при всех ее явных преимуществах, требует очевидных затрат на их осуществление и обучение кадров, а в следствии поднимает вопросы кибербезопасности и конфиденциальности данных. Между тем, компании, которые не внедряют инновации, рискуют потерять позиции на рынке.

В перспективе нас ожидает расширенное использование беспилотных грузовых автомобилей, дронов и интегрирование логистических систем с умными городами. В 2023 году осуществлялся проект Минтранса в рамках программы "Беспилотные логистические коридоры", активно тестировались беспилотные грузовики [6]. На сегодняшний момент на трассах М-11, М-12 и на Центральной кольцевой автомобильной дороге (ЦКАД) успешно курсируют данные виды грузового транспорта.

В современных условиях конкурентоспособности и изменениях рынка перевозок, цифровизация в логистике перестала быть желательным новшеством, а стала необходимостью для компаний, работающих в данной сфере. Интеграция прогрессивных технологий, таких как искусственный интеллект, IoT и облачные сервисы, способствуют повышению эффективности рабочих процессов, сокращению текущих расходов и улучшению качества обслуживания клиентов.

В результате помощи в работе цифровых технологий, грузоперевозочные компании получают перспективы в виде мониторинга грузов в режиме реального времени, оптимизацию логистических цепочек, автоматизацию документооборота, минуя человеческий фактор. Благодаря такому подходу, происходит рост производительности, а также повышение прозрачности и безопасности на всех этапах перевозки.

Но в то же время, такие современные технологии требуют от участников рынка готовности к постоянным изменениям, инвестиций в развитие персонала и усовершенствование инфраструктуры. Компании, занимающиеся логистикой, которые успешно адаптируются под нововведения, смогут не только укрепить свои позиции, но и открыть новые горизонты для стратегического развития. В перспективе именно цифровизация станет основой для построения устойчивых, адаптивных и инновационных логистических систем будущего.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фролкин С.А. Влияние цифровизации на логистические затраты компаний / Фролкин С.А. // Вестник университета. - 2025. - № 2. - С. 154—166. - DOI 10.26425/1816-4277-2025-2-154-166.
2. Сторожева О.В. Интеллектуальная логистика: новые горизонты с искусственным интеллектом / Сторожева О.В., Дорохин С.В., Чепрасова А.А. // В сборнике: Современные системы и технологии на транспорте: проблемы и перспективы. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ВГЛУ им. Г.Ф. Морозова. Воронеж, 2025. - С. 80-83. - DOI: 10.58168/MSTT2025_80-83.
3. Попов С. В. Современные подходы к автоматизации погрузочно-разгрузочных работ / Попов С. В. // Вестник науки. - 2024. - № 8 (77), Том 2. - С. 31 – 45 - DOI: 10.24412/2712-8849-2024-877-31-46.
4. Колисник Ю.С. Расшифровка допog: определение, правила, особенности заполнения документов // Колисник Ю.С., Лесная Е.В.// E-Scio. - 2019. - № 11 (38). - С. 15-19. - EDN: FSJMUQ.
5. Ефимова О.В. Электронный документооборот как этап цифровизации транспортно-логистических бизнес-процессов в грузовых перевозках / Ефимова О.В., Сурудин Ю.Н. // Наука и бизнес: пути развития. - 2020. - № 12 (114). - С. 52-57. - EDN: SCLFDH.
6. Дрейбанд Д.В. Применение инновационных технологий при организации грузовых автомобильных перевозок / Дрейбанд Д.В., Горев М.С. // В сборнике: Транспорт. Горизонты развития. Труды 5-го Международного научно-промышленного форума. Нижний Новгород, 2025. - С. 186. - EDN: OXNDLY.

REFERENCES

1. Frolkin S.A. The impact of digitalization on companies' logistics costs / Frolkin S.A. // University Bulletin. - 2025. - No. 2. - Pp. 154-166. - DOI 10.26425/1816-4277-2025-2-154-166.
2. Storozheva O.V. Intelligent logistics: new horizons with artificial intelligence / Storozheva O.V., Dorokhin S.V., Cheprasova A.A. // In the collection: Modern Systems and Technologies in Transport: Problems and Prospects. Materials of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 95th Anniversary of the G.F. Morozov Voronezh State Forestry University. Voronezh, 2025. - P. 80-83. - DOI: 10.58168/MSTT2025_80-83.

3 Popov S. V. Modern Approaches to Automation of Loading and Unloading Operations / Popov S. V. // Bulletin of Science. - 2024. - No. 8 (77), Volume 2. - Pp. 31-45 - DOI: 10.24412/2712-8849-2024-877-31-46.

4 Kolisnyk Yu.S. Decoding of DOPOGs: Definition, Rules, and Features of Document Completion // Kolisnyk Yu.S., Lesnaya E.V.// E-Scio. - 2019. - No. 11 (38). - Pp. 15-19. - EDN: FSJMUQ.

5 Efimova O.V. Electronic document management as a stage of digitalization of transport and logistics business processes in cargo transportation / Efimova O.V., Surodin Yu.N. // Science and Business: Development Paths. - 2020. - No. 12 (114). - Pp. 52-57. - EDN: SCLFDH.

6 Дрейбанд Д.В. Применение инновационных технологий при организации грузовых автомобильных перевозок / Дрейбанд Д.В., Горев М.С. // В сборнике: Транспорт. Горизонты развития. Труды 5-го Международного научно-промышленного форума. Нижний Новгород, 2025. - С. 186. - EDN: OXNDLY.

РАЗРАБОТКА ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ МЕЖДУНАРОДНЫХ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ ТЕРМИНАЛОВ ТУРКМЕНИСТАНА ДЛЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК

Г.Х. Вейискулыева¹, А.В. Куликов²

¹ Волгоградский государственный технический университет,
г. Волгоград, Россия, veiiskulyeva@yandex.ru

² Волгоградский государственный технический университет,
г. Волгоград, Россия, v2xoda@yandex.ru

Автор ответственный за переписку: Алексей Викторович Куликов, v2xoda@yandex.ru

Аннотация. В работе исследованы характеристики международных транспортно-логистических терминалов Туркменистана всех видов транспорта. Разработана транспортная сеть на основе размещения транспортно-логистических терминалов, оснащенных пограничными переходами для обеспечения международных мультимодальных перевозок. Анализируется пример функционирования крупного транспортно-логистического терминала – порт Туркменбаши в формировании международных мультимодальных маршрутов перевозки грузов в Россию.

Ключевые слова: транспортная сеть, мультимодальные маршруты, мультимодальные перевозки, пограничные пропускные пункты Туркменистана, международные транспортно-логистические терминалы, порт Туркменбаши.

DEVELOPMENT OF TRANSPORT NETWORK OF INTERNATIONAL TRANSPORT AND LOGISTICS TERMINALS OF TURKMENISTAN FOR MULTIMODAL TRANSPORTATION

G.Kh. Veiiskulyeva¹, A.V. Kulikov²

¹ Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia, veiiskulyeva@yandex.ru

² Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia, v2xoda@yandex.ru

Corresponding author: Alexey Viktorovich Kulikov, v2xoda@yandex.ru

Abstract. The paper examines the characteristics of international transport and logistics terminals in Turkmenistan for all types of transport. It develops a transport network based on the location of transport and logistics terminals equipped with border crossings to ensure international multimodal transportation. The paper analyzes the functioning of a major transport and logistics terminal, the Turkmenbashi Port, in the formation of international multimodal cargo transportation routes to Russia.

Keywords: transport network, multimodal routes, multimodal transportation, Turkmenistan border checkpoints, international transport and logistics terminals, and the Turkmenbashi port.

Республика Туркменистан развивает инструментарий современной логистики, имеет в своем составе систему международных транспортных коридоров («Север-Юг» и «Восток-Запад») и логистических центров мультимодального типа, проводит политику открытого транспортно-логистического пространства и интеграции [1, 2]. В работах [3–7] рассматриваются пути решения вопросов построения национальных транспортно-логистических систем и влияния функционирования транспортно-логистической инфраструктуры на развивающиеся регионы Азии. В работах [8, 9] рассматриваются комплексная оценка итогов экономической политики Туркмении и потенциала развития

Российско-Туркменского сотрудничества. Раскрываются проблемы внешне экономического сотрудничества и основные направления дружеских отношений Ашхабада с Москвой. Организация международных мультимодальных перевозок позволит сформировать эффективную систему транспортного обслуживания производителей и потребителей, сочетать различные виды транспорта с целью использования преимуществ каждого вида и оптимизировать временные и финансовые затраты, а также выполнить ряд других первоочередных задач [10, 11, 12–14].

В работе для анализа характеристик функционирования транспортных систем используются методы системного подхода и системного анализа. Ниже представлены краткие характеристики изучаемых транспортных систем Туркменистана, позволяющие сформировать транспортную сеть международных транспортно-логистических терминалов для организации мультимодальных перевозок.

Система автомобильного транспорта включает дорожную сеть общей протяженностью более 14 тыс. км, и около 6,5 тысяч автомобилей различных моделей [15]. Железнодорожная сеть состоит из более 10 тыс. км (2025 г.). Логистический оператор железных дорог Туркменистана – государственная компания «Türkmen demirýollary» (Туркменские железные дороги). Воздушный транспорт Туркменистана включает восемь аэропортов, три из них являются международными с возможностью выполнения межконтинентальных перевозок грузов и пассажиров. По информации официальных источников на январь 2026 г., темп роста грузоперевозок всеми видами транспорта в Туркменистане достиг 101,4%, а пассажироперевозок – 103,4%. При этом отмечался рост объема услуг по линии Министерства железнодорожного транспорта (106,7%), Министерства автомобильного транспорта (120,9%), Государственной службы морского и речного транспорта (102,6%) [16, 17].

На рис. 1 представлена разработанная авторами современная транспортная сеть, включающая международные транспортно-логистические терминалы Туркменистана. На карте (см. рис. 1) представлен транспортный граф, вершинами которого являются транспортно-логистические терминалы с пограничными пропускными пунктами, а ребра представляют связи между вершинами проходящие по автомобильным дорогам. Автомобильный транспорт входит во все международные транспортно-логистические терминалы и позволяет организовывать мультимодальные перевозки с участием морского, железнодорожного и водного транспорта. Применение мультимодальных решений позволяет оптимизировать логистические процессы, уменьшить время доставки и сократить затраты на перевозку.

Предлагаем анализировать характеристики действующих погранично пропускных пунктов двух сопредельных государств в совокупности функционирования международных транспортно-логистических терминалов с учетом взаимодействий различных видов транспорта. Сравнительный анализ погранично пропускных пунктов в международных транспортно-логистических терминалах на границе Туркменистана и сопредельных государств должен включать характеристики как минимум 15 исследуемых параметров: полное название; географическое положение страны; статус; стратегическая роль; режим работы; состояние инфраструктуры; уровень загруженности; площадки отстоя транспортных средств; типичные очереди; ключевые города; основные грузы; накопительные и перераспределительные складские емкости; этапы таможенного оформления; дополнительные разрешения; преимущества; недостатки.

В республике Туркменистан с сопредельными государствами в настоящее время действует 23 международных транспортно-логистических терминала (см. рис. 1), в которых минимум по два погранично пропускных пункта. Развитие и применение новых технологий перемещения материальных потоков на основе мультимодальности

выдвигают необходимость разработки и внедрения единых требований, обеспечивающих «бесшовное» прохождение границ для мультимодальных грузов.

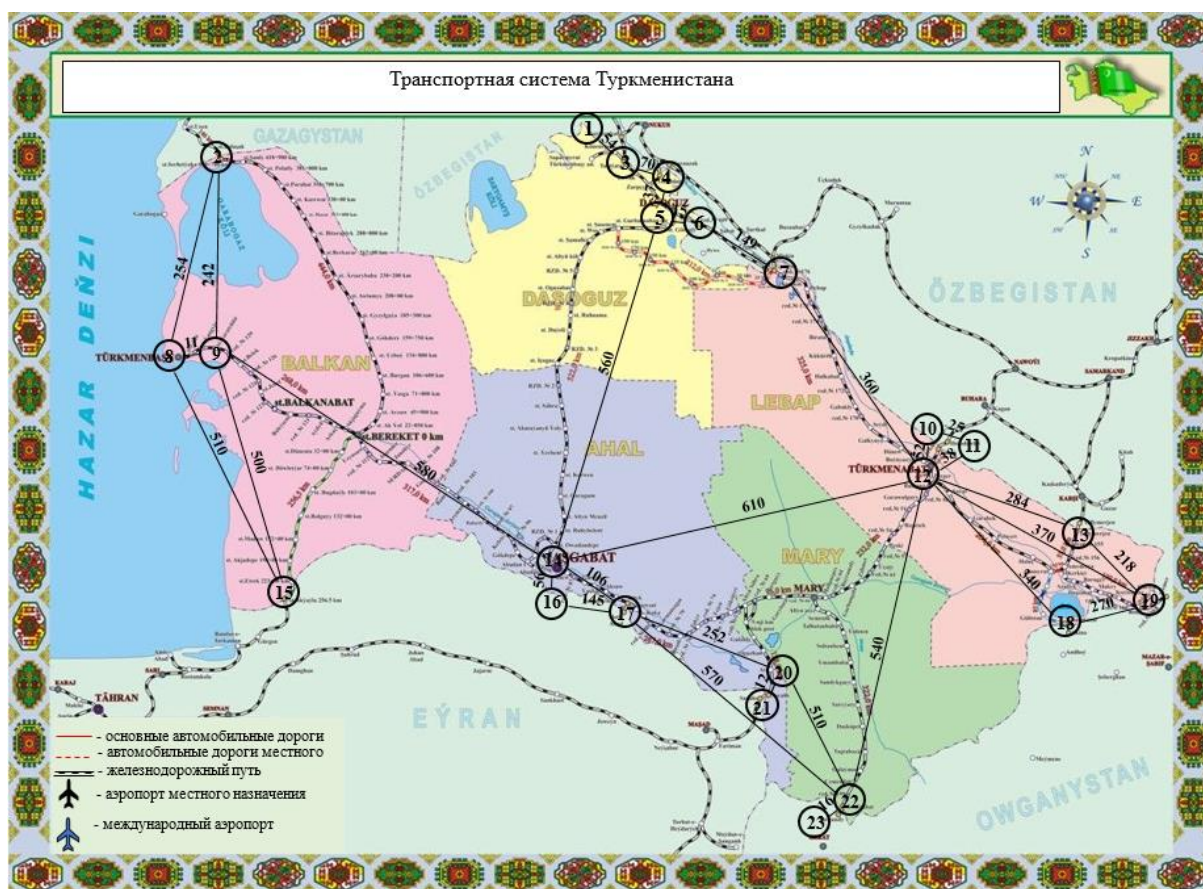


Рисунок 1 – Схема транспортной сети международных транспортно-логистических терминалов Туркменистана (составлена авторами на основе карты республики Туркменистан: <https://www.fondsk.ru/sites/default/files/images/inline-images/2023/02/23/tm23022301.jpg>)

Figure 1 – The scheme of the transport network of international transport and logistics terminals of Turkmenistan (compiled by the authors on the basis of the map of the Republic of Turkmenistan: <https://www.fondsk.ru/sites/default/files/images/inline-images/2023/02/23/tm23022301.jpg>)

В табл. 1 представлены результаты анализа транспортно-логистических терминалов с погранично пропускными пунктами приграничных государств.

Таблица 1 – Транспортно-логистические терминалы с погранично пропускными пунктами приграничных государств

Table 1 – Transport and logistics terminals with border checkpoints of bordering states

Название приграничного государства	Количество транспортно-логистических терминалов с погранично пропускными пунктами по видам транспорта				
	Автомобильный	Железнодорожный	Водный	Воздушный	Итого
Россия	Возможно через паром (1)	Возможно через паром (1)	1	3	6
Казахстан	1	1	1	3	6
Узбекистан	2	6	0	3	11
Афганистан	1	2	0	3	6
Иран	Возможно через паром (1) 1	Возможно через паром (1) 3	1	3	10
Азербайджан	Возможно через паром (1)	Возможно через паром (1)	1	3	6

По данным таблицы можно сделать вывод, что из шести приграничных стран наибольшее количество международных транспортно-логистических терминалов

(МТЛТ) имеется при взаимодействии Туркменистана с Узбекистаном – 11 ед. и с Ираном 10 ед., а остальные страны Россия, Казахстан, Афганистан, Азербайджан по 6 ед.

Предложенные МТЛТ в совокупности с погранично пропускными пунктами являются опорными центрами, через которые можно прокладывать международные маршруты различных видов транспорта и организовывать транзитное движение подвижного состава.

В западной части территории страны находится побережье Каспийского моря, на котором расположен крупнейший транспортно-логистический терминал мультимодального назначения – порт Туркменбаши (см. рис. 2). Особое внимание уделяется созданию мультимодального центра, который связывает морской, железнодорожный, воздушный и автомобильный транспорт в единый транспортный узел. В порту формируется системы логистического и таможенного сервиса, способные полностью обеспечить его конкурентоспособность и высокий уровень качества услуг по



продвижению грузопотоков [11].

а)

б)

Рисунок 2 – Международный порт Туркменбаши: а) вид сверху порта на карте [https://yandex.ru/maps/org/turkmenbashinskiy_mezhdunarodny_morskoy_port/71184700010/?from=tableau_yabro&l=sat%2Cskl&ll=53.015442%2C40.004407&z=17]; б) вид причалов для перевозки грузов и пассажиров [<https://storage.myseldon.com/news-pict-be/BEDBAB85E666FC76D21549D82EE393C2>]

Figure 2 – Turkmenbashi International Port: а) top view of the port on the map [https://yandex.ru/maps/org/turkmenbashinskiy_mezhdunarodny_morskoy_port/71184700010/?from=tableau_yabro&l=sat%2Cskl&ll=53.015442%2C40.004407&z=17]; б) type of berths for transporting cargo and passengers [<https://storage.myseldon.com/news-pict-be/BEDBAB85E666FC76D21549D82EE393C2>]

Порт имеет возможность выполнять международные мультимодальные перевозки грузов и пассажиров по водному пути между Востоком и Западом, связывая Азию с Кавказом, а также осуществляя связь со странами Черного, Средиземного морей с выходом в страны Балтийского моря и морями Северного Ледовитого океана [18]. Современное состояние порта Туркменбаши, позволяет развивать мультимодальность в сочетании использования морского – автомобильного, морского – железнодорожного транспорта с использованием автомобильных и железнодорожных паромов (см. рис. 3).

На рис. 3 желтыми стрелками отмечены морские линии движения парома «Бахтияр», красными линиями отмечены участки действующего транспортного коридора «Север – Юг».

На рис. 3 представлены схемы предлагаемых международных маршрутов через порт Туркменбаши «Ашхабад – Астрахань», «Ашхабад – Махачкала» и «Ашхабад – Баку» для проектирования мультимодальных перевозок экспортных и импортных грузов из Туркменистана.



Рисунок 3 – Схема морского звена мультимодальных маршрутов в транспортном коридоре «Север - Юг» Составлено авторами на основе Яндекс.Карт
[\[https://yandex.ru/maps/geo/771847536/?from=tableau_yabro&l=sat%2Cskl&ll=55.458140%2C42.371544&z=6\]](https://yandex.ru/maps/geo/771847536/?from=tableau_yabro&l=sat%2Cskl&ll=55.458140%2C42.371544&z=6)

Figure 3 – Scheme of the maritime link of multimodal routes in the North-South transport corridor.
 Compiled by the authors based on Yandex.Maps
[\[https://yandex.ru/maps/geo/771847536/?from=tableau_yabro&l=sat%2Cskl&ll=55.458140%2C42.371544&z=6\]](https://yandex.ru/maps/geo/771847536/?from=tableau_yabro&l=sat%2Cskl&ll=55.458140%2C42.371544&z=6)

Полученные характеристики мультимодальных маршрутов находится в пределах: «Ашхабад – Астрахань» случае перевозки с использованием автомобильного и водного транспорта длина маршрута составляет 1517 км, время перевозки – 1 дн. 23 часа, при использовании железнодорожного и водного транспорта длина маршрута – 1566 км, время перевозки – 7 дн. 16 часа; «Ашхабад – Махачкала» перевозки с использованием автомобильного и водного транспорта длина маршрута – 1035 км, время перевозки – 1 дн. 4 часа; по маршрутам «Ашхабад – Баку» случае перевозки с использованием автомобильного и водного транспорта длина маршрута – 951 км, время перевозки – 1 дн. 2 часа, при использовании железнодорожного и водного транспорта длина маршрута – 976 км, время перевозки – 6 дн. 17 часа.

Время перевозки по предлагаемым мультимодальным маршрутам находится в пределах от 1 дн. 2 часа до 7 дн. 16 часов. Соответственно в результате будут получены и разные транспортные затраты. Современные мультимодальных технологий совместного использования различных видов транспорта позволяют определять характеристики и настраивать режимы их работы с обеспечением оптимальных временных и стоимостных показателей для перевозки экспортных и импортных грузов Туркменистана, включая транзиты в различные страны Мира.

Трансформация и совершенствование транспортной системы Туркменистана, внедрение цифровой инфраструктуры и телематических систем позволят обеспечить слаженную работу всех видов транспорта, взаимосвязь участников транспортного процесса, удовлетворение интересов перевозчиков, поставщиков и потребителей.

Поиск новых путей совершенствования организации и технологии функционирования автомобильного транспорта в международных мультимодальных перевозках через МТЛТ остается главным направлением в продолжении научных работ авторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Транспортно-логистическая система Туркменистана / О. Д. Покровская, З. Н. Елдашов, М. А. Марченко, М. В. Шевердова // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2022. – Т. 19, № 2. – С. 305-318. – DOI 10.20295/1815-588X-2022-19-2-305-318. – EDN TCIRFH.
- 2 Покровская, О. Д. Железнодорожно-логистическая система Туркменистана / О. Д. Покровская, З. Н. Елдашов // Инновационный транспорт. – 2019. – № 4(34). – С. 22-29. – DOI 10.20291/2311-164X-2019-4-22-29. – EDN UYOVHR.
- 3 Rozin M. Stereotypes of Transport Logistics in Geopolitical Analytics / M. Rozin, V. Ryabtsev, V. Svechkarev // Transportation Research Procedia. – 2022 – Vol. 61 – Pp. 285–288. – ISSN 2352-1465. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.01.047> (дата обращения: 13.04.2026).
- 4 Hickson A. Supply chain intermediaries study / A. Hickson, B. Wirth, G. Morales. – University of Manitoba Transport Institute, 2008 – 56 p.
- 5 Бауэрсокс Д. Д. Логистика: интегрированная цепь поставок / Д. Д. Бауэрсокс, Д. Д. Клосс. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2010 – 640 с.
- 6 MHL Staff. How Will Industry 4.0 Affect the Supply Chain? — Sep 16, 2015 — URL: <http://mhlnews.com/global-supply-chain/how-will-industry-40-affectsupply-chain> (дата обращения: 13.04.2026).
- 7 Syzdykbayeva B., Raimbekov Z., Baiburiev R., Dulatbekova Z. Improving the Transport and Logistic Infrastructure of a City Using the Graph Theory Method: The Case of Astana, Kazakhstan // Sustainability. 2025. Vol. 16, No. 6. P. 2486. DOI: ... (Scopus, Web of Science)
- 8 Мигранян, А. А. Внешнеэкономическая политика Туркмении: итоги десятилетия / А. А. Мигранян // Геоэкономика энергетики. – 2021. – Т. 13, № 1. – С. 43-66. – DOI 10.48137/2687-0703_2021_13_1_43. – EDN XASSEY.
- 9 Виноградов, И. С. Китай и Россия во внешней политике и экономике Туркменистана / И. С. Виноградов // Китай в мировой и региональной политике. История и современность. – 2022. – Т. 27, № 27. – С. 240-253. – DOI 10.48647/IFES.2022.69.40.016. – EDN PVGFWE.
- 10 Перспективы развития транспортной логистики в мультимодальных перевозках Туркменистана / М. Ишанов, Н. Озбеков, А. Бяшимов, А. Бердиева // Символ науки: международный научный журнал. – 2023. – № 3-2. – С. 38-39. – EDN OBSOEJ.
- 11 Йегенмаммедов, А. Актуальные направления международной транспортной логистической стратегии независимого и нейтрального Туркменистана / А. Йегенмаммедов, Д. Атажанова, М. Ишанов // Символ науки: международный научный журнал. – 2023. – № 3-2. – С. 40-41. – EDN RIELSI.
- 12 Исследование организации функционирования транспорта в международной логистической системе доставки каустической соды из Волгограда в Бишкек / А. В. Куликов, Б. Советбеков, А. А. Вальковская, А. А. Куликов // Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. – 2022. – Т. 22, № 12. – С. 49-61. – DOI 10.36979/1694-500X-2022-22-12-49-61. – EDN TSYZEN.
- 13 Исследование подходов формирования оптимальных компонентов в звеньях современных мультимодальных логистических систем поставок удобрений внутренним и мировым потребителям / А. В. Куликов, Е. А. Близнякова, С. А. Бондаренко, А. А. Куликов // Мир транспорта и технологических машин. – 2022. – № 2(77). – С. 16-26. – DOI 10.33979/2073-7432-2022-77-2-16-26. – EDN ILMYHS.

14 Куликов, А. В. Повышение эффективности мультимодальных перевозок химической продукции из волгоградской области в ближнее и дальнее зарубежье / А. В. Куликов, П. А. Павлов, А. А. Куликов // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2022. – Т. 19, № 6(88). – С. 858-877. – DOI 10.26518/2071-7296-2022-19-6-858-877. – EDN QYMBMX.

15 Туркменистан – важнейший транспортно-транзитный перекресток континента – Март 07, 2026 – URL: <https://china.tmembassy.gov.tm/en/news/3619>, (дата обращения – 27.03. 2026 г.)

16 Эксперт рассказал о развитии транспортной сферы Туркменистана – Январь 30, 2024 – URL: <https://e-cis.info/news/566/115480/>, (дата обращения – 27.03. 2026 г.)

17 Рост грузоперевозок всеми видами транспорта в Туркменистане составил 101,4% - Февраль 07, 2026 – URL: <https://dzen.ru/a/aYcGxhD7VhuwaM2V>, (дата обращения – 27.03. 2026 г.)

18 Куликов, А. В. Перспективы развития автомобильного транспорта в мультимодальных перевозках Северного морского пути РФ / А. В. Куликов // Мир транспорта и технологических машин. – 2025. – № 2-1(89). – С. 14-24. – DOI 10.33979/2073-7432-2025-2-1(89)-14-24. – EDN APCQIO.

REFERENCES

1 Transport and logistics system of Turkmenistan / O. D. Pokrovskaya, Z. N. Yeldashov, M. A. Marchenko, M. V. Sheverdova // *Izvestiya of the St. Petersburg University of Railway Engineering*. – 2022. – Vol. 19, No. 2. – Pp. 305-318. – DOI 10.20295/1815-588X-2022-19-2-305-318. – EDN TCIRFH.

2 Pokrovskaya, O. D. Railway and Logistics System of Turkmenistan / O. D. Pokrovskaya, Z. N. Yeldashov // *Innovative Transport*. – 2019. – No. 4(34). – Pp. 22-29. – DOI 10.20291/2311-164X-2019-4-22-29. – EDN UYOVHR.

3 Rozin M. Stereotypes of Transport Logistics in Geo-Political Analytics / M. Rozin, V. Ryabtsev, V. Svehkarev // *Transportation Research Procedural*. – 2022 – Vol. 61 – Pp. 285-288. - ISSN 2352-1465. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.01.047> (date of access: 04/13/2026).

4 Hickson A. Supply chain intermediates study / A. Hickson, B. Wirth, G. Morales. – University of Manitoba Transport Institute, 2008 – 56 p.

5 Bowersox, D. D. Logistics: The Integrated Supply Chain / D. D. Bowersox, D. D. Kloss. – Moscow: Olimp-Business, 2010 – 640 p.

6 MH&L Staff. How Will Industry 4 Affect the Supply Chain? — Sep 16, 2015 — URL: <http://mhlnews.com/glob-al-supply-chain/how-will-industry-40-affectsupply-chain> (accessed: 04/13/2026).

7 Syzdykbayeva B., Raimbekov Z., Baiburiev R., Dulatbekova Z. Improving the Transport and Logistic Infrastructure of a City Using the Graph Theory Method: The Case of Astana, Kazakhstan // *Sustainability*. 2025. Vol. 16, No 6. P. 2486. DOI: ... (Scopus, Web of Science)

8 Migranyan, A. A. The foreign economic policy of Turkmenistan: the results of the decade / A. A. Migranyan // *Geoeconomics of Energy*. – 2021. – Vol. 13, No. 1. – Pp. 43-66. – DOI 10.48137/2687-0703 2021 13 1 43. – EDN XASSEY.

9 Vinogradov, I. S. China and Russia in the Foreign Policy and Economy of Turkmenistan / I. S. Vinogradov // *China in Global and Regional Politics. History and Modernity*. – 2022. – Vol. 27, No. 27. – Pp. 240-253. – DOI 10.48647/IFES.2022.69.40.016. – EDN PVGFWE.

10 Prospects for the Development of Transport Logistics in Multimodal Transportation in Turkmenistan / M. Ishanov, N. Ozbekov, A. Byashimov, and A. Berdieva // *Symbol of Science: International Scientific Journal*. – 2023. – No. 3-2. – Pp. 38-39. – EDN OBSOEJ.

11 Yegenmammedov, A. Current Directions of the International Transport Logistics Strategy of Independent and Neutral Turkmenistan / A. Yegenmammedov, D. Atazhanova, and M. Ishanov // *Symbol of Science: International Scientific Journal*. – 2023. – No. 3-2. – Pp. 40-41. – EDN RIELSI.

12 Research on the organization of transport functioning in the international logistics system for the delivery of caustic soda from Volgograd to Bishkek / A. V. Kulikov, B. Sovetbekov, A. A. Valkovskaya, and A. A. Kulikov // *Bulletin of the Kyrgyz-Russian Slavic University*. – 2022. – Vol. 22, No. 12. – Pp. 49-61. – DOI 10.36979/1694-500X-2022-22-12-49-61. – EDN TSYZEH.

13. Kulikov A.V., Bliznyakova E. A., Bondarenko S. A., Kulikov A. A. Investigation of approaches to the formation of optimal components in the links of modern multimodal logistics systems

for the supply of fertilizers to domestic and global consumers // The world of transport and technological machines. – 2022. – № 2(77). – Pp. 16-26. – DOI 10.33979/2073-7432-2022-77-2-16-26. – EDN ILMYHS.

14 Kulikov, A. V. Improving the Efficiency of Multimodal Transportation of Chemical Products from the Volgograd Region to Russia and Other Countries / A. V. Kulikov, P. A. Pavlov, and A. A. Kulikov // Bulletin of the Siberian State Automobile and Road University. – 2022. – Vol. 19, No. 6(88). – Pp. 858-877. – DOI 10.26518/2071-7296-2022-19-6-858-877. – EDN QYMBMX.

15 Turkmenistan – the most important transport and transit crossroads of the continent – March 07, 2026 – URL: <https://china.tmembassy.gov.tm/en/news/3619> , (accessed 27.03.2026)

16 The expert spoke about the development of the transport sector in Turkmenistan – January 30, 2024 – URL: <https://e-cis.info/news/566/115480/> , (accessed 27.03.2026)

17 Growth of cargo transportation by all modes of transport in Turkmenistan amounted to 101.4% - February 07, 2026 – URL: <https://dzen.ru/a/aYcGxhD7VhuwaM2V> , (accessed 27.03.2026)

18 Kulikov, A.V. Prospects for the development of motor transport in multimodal transportation of the Northern Sea Route of the Russian Federation / A.V. Kulikov // The World of transport and Technological machines. – 2025. – № 2-1(89). – pp. 14-24. – DOI 10.33979/2073-7432-2025-2-1(89)-14-24. – EDN APCQIO.

DOI: 10.58168/MTST2026_190-195
УДК 629.331

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТРАНСПОРТНОЙ РАБОТЫ АВТОМОБИЛЕЙ
КАТЕГОРИИ N1: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ
СИЛОВЫХ УСТАНОВОК С УЧЕТОМ ДОРОЖНЫХ УСЛОВИЙ
ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Д.В. Валов ¹, С.В. Ильянов ²

¹ Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
г. Нижний Новгород, Россия, valov.0202@mail.ru

² Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
г. Нижний Новгород, Россия, ilyanovsv@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты сопоставительной оценки технико-экономических параметров автомобилей семейства ГАЗель Next с электродвигателем, дизелем, бензиновым мотором и газобаллонной установкой. Выявлено, что ухудшение качества дорожного полотна провоцирует увеличение эксплуатационных издержек на 10,2-17,4 %. Установлено, что в городских условиях лидирует электромобиль (579 руб./100 км), а на загородных маршрутах – версия на сжатом газе (436,8 руб./100 км).

Ключевые слова: ГАЗель Next, электромобиль, энергоэффективность, эксплуатационные издержки, дорожные условия.

**EFFICIENCY OF TRANSPORTATION BY CATEGORY N1 VEHICLES:
COMPARATIVE ANALYSIS OF DIFFERENT TYPES OF POWER SYSTEMS
TAKING INTO ACCOUNT ROAD OPERATION CONDITIONS**

D.V. Valov ¹, S.V. Ilyanov ²

¹ Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod, Russia,
valov.0202@mail.ru

² Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod, Russia,
ilyanovsv@mail.ru

Abstract. The article presents the results of a comparative assessment of the technical and economic parameters of GAZelle Next family cars with electric motor, diesel, gasoline engine and gas cylinder installation. It was revealed that the deterioration of the roadway quality provokes an increase in operating costs by 10.2-17.4%. It was found that the electric car is the leader in urban conditions (579 rubles/100 km), and the compressed gas version is the leader on suburban routes (436.8 rubles/100 km).
Keywords: GAZelle Next, electric vehicle, energy efficiency, operating costs, road conditions.

В настоящее время автомобильная отрасль демонстрирует устойчивую тенденцию к электрификации, особенно в сегменте малотоннажных коммерческих автомобилей (категория N1). По итогам 2025 года в России было реализовано более 20 тыс. новых электромобилей, а объем их отечественного производства (марки «Москвич», Evolute, «Амберавто») превысил 10 тыс. единиц ежегодно. Согласно данным агентства «АВТОСТАТ», по состоянию на 1 января 2026 года парк электромобилей в РФ достиг 80 тыс. единиц, показав прирост в 34,23 %. При этом 65 % электротранспорта

сосредоточено в десяти регионах, что указывает на неравномерность развития зарядной инфраструктуры [1, 2]. В свою очередь, актуальность по вопросам устройства и эксплуатации электромобилей рассмотрена не только в России, но и во Франции [3].

Несмотря на количественный рост, доля электромобилей в коммерческом сегменте остается незначительной. Сдерживающими факторами выступают высокая стоимость, ограниченный запас хода и недостаточное количество публичных зарядных станций (около 7,3 тыс.). Тем не менее, интерес к электрическим коммерческим моделям, в частности к ГАЗель Next Электро, со стороны корпоративных и государственных заказчиков возрастает, что обусловлено нулевым уровнем выбросов и перспективой снижения операционных издержек.

На фоне ужесточения экологических требований, роста цен на углеводородное топливо и необходимости оптимизации расходов предприятия сталкиваются с задачей выбора наиболее рационального типа силовой установки. Существующие нормативные методики оценки топливной и энергетической эффективности (ГОСТ Р 41.101-99, процедура WLTP) ориентированы на лабораторные условия и не в полной мере учитывают реальные эксплуатационные факторы: транспортную работу, фактическую загрузку, качество дорожного покрытия, динамику движения и, для электромобилей, влияние климата и стиля вождения [4]. Учет вышестоящих факторов, позволяет существенно повысить точность прогнозирования расхода топлива, согласно [5].

Цель данной работы – оценить влияние типа двигателя, дорожных условий и режима движения на технико-экономические показатели автомобилей категории N1 семейства ГАЗель Next и определить наиболее эффективные варианты их использования.

Объектами исследования выбраны четыре модификации автомобиля ГАЗель Next категории N1: электрическая (ГАЗель Next Электро), дизельная (двигатель G21A), бензиновая (УМЗ 4216) и газобаллонная (УМЗ A275, работающая на сжиженном нефтяном газе).

Расчет энергопотребления электромобиля базировался на последовательном определении работы, затрачиваемой на преодоление сил сопротивления движению. Для модификаций с двигателями внутреннего сгорания (ДВС) использовалась модель баланса мощностей. В качестве варьируемых параметров выступали:

1. средняя скорость движения: 22,03 км/ч (городской цикл) и 70 км/ч (загородный цикл) [6, 7];
2. коэффициент сопротивления дороги ψ : 0,008 (асфальтобетон в хорошем состоянии) и 0,018 (в удовлетворительном состоянии) [8].

Стоит отметить, что экологические аспекты применения электромобилей проанализированы в [9], а теоретические основы расчёта эксплуатационных свойств автомобилей, изложены в учебном пособии [10].

Результаты расчетов были сопоставлены с нормативными значениями согласно распоряжению Минтранса России № АМ-23-р [11].

В таблице 1 представлены результаты расчета для электромобиля ГАЗель Next Электро. Максимальный удельный расход энергии зафиксирован при движении в загородном цикле. Ухудшение состояния дорожного покрытия приводит к сокращению запаса хода на 17,1-17,4 %. Для версии с батареей 70 кВт · ч запас хода составляет 145,1 км (город) и 124,8 км (загород), что подтверждает ее пригодность для городской логистики при наличии развитой зарядной сети.

Таблица 1 – Результаты расчетных параметров для электромобиля ГАЗель Next Электро
Table 1 – Results of calculation parameters for the GAZelle Next Electric Vehicle

Энергоемкость комплектуемой ВВБ	24 кВт · ч	47 кВт · ч	70 кВт · ч
Тип и состояние опорной поверхности	асфальтобетонное покрытие дороги в хорошем состоянии		
Цикл движения	Простой городской		
Удельный расход энергии за цикл на км пути, $E_{нэуді}$, кВт · ч/км	0,4825		
Запас хода электромобиля, км	49,74	97,41	145,08
Цикл движения	Загородный		
Удельный расход энергии за цикл на км пути, $E_{нэуді}$, кВт · ч/км	0,5611		
Запас хода электромобиля, км	42,77	83,76	124,75
Тип и состояние опорной поверхности	асфальтобетонное покрытие дороги в удовлетворительном состоянии		
Цикл движения	Простой городской		
Удельный расход энергии за цикл на км пути, $E_{нэуді}$, кВт · ч/км	0,5842		
Запас хода электромобиля, км	41,08	80,45	119,82
Цикл движения	Загородный		
Удельный расход энергии за цикл на км пути, $E_{нэуді}$, кВт · ч/км	0,6765		
Запас хода электромобиля, км	35,48	69,48	103,48

Данные по линейному расходу топлива для модификаций с ДВС сведены в таблицу 2. Наиболее экономичным является дизельный двигатель G21A: в загородном цикле его расход (9,7 л/100 км), что на 27,8 % ниже бензинового и на 84,5 % ниже газового. Увеличение сопротивления дороги при переходе к удовлетворительному покрытию вызывает рост расхода топлива: для дизеля – на 11,3-20,8 %, для бензинового двигателя – на 13,7-16,7 %, для газового – на 14,0-17,0 %.

Таблица 2 – Линейный расход топлива модификаций ГАЗель Next, л/100 км
Table 2 – Linear fuel consumption of GAZelle Next modifications, l/100 km

Модификация (тип двигателя)	Городской цикл		Загородный цикл	
	Хорошее покрытие	Удовлетворительное покрытие	Хорошее покрытие	Удовлетворительное покрытие
ГАЗ-А31R22 (G21A, ДТ)	14,2	17,16	9,7	10,8
ГАЗ-А31R23 (УМЗ-4216, АИ-92)	26,0	30,35	12,4	14,1
ГАЗ-А31R23 (УМЗ-А275, СНГ)	37,4	43,74	17,9	20,4

На рисунке 1 наглядно представлено влияние состояния дорожного покрытия на расход топлива. Наибольший абсолютный прирост расхода при ухудшении покрытия наблюдается у газобаллонной версии (до 6,3 л/100 км), что требует учета при планировании маршрутов.

В свою очередь, на рисунке 2 отображаем гистограмму сравнительного анализа влияния состояния покрытия на удельный расход электроэнергии для автомобиля ГАЗель Next Электро.

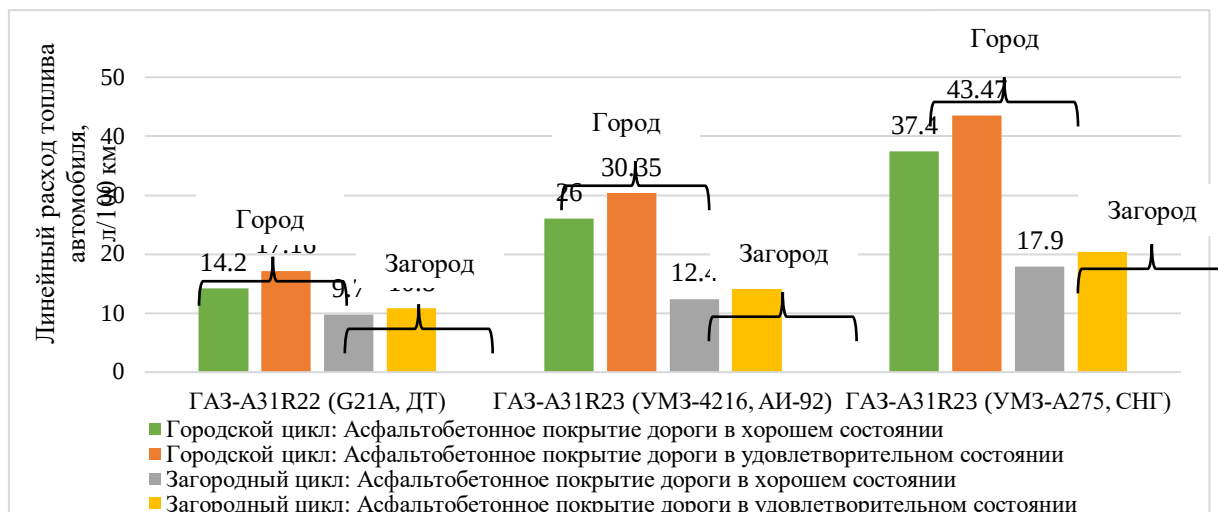


Рисунок 1 – Сравнительный анализ влияния состояния покрытия на линейный расход топлива автомобилей ГАЗель Next с различными типами двигателей

Figure 1 – Comparative analysis of the impact of the coating condition on the linear fuel consumption of GAZelle Next vehicles with different engine types

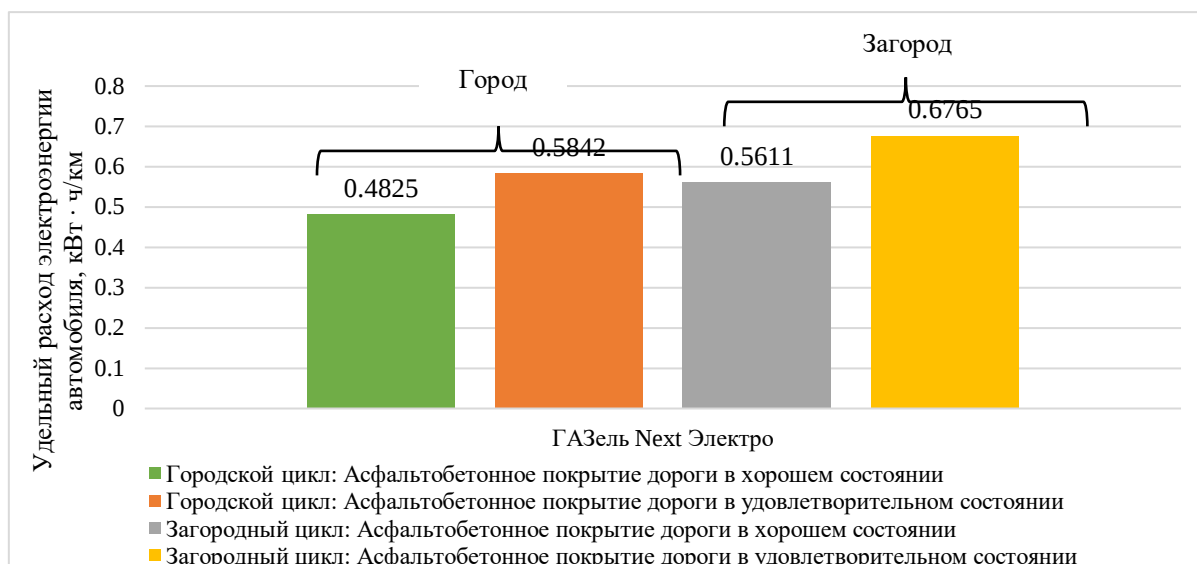


Рисунок 2 – Сравнительный анализ влияния состояния покрытия на удельный расход электроэнергии автомобиля ГАЗель Next Электро

Figure 2 – Comparative analysis of the impact of the coating condition on the specific energy consumption of the GAZelle Next Electro vehicle

Расчет эксплуатационных затрат (таблица 3) выполнен с учетом среднерыночных цен на топливо и электроэнергию. В городском цикле минимальные издержки обеспечивает электромобиль – 579 руб./100 км (хорошее покрытие) и 701 руб./100 км (удовлетворительное). Прирост затрат в 17,4 % вызван увеличением сопротивления качению и снижением эффективности рекуперации.

Таблица 3 – Сравнительный анализ эксплуатационных затрат на 100 км пробега автомобилей ГАЗель Next, руб.

Table 3 – Comparative analysis of operating costs per 100 km of travel for GAZelle Next vehicles, RUB.

Автомобиль и тип топлива	Затраты на 100 км пробега, руб.	Рост, %	Затраты на 100 км пробега, руб.	Рост, %
--------------------------	---------------------------------	---------	---------------------------------	---------

	Городской цикл			Загородный цикл		
	Хорошее покрытие	Удовл. покрытие		Хорошее покрытие	Удовл. покрытие	
Газель Next (ЭЛЕКТРО)	579	701,04	+17,4	673,3	811,8	+17,1
Газель Next ГАЗ-А31R22 (ДТ)	970,9	1 173,4	+17,3	663,3	738,5	+10,2
Газель Next ГАЗ-А31R23 (АИ-92)	1 494,5	1 744,5	+14,3	712,8	810,5	+12,1
Газель Next ГАЗ-А31R23 (СНГ)	912,6	1 067,3	+14,5	436,8	497,8	+12,3

В загородном цикле минимальные затраты у газобаллонной версии (436,8-497,8 руб./100 км), дизель оптимален для смешанных маршрутов (663,3-738,5 руб./100 км). Электромобиль на трассе уступает по экономичности (673,3-811,8 руб./100 км).

Сравнение с нормативами № АМ-23-р выявило расхождения: расчетный расход электромобиля превышает норму на 47-65,2 %, дизеля – ниже на 16,6-38 %. Для бензиновой и газовой версий отмечен перерасход в городе (29,8 % и 35,7 %) и экономия на трассе (до 36,7 % и 30,8 %).

Проведенное исследование позволяет сформулировать следующие основные выводы:

1. Качество дорожного покрытия является ключевым фактором, влияющим на энергоэффективность автомобилей категории N1. Переход от хорошего покрытия к удовлетворительному увеличивает эксплуатационные затраты: для электромобиля – на 17,4 % (город) и 17,1 % (загород); для дизеля – на 17,3 % и 10,2 %; для бензиновой версии – на 14,3 % и 12,1 %; для газовой – на 14,5 % и 12,3 % соответственно.

2. В городских условиях эксплуатации ГАЗель Next Электро выгоднее сравниваемых объектов исследования, поскольку затраты на 36,6-61,3 % ниже, чем у модификаций с ДВС.

3. При эксплуатации в загородном цикле движения расходы для двигателя, работающего на пропане (СНГ), составили 436,8-497,8 руб./100 км, что в свою очередь, позволяет использовать данную версию для междугородних перевозок.

4. Дизельная силовая установка показывает стабильные результаты на трассе. При ухудшении покрытия расход топлива увеличивается на 10,2 %, что существенно меньше в сравнении с конкурентами в данном исследовании. Данный агрегат целесообразно применять для маршрутов смешанного движения.

5. Бензиновая модификация показывает максимальные затраты для городского цикла движения – 1494,5-1744,5 руб./100 км, что даёт основание рассматривать данный вариант, как временное решение при отсутствии альтернативы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данные аналитического агентства «АВТОСТАТ» по парку электромобилей в России на 01.01.2026 // AUTOSTAT. URL: <https://www.autostat.ru/news/61985/> (дата обращения: 20.03.2026).

2. Данные аналитического агентства «АВТОСТАТ» по численности публичных электростанций в России // AUTOSTAT. URL: <https://www.autostat.ru/infographics/61901/> (дата обращения: 20.03.2026).

3. Джутона Э., Рейн К. и др. Электромобиль: устройство, принцип работы, инфраструктура / пер. с франц. В.И. Петровичева. – М.: ДМК Пресс, 2022. 440 с.

4. ГОСТ Р 41.101-99. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения легковых автомобилей, оборудованных двигателем внутреннего сгорания, в отношении измерения

объема выбросов диоксида углерода и расхода топлива, а также транспортных средств категории М1 и N1, оборудованных электроприводом, в отношении измерения расхода электроэнергии и запаса хода. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. 38 с.

5. Борисов Г.В., Ильянов С.В., Кузьмин Н.А., Корчажкин М.Г. Теоретическое прогнозирование расходов топлива грузовыми автомобилями: монография. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018. 176 с.

6. Ильянов С.В. Методика определения расхода топлива городскими автобусами с учётом параметров скоростного режима движения: монография. – Н. Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2021. 169 с.

7. Ильянов С.В., Борисов Г.В., Корчажкин М.Г., Кузьмин Н.А. Теоретическое прогнозирование расхода топлива городскими автобусами: монография. – Н. Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2023. 144 с.

8. Кравец В.Н. Теория автомобиля: учеб. пособие. – Н. Новгород: НГТУ, 2007. 368 с.

9. Конгар-оол В.В. Электромобили и их влияние на окружающую среду // Вестник Тувинского государственного университета. Выпуск 3. 2021. № 4 (86). С. 60-68.

10. Кузьмин Н.А., Песков В.И. Теория эксплуатационных свойств автомобиля: учеб. пособие. – М.: ФОРУМ; НИЦ ИНФРА-М, 2013. 256 с.

11. Распоряжение Минтранса России от 14.03.2008 N АМ-23-р (ред. от 30.09.2021) «О введении в действие методических рекомендаций «Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте».

REFERENCES

1. Data from the AUTOSTAT analytical agency on the electric vehicle fleet in Russia as of 01.01.2026 // AUTOSTAT. URL: <https://www.autostat.ru/news/61985/> (accessed on 20.03.2026).

2. Data from the AUTOSTAT analytical agency on the number of public electric charging stations in Russia // AUTOSTAT. URL: <https://www.autostat.ru/infographics/61901/> (accessed on March 20, 2026).

3. Juton E., Rein K., et al. Electric vehicle: device, principle of operation, infrastructure / translated from French by V.I. Petrovichev. – Moscow: DMK Press, 2022. 440 p.

4. GOST R 41.101-99. Uniform regulations concerning the approval of passenger cars equipped with an internal combustion engine in relation to the measurement of carbon dioxide emissions and fuel consumption, as well as category M1 and N1 vehicles equipped with electric motors in relation to the measurement of electricity consumption and range. – Moscow: IPK Publishing House of Standards, 2001. 38 p.

5. Borisov G.V., Ilyanov S.V., Kuzmin N.A., Korchazhkin M.G. Theoretical Forecasting of Fuel Consumption by Trucks: Monograph. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018. 176 p.

6. Ilyanov S.V. Methodology for Determining Fuel Consumption by City Buses, Taking into Account the Parameters of the Speed Regime: Monograph. – Nizhny Novgorod: NSTU named after R.E. Alekseev, 2021. 169 p.

7. Ilyanov S.V., Borisov G.V., Korchazhkin M.G., Kuzmin N.A. Theoretical forecasting of fuel consumption by city buses: monograph. – N. Novgorod: NSTU im. R.E. Alekseeva, 2023. 144 p.

8. Kravets V.N. Theory of a Car: Textbook. Nizhny Novgorod: NSTU, 2007. 368 p.

9. Kongar-ool V.V. Electric vehicles and their impact on the environment // Bulletin of Tuva State University. Issue 3. 2021. No. 4 (86). Pp. 60-68.

10. Kuzmin N.A., Peskov V.I. Theory of the Performance Properties of a Car: Textbook.

11. Order of the Ministry of Transport of the Russian Federation dated 14.03.2008 N АМ-23-р (as amended on 30.09.2021) «On the Implementation of the Guidelines «Fuel and Lubricant Consumption Standards for Road Transport».

ОЦЕНКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ШАССИ КОЛЕСНЫХ МАШИН ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МОДУЛЬНОГО ГУСЕНИЧНОГО ДВИЖИТЕЛЯ

Р.Ю. Добрецов¹, С.Б. Добрецова¹, С.А. Войнаш², В.А. Соколова³

¹ Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
г. Санкт-Петербург, Россия, dr-idpo@yandex.ru

² Рубцовский индустриальный институт (филиал) «Алтайский государственный технический
университет им. И.И. Ползунова»,
г. Рубцовск, Россия, sergeyvoinash@yandex.ru

³ Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, г.
Санкт-Петербург, Россия, sokolova_vika@inbox.ru

Аннотация. Приведены основные результаты расчетной оценки энергоэффективности шарнирно-сочлененного шасси с треугольными гусеничными модулями. Расчеты проведены в сравнении с серийными гусеничными машинами. Указаны конструктивные особенности, обеспечивающие преимущества четырехгусеничному шасси.

Ключевые слова: резиноармированная гусеница, принцип управления поворотом, сопротивление движению, затраты мощности, рекуперация энергии.

EVALUATION OF THE ENERGY EFFICIENCY OF WHEELED VEHICLE CHASSIS WITH A MODULAR CRAWLER PROPULSION

R.Yu. Dobretsov¹, S.B. Dobretsova¹, S.A. Voinash², V.A. Sokolova³

¹ Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russia, dr-idpo@yandex.ru

² Rubtsovsk Industrial Institute (branch) of Polzunov Altai State Technical University,
Rubtsovsk, Russia, sergeyvoinash@yandex.ru

³ Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, Saint-Petersburg, Russia,
sokolova_vika@inbox.ru

Abstract. The main results of the calculated evaluation of the energy efficiency of an articulated chassis with triangular track modules are presented. The calculations were carried out in comparison with serial tracked vehicles. An analysis of the results was also carried out.

Keywords: rubber-reinforced track, steering principle, resistance to movement, power consumption, energy recovery.

Треугольный гусеничный обвод применяется на серийно выпускаемых шасси. При этом может использоваться как стальная звенчатая гусеница, так и резиноармированная гусеница (РАГ).

Съемный модульный гусеничный движитель (МГД) устанавливается на место ведущих колес трактора (см., например, источники [1, 2], а также рис. 1). Разработаны и модули для легковых автомобилей, не требующие даже снятия ведущего колеса (например, система «Track N Go»). Во всех этих случаях цель – увеличение площади контакта движителя с грунтом. Для сельскохозяйственных тракторов это обеспечивает снижение воздействия на почву и увеличение тягово-сцепных свойств. Для легкового автомобиля – повышает проходимость по снегу и сыпучим грунтам.

Современной четырехгусеничной машиной с несъемными гусеничными обводами является транспортер *LuWa* (см. публикацию [3]). Однако, при проектировании подобных машин является увеличение живучести и подвижности.

МГД увеличивает неподрессоренную массу транспортного средства. Например, масса одного МГД для трактора высокого тягового класса составляет около 2000 кг (см. источник [2]). МГД имеет сложную конструкцию, иногда не взаимозаменяем с колесом. Сопротивление качению МГД выше, чем для пневматического колеса низкого давления. В этой связи возникает потребность комплексной оценке энергоэффективности четырехгусеничного трактора с МГД.

Транспортное (транспортно-тяговое) средство обладает некоторой совокупностью свойств, каждое из которых отдельно оценивается с помощью определенного критерия. Такая оценка показывает достигнутый уровень совершенства рассматриваемой конструкции в сравнении с другими образцами. Построение обобщенного показателя, количественно характеризующего совокупность свойств транспортного средства – неформализованная задача, решаемая различными методами в зависимости от цели, материально-технического обеспечения и др. ограничений.

Актуальной проблемой является развитие методики объективной количественной оценки эффективности работы агрегатов шасси гусеничной машины, базирующейся на основе анализа энергозатрат при передвижении и учитывающий экологические аспекты эксплуатации. Применение такой методики позволит объективно оценить эффективность мер по снижению энергозатрат в шасси и уровень воздействия шасси на экосистему. В частности, представляет интерес вариант адаптации разработанной для двухгусеничной машины [4, 5] для случая четырехгусеничной машины с МГД.



Рисунок 1 – Треугольный гусеничный модуль [2] и трактор К-744 с МГД
Figure 1 – Triangular tracked module [2] and K-744 tractor

Известные на настоящий момент методы комплексной оценки эффективности транспортных средств, а также отдельных сложных систем шасси, не являются целесообразными к применению в случае оценки энергоэффективности шасси гусеничной машины. Методика оценки эффективности шасси должна строиться на основе анализа энергозатрат в шасси на характерных режимах работы.

В качестве математического аппарата для построения обобщенного показателя энергоэффективности шасси гусеничной машины целесообразно к использованию метод построения обобщенного отклика сложной системы с применением функции желательности (функции предпочтительности Харрингтона). Методика более подробно изложена в публикациях [4, 5].

Для проведения сравнительных расчетов при оценке энергоэффективности шасси гусеничных машин выбраны следующие характерные условия движения.

Прямолинейное движение:

- тяговый режим: коэффициент сопротивления движению трелевочной системы $\xi = 0,25$, скорость движения $V = 1,5$ м/с;

- транспортный режим: коэффициент сопротивления качению $f = 0,08$, скорость движения $V = 6,5$ м/с.

Режим поворота:

- режим маневров: коэффициент сопротивления повороту $\mu_{max} = 0,8$, относительный радиус поворота $\rho = 0,5$, скорость движения $V = 1,0$ м/с;

- транспортный режим: коэффициент сопротивления повороту $\mu_{max} = 0,7$, относительный радиус поворота $\rho = 10$, скорость $V = 7$ м/с; тест на положительное смещение траков проводится на бетонной плите.

Для проведения сравнительной оценки отобраны шасси, имеющие движитель с гусеницей на основе открытого металлического шарнира (ОМШ) последовательного типа, а также рассмотрен вариант установки на машину РАГ. Шасси трактора «Кировец» К-8 взято в модификации с МГД на основе гусениц с ОМШ и РАГ.

Шасси МТ-ЛБ относится к транспортно-тяговым машинам, предназначено в основном для буксировки прицепов и техники в тяжелых грунтовых условиях. Шасси БТР-Д (десантируемая модификация БМД) является транспортной гусеничной машиной. Все объекты имеют трансмиссию на базе валовых коробок передач, представляют собой машины, конструкция которых адаптирована к серийному выпуску на отечественных предприятиях.

Расчеты носят прогностический характер, поскольку некоторые параметры приходится принимать на основе известных аналогов. Однако, результаты укладываются в ожидаемую тенденцию.

На рис. 2 представлены результаты расчета комплексного показателя эффективности работы систем шасси.

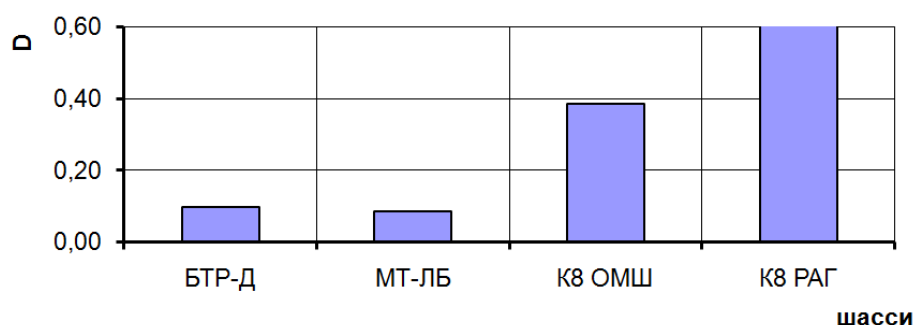


Рисунок 2 – Комплексный показатель эффективности работы систем шасси

Figure 2 – Comprehensive performance indicator of chassis systems

Анализ результатов расчетов по номенклатуре частных показателей позволил указать на ключевые технические решения, позволяющие объяснить преимущества разрабатываемого шасси в сравнении выбранными серийными машинами.

1. Использование РАГ исключает потери силы натяжения, связанные с колебаниями траков. Сила натяжения расходуется «полезно» на преодоление внешних сопротивлений. Снижаются и вибрации, передаваемые на корпус машины.

2. Большое преимущество шасси трактора получает за счет выбранного способа управления поворотом. Для тракторов серии К-8 относительной мощности, рассеиваемой при буксовании элемента управления по смыслу эквивалентна, потребная мощность насоса системы гидропривода механизма поворота.

3. Экологические преимущества заключаются в существенно меньшем давлении на почву, а при использовании РАГ дополнительно ожидается исключение негативных эффектов, связанных с неустойчивостью звеньев традиционной гусеницы.

Использование РАГ также может позволить получить более равномерную эпюру давлений под гусеницей.

Следует отметить, что шасси К-8 существенно уступает другим сравниваемым машинам по показателям, характеризующим эффективность использования мощности двигателя и работы системы подпрессоривания.

Выводы

Проведенные оценочные расчеты показывают, что применение на перспективном тракторе сери К-8 МГД на основе РАГ в сочетании с используемой системой управления поворотом определяет существенные преимущества перед двухгусеничными машинами. Дальнейшее увеличение качества управления поворотом представляется возможным за счет использования управляемых механизмов распределения мощности, позволяющих снизить нагрузки на гидроцилиндры механизма поворота за счет согласования радиусов кинематического и силового поворота.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новинки Завода на агросезон 2016-2017 – 12.10.2016 // Кировец. – URL: https://kirovets-ptz.com/press/news/novinki-zavoda-na-agrosezon-2016-2017/?sphrase_id=741578 (дата обращения: 25.03.2026).
2. <https://poluzzi-track.ru/gusenichnyj-hod-poluzzi-ctr036rx-v1-st/-ctr030rx-v1-st-dlya-sharnirno-sochlenennyh-traktorov> (Дата обращения: 24.03.2026).
3. Marco Klöckner und Ulrich Schael (2021). Gesamtsystem demonstrator für einen zukünftigen Luftbeweglichen Waffenträger. <https://soldat-und-technik.de/2021/08/mobilitaet/28007/gesamt-systemdemonstrator-fuer-einen-zukuenftigen-luftbeweglichen-waffentraeger/> (Дата обращения: 24.03.2026).
4. Добрецов, Р. Ю. Объективная оценка технических характеристик шасси транспортных гусеничных машин / Р. Ю. Добрецов // Тракторы и сельхозмашины. – 2011. – № 2. – С. 19-23.
5. Добрецова, С. Б. О выборе метода построения обобщенного отклика в задаче оценки энергоэффективности шасси транспортной гусеничной машины / С. Б. Добрецова, Р. Ю. Добрецов // Транспортные и транспортно-технологические системы: Материалы международной научно-технической конференции, Тюмень, 16 апреля 2015 года / Ответственный редактор Н. С. Захаров. – Тюмень: Тюменский государственный нефтегазовый университет, 2015. – С. 99-103.

REFERENCES

1. New products of the Plant for the agricultural season 2016-2017 – 12.10.2016 // Kirovets. – URL: https://kirovets-ptz.com/press/news/novinki-zavoda-na-agrosezon-2016-2017/sphrase_id=741578 (accessed: 03/25/2026).
2. <https://poluzzi-track.ru/gusenichnyj-hod-poluzzi-ctr036rx-v1-st/-ctr030rx-v1-st-dlya-sharnirno-sochlenennyh-traktorov>
3. Marco Klöckner und Ulrich Schael (2021). Gesamtsystem demonstrator für einen zukünftigen Luftbeweglichen Waffenträger. <https://soldat-und-technik.de/2021/08/mobilitaet/28007/gesamt-systemdemonstrator-fuer-einen-zukuenftigen-luftbeweglichen-waffentraeger/>
4. Dobretsov, R. Y. Objective assessment of the technical characteristics of the chassis of transport tracked vehicles / R. Y. Dobretsov // Tractors and agricultural machinery. – 2011. – No. 2. – pp. 19-23.
5. Dobretsova, S. B. On the choice of a method for constructing a generalized response in the task of evaluating the energy efficiency of a transport tracked vehicle chassis / S. B. Dobretsova, R. Y. Dobretsov // Transport and transport technology systems: Proceedings of the International scientific and Technical conference, Tyumen, April 16, 2015 / The responsible editor is N. S. Zakharov. – Tyumen: Tyumen State Oil and Gas University, 2015. – pp. 99-103.

ПЕРЕРАБОТАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ КАК ПУТЬ К ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ И ВЫСОКОМУ КАЧЕСТВУ ДОРОГ

Д.А. Жабин¹, В.А. Морковин¹, Т.Н. Стородубцева¹, П.В. Чехлова¹, dimdimziko@gmail.com
¹ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия

Аннотация. В условиях растущего давления на природные ресурсы и ужесточения экологических норм всё большее значение приобретает использование переработанных материалов в дорожном строительстве. Статья посвящена анализу возможностей экономии бюджетных средств без ущерба для качества дорожных покрытий за счёт внедрения технологий, основанных на вторичном использовании асфальтобетонных отходов, пластика, шин, строительного мусора и других рекуперированных компонентов.

Ключевые слова: энергосбережение, дорожное строительство, циркулярная экономика, рециклирование, экологическая эффективность.

RECYCLED MATERIALS AS A WAY TO SAVE ENERGY AND IMPROVE ROAD QUALITY

D.A. Zhabin¹, V.A. Morkovin¹, T.N. Storodubtseva¹, P.V. Chekhlova¹, dimdimziko@gmail.com
¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia

Abstract: In the face of increasing pressure on natural resources and stricter environmental regulations, the use of recycled materials in road construction is becoming increasingly important. This article analyzes the potential for budget savings without compromising the quality of road surfaces through the implementation of technologies based on the recycling of asphalt concrete waste, plastic, tires, construction waste, and other recovered components.

Based on a review of international experience, laboratory testing, and field studies, it is demonstrated

Keywords: energy saving, road construction, circular economy, recycling, environmental efficiency.

Актуальность темы. В условиях глобального экологического кризиса и истощения природных ресурсов строительная отрасль, и, в частности, дорожное хозяйство, сталкивается с необходимостью кардинального пересмотра подходов к использованию материалов.

В условиях стремительного роста объемов строительства автомобильных дорог возрастают требования к экологической устойчивости и экономической эффективности используемых материалов.

В данной работе рассматривается возможность применения переработанных материалов в конструкции дорожных покрытий. Исследование направлено на оценку влияния повторного использования строительных и промышленных отходов на себестоимость дорожных работ, экологическую нагрузку и технические характеристики дорожного полотна. На основе проведённого анализа были определены оптимальные составы дорожных смесей с включением переработанных компонентов, а также рассчитаны экологические и экономические показатели. Результаты показывают, что использование вторичных материалов в дорожном строительстве позволяет не только

сократить расходы, но и значительно снизить негативное воздействие на окружающую среду.

Одной из актуальных задач современного дорожного строительства является поиск эффективных решений, сочетающих в себе высокие эксплуатационные качества, экологическую безопасность и экономическую целесообразность. В условиях дефицита природных ресурсов и ужесточения экологических норм особую актуальность приобретает использование переработанных материалов при строительстве и ремонте дорожных покрытий.

Применение вторичных ресурсов, таких как дроблёный асфальт, строительные отходы, переработанная резина и пластик, может существенно снизить расход природного сырья, уменьшить объём отходов, направляемых на полигоны, и сократить выбросы углерода. Кроме того, это решение способствует снижению стоимости строительных работ за счёт уменьшения затрат на материалы.

Традиционные технологические процессы, базирующиеся на добыче, а также использовании первичного материала (щебня, песка, битума), считаются весьма ресурсо- а также энергоемкими, то, что приводит к существенным выбросам углекислого газа, а также деградации окружающей среды.

Одновременно накапливание индустриальных, а также строительных отходов, подобных как прежний асфальт (асфальтированная частица), шлаки, пластик, с целью утилизации, а также захватывает большие участки полигонов. Введение переработанных использованных материалов в дорожное строительство дает единое разрешение обеих вопросов, замыкая актуальный оборот использованных материалов, а также переводя отрасль в основы круговой экономики.

Применение материала непосредственно приводит к существенной экономии энергии. Процессы восстановления, а также обработки прежнего асфальта требуют в 50-80 % меньше энергии согласно сопоставлению вместе с созданием новейших использованных материалов. Это снижает углеродный след строительства, а также уменьшает зависимость от топлива.

Кроме того, современные исследования и технологии доказывают, что правильно подобранные и обработанные переработанные материалы не только не уступают, но в некоторых случаях и превосходят традиционные по ключевым показателям. Таким образом, разработка и внедрение технологий применения переработанных материалов – это не просто экологическая дань моде, а насущная технологическая и экономическая необходимость. Это путь к созданию более устойчивой, энергоэффективной и в конечном итоге более качественной и долговечной дорожной инфраструктуры, отвечающей вызовам современности [1].

В современном мире дорожная инфраструктура является одной из самых ресурсоёмких отраслей экономики. Ежегодно на строительство и ремонт автодорог тратятся триллионы долларов, при этом основные компоненты – щебень, песок, битум – добываются из природных источников, что приводит к истощению запасов, деградации ландшафтов и значительным выбросам CO₂.

Одновременно с этим объёмы строительных и дорожных отходов, особенно асфальтобетонного мусора, стремительно растут: по данным Всемирного банка, только в странах ОЭСР ежегодно утилизируется более 1,5 млрд тонн асфальтобетона, причём лишь 30–50 % из них повторно используются. Проблема заключается не столько в количестве отходов, сколько в устоявшейся практике: большинство институциональных и технологических систем по-прежнему ориентированы на использование «новых» материалов, несмотря на доказанную техническую возможность их замены.

Это формирует феномен: общество платит дважды – за добычу изначального материала, а также из-за утилизации остатков, при этом теряя возможную финансовую выгоду, а также нанося природоохранный вред [2].

Особое внимание уделено технико-экономической оценке других составов, их прочности, стабильности к климатизационным перегрузкам, а также сопоставимости вместе с имеющимися технологиями укладывания. Изучение определяет проблему, то, что «дешевле – следовательно хуже», а также показать, то, что круговая макроэкономика в дорожном строительстве – это никак не направление, а потребность, укрепленная научными информацией, а также фактическими успехами [3, 4].

Использованными материалами изучения стали примеры асфальтобетонных консистенций, произведенные вместе с применением разных добавок: возвращенный асфальт (RAP), размельченные (RAS), термопластичные полимеры (ПЭВП, ПП), а кроме того, дроблёный бетонный, а также краснокирпичный отбросы.

С целью сопоставления применялись ревизорские примеры в основе 100 % основных использованных материалов. Способы изучения содержали проверки согласно стандартам EN 12697, а также ASTM D6927: установление плотности, остаточной пористости, устойчивости к деструкциям, противодействия трещинообразованию присутствие низких температурах (Bending Beam Rheometer), водостойкости, а также адгезии. Кроме того, проанализированы реальные кейсы с Германии, Нидерландов, Соединенных штатов Америки, а также Китая, где использованные материалы применяются в торговом масштабе [5].

При этом затраты на переработку, а также логистику перерабатываемого материала в обстоятельствах сформированной инфраструктуры утилизации оформляют никак не более 10–12 % с цены основных использованных материалов. Серьезные испытания в зонах автодорог в Берлине, в каком месте подобные консистенции эксплуатировались более 5 лет, доказали недостаток раннего износа, трещин, а также просадок. Более того, LCA-анализ продемонстрировал снижение углеродного отпечатка в 35–50 % согласно сравнению с классическими технологиями.

Обсуждение результатов говорит, в таком случае, о том, что основным условием преуспевания считается не сама смена использованного материала, а систематический аспект: строгий надзор особенности переделанного материала, приспособление технологий укладывания, подготовка персонала, а также формирование нормативной основы, применение второстепенных ресурсов [8].

Результаты показывают, что рациональное включение переработанных материалов позволяет не только достичь экономической выгоды, но и внести вклад в решение экологических проблем. Однако при превышении 30 % вторичных компонентов наблюдается заметное снижение прочностных характеристик, что требует оптимизации состава.

Необходимо также учитывать региональные климатические условия и логистику доставки переработанных материалов. Для широкого внедрения технологий требуется совершенствование нормативно-технической базы, обучение специалистов и государственная поддержка инновационных решений.

Заключение изучения однозначно: экономия в дорожном строительстве – это не фантазия, а настоящая, а также уже реализуемая практическая деятельность.

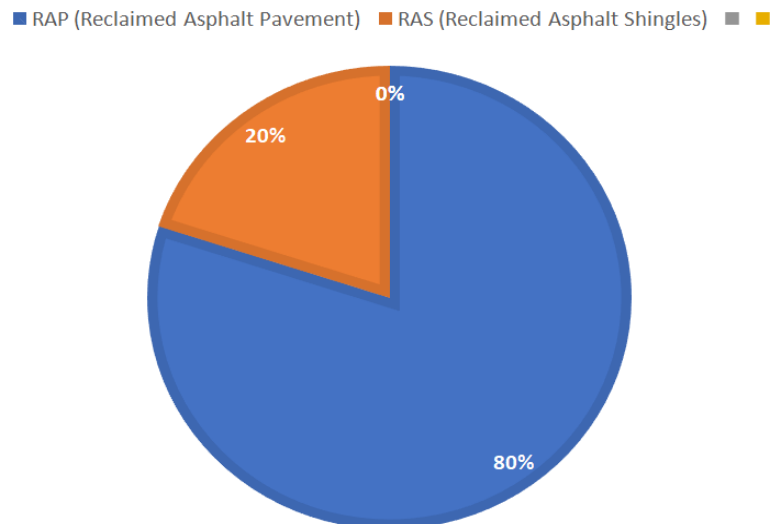


Рисунок – Состав новых смесей
Figure – Composition of new mixtures

Переделанные использованные материалы, а также жесткое контролирование, не только лишь замещают, но также совершенствуют классические компоненты покрытий [9,10]. Их использование дает возможность уменьшить затраты в 20–40 %.

Для масштабного внедрения нужны: развитие общепризнанных марок, а также стереотипов (в частности, внедрение условий к наименьшему содержанию RAP), муниципальные дотации в перерабатывающие компании, формирование логистических цепочек сбора остатков, а также увеличение осведомлённости проектировщиков, а также поставщиков.

В обстоятельствах упадка естественных ресурсов, а также возрастающих экономных ограничений, постройка путей с переделанных использованных материалов – это не выбор, а стратегическая необходимость.

Выводы и рекомендации

Использование переработанных материалов в дорожных покрытиях возможно без ущерба для качества при соблюдении технологических норм.

Оптимальная доля вторичных компонентов составляет до 20-30 % в зависимости от условий эксплуатации.

Экономия затрат достигает 20-25 % на тонну смеси.

Экологический эффект проявляется в снижении объёмов отходов, выбросов углерода и потребления природных ресурсов.

Рекомендуется дальнейшее развитие нормативной базы и внедрение пилотных проектов на региональном уровне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бессонов Д. В., Бессонов М. Д. «Эффективный модификатор асфальтобетонов на основе пластиковых отходов» // «Умные композиты в строительстве», 2021, №4.
2. Гурбанов С., Аннагулыев Я., Аннануров А. «Переработанный пластик в дорожном строительстве» // Журнал «Вестник науки», 2024.
3. Еговцев К. Ю., Бартоломей И. Л. «Строительство автомобильных дорог с применением переработанного пластика» // Сб. Всерос. конф. «Химия, экология, урбанистика», Пермь: ПНИПУ, 2019, Т. 2, С. 69–73.
4. Инновационные композиционные материалы на основе цемента, древесных отходов и полиэтилентерефталата для промышленного строительства / Т. Н. Стородубцева, Э. А. Черников,

О. И. Шакирова, В. А. Бондарев // Лесотехнический журнал. – 2025. – Т. 15, № 4(60). – С. 343-355. – DOI 10.34220/issn.2222-7962/2025.4/20. – EDN MPBMUO.

5. Нурлыгаянов Л. Р. «Утилизация пластика в дорожном строительстве» // «Актуальные исследования», 2023, №2 (132), Ч. I, с. 36–38.

6. Лысянников А. В., Третьякова Е. А., Лысянникова Н. Н. «Переработанный пластик в дорожном строительстве» // «Известия ТулГУ. Технические науки», 2017, №7.

7. Стородубцева, Т. Н. Применение древесных композитов в транспортном строительстве / Т. Н. Стородубцева, А. А. Аксомитный // Современные наукоемкие технологии. – 2015. – № 11. – С. 40-43. – EDN UNTXJZ.

8. Иванов В. П. «Применение вторичных материалов в дорожном строительстве» (2021) // «Строительство и технологии», № 3.

9. Черных А. С., Рублев И.Ю. Математическая модель определения объемов бересты на деревообрабатывающих предприятиях при организации производства композиционных материалов // Лесотехнический журнал. – 2025. – Т. 15, № 4(60). – С. 437-455. – DOI 10.34220/issn.2222-7962/2025.4/26.

10. Черных А. С., Рублев И.Ю. Проблемы переработки древесных отходов в виде коры березы // Энергоресурсосберегающие и экологически безопасные технологии лесопромышленного комплекса: Материалы Международной научной конференции ученых и студентов – Воронеж: ВГЛУ им. Г.Ф. Морозова, 2024. – С. 208-212. – DOI 10.58168/E-SEFTFI2024_208-212.

REFERENCES

1. Bessonov D. V., Bessonov M. D. "An Effective Asphalt Concrete Modifier Based on Plastic Waste" // "Smart Composites in Construction", 2021, No. 4.

2. Gurbanov S., Annagulyev Ya., Annanurov A. "Recycled Plastic in Road Construction" // Journal "Bulletin of Science", 2024.

3. Egovtsev K. Yu., Bartolomey I. L. "Construction of Highways Using Recycled Plastic" // Proc. All-Russian Conf. "Chemistry, Ecology, Urban Studies", Perm: PNIPU, 2019, Vol. 2, pp. 69–73.

4. Innovative composite materials based on cement, wood waste and polyethylene terephthalate for industrial construction / T. N. Storodubtseva, E. A. Chernikov, O. I. Shakirova, V. A. Bondarev // Forestry journal. - 2025. - Vol. 15, No. 4 (60). - Pp. 343-355. – DOI 10.34220/issn.2222-7962/2025.4/20. – EDN MPBMUO.

5. Nurlygayanov L. R. "Recycling of Plastic in Road Construction" // "Aktualnye Issledovaniia", 2023, No. 2 (132), Part I, pp. 36–38.

6. Lysyannikov A. V., Tretyakova E. A., Lysyannikova N. N. "Recycled Plastic in Road Construction" // "Izvestiya Tula State University. Technical Sciences", 2017, No. 7.

7. Storodubtseva, TN Application of wood composites in transport construction / TN Storodubtseva, AA Aksomitny // Modern science-intensive technologies. – 2015. – No. 11. – P. 40-43. – EDN UNTXJZ.

8. Ivanov V. P. "Use of Recycled Materials in Road Construction" (2021) // "Construction and Technology", No. 3.

9. Chernykh, A. S., and Rublev, I. Yu. Mathematical Model for Determining the Volumes of Birch Bark at Woodworking Enterprises in the Production of Composite Materials. Lesotekhnicheskyy Zhurnal, 2025, Vol. 15, No. 4(60), pp. 437-455. DOI 10.34220/issn.2222-7962/2025.4/26.

10. Chernykh A. S., Rublev I. Yu. Problems of processing wood waste in the form of birch bark // Energy-saving and environmentally friendly technologies of the timber industry: Proceedings of the International Scientific Conference of Scientists and Students – Voronezh: VGULU named after G. F. Morozov, 2024. – P. 208-212. – DOI 10.58168/E-SEFTFI2024_208-212.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДЯНОГО ВПРЫСКА В ДВС

С.А. Толстов¹, С.Л. Панченко¹, А.С. Толстова¹, Д.Р. Набатов¹, К.А. Узун¹
¹ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия

Автор, ответственный за переписку: Сергей Анатольевич Толстов: serezhha.tolstoff@yandex.ru

Аннотация. В настоящее время остро стоит проблема защиты окружающей среды от вредных выбросов, содержащихся в продуктах сгорания топлива в атмосферу. Одним из основных поставщиков токсичных газов в атмосферу является автомобильный транспорт, снабженный двигателями внутреннего сгорания - самым распространенным тепловым двигателем в мире. Учеными, исследователями и лабораториями крупных автопроизводителей ведутся работы, которые позволят снизить количество токсичных газов в продуктах сгорания топлива. Одно из направлений работы, это использование водяного впрыска. С целью практического исследования работы ДВС на смеси с водой была разработана экспериментальная установка на базе четырехтактного одноцилиндрового бензинового двигателя.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания (ДВС), автомобильный транспорт, загрязнение окружающей среды, водяной впрыск, токсичные газы, экология.

RESEARCH OF WATER INJECTING IN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

S.A. Tolstov¹, S.L. Panchenko¹, A.S. Tolstova¹, D.R. Nabatov¹, K.A. Uzunov¹
¹ Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, serezhha.tolstoff@yandex.ru

Abstract. Currently, there is an urgent need to protect the environment from harmful emissions contained in the combustion products of fuel into the atmosphere. One of the main suppliers of toxic gases into the atmosphere is motor transport equipped with internal combustion engines - the most widespread thermal engine in the world. Scientists, researchers and laboratories of major automakers are working on projects that will reduce the amount of toxic gases in the combustion products of fuel. One of the areas of work is the use of water injection. In order to practically study the operation of an internal combustion engine on a mixture with water, an experimental setup based on a four-stroke single-cylinder gasoline engine was developed.

Keywords: internal combustion engine (ICE), road transport, environmental pollution, water injection, toxic gases, ecology.

В состав продуктов сгорания углеводородного топлива (бензина, дизельного топлива) входят токсичные газы (оксиды азота (NO_x), оксиды углерода (CO), различные углеводороды (C_nH_m), оксиды серы (SO_x)) и твердые частицы (соединения свинца, сажа), приносящие непоправимый вред окружающей среде и человеку (рисунок 1). Ежедневно вдыхая необходимый для жизни воздух, человек, кроме того, одновременно, можно сказать, сокращает свою жизнь. Вредные газы и другие вещества негативно воздействуют на здоровье людей, вызывая различные заболевания. Углеводороды стимулируют образование злокачественных опухолей; формальдегиды действуют на глаза, дыхательные пути, ЦНС, печень, почки; углекислый газ затрудняет процесс газообмена, приводит к кислородному голоданию; оксиды азота вызывают серьезные

заболевания различных органов; оксиды серы раздражают глаза, нос, горло, влияют на легкие; соединения свинца поражает ЦНС и кровеносные органы. И это конечно не весь перечень заболеваний, и главное, важно, что человек сразу не чувствует вред и не осознает надвигающуюся опасность для здоровья. Медицина тоже не может сразу поставить диагноз. Все это накапливается постепенно и в итоге может привести к серьезным и даже неизлечимым заболеваниям. Это заставляет искать решения по снижению токсичности выхлопных газов в атмосферу от двигателей.

Одним из основных поставщиков таковых в атмосферу является автомобильный транспорт, снабженный двигателями внутреннего сгорания. Проблема настолько серьезна, что некоторые развитые страны уже заявляют об отказе в ближайшем будущем от дальнейшего использования двигателей внутреннего сгорания (ДВС) [1-4].

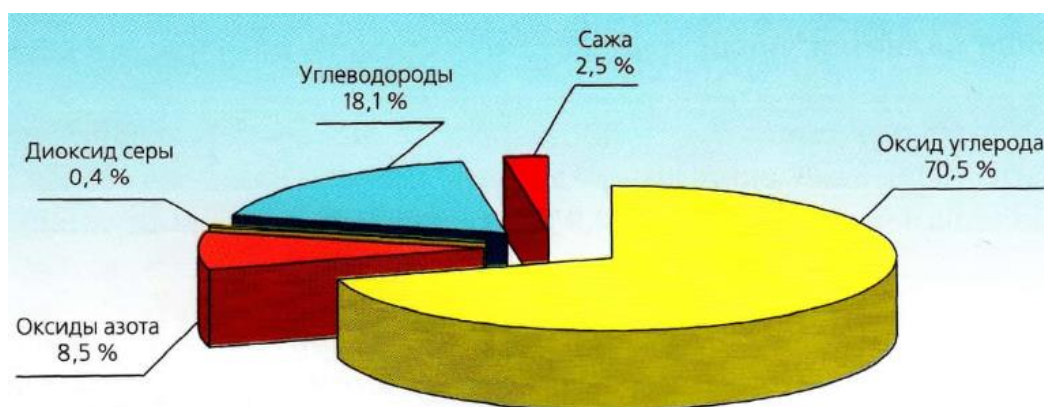


Рисунок 1 – Диаграмма загрязнения воздуха выбросами автомобильного транспорта
Figure 1 – Diagram of air pollution from automobile emissions

Ввиду того, что ДВС являются самыми распространенными двигателями в мире и используются в различных областях жизни и деятельности, отказаться от них в ближайшем будущем просто невозможно из-за их огромного количества. Таким образом, необходима модернизация действующих и производимых двигателей с точки зрения экологичности. Теоретически это возможно. Для этого необходимо снабдить силовую установку дополнительными системами и устройствами по нейтрализации и утилизации каждого из вредоносных компонентов, содержащихся в продуктах сгорания топлива и других системах и элементах двигателя. К сожалению, в настоящее время это не представляется возможным, не только из-за сложности, высокой стоимости, но в том числе и из-за отсутствия соответствующих технологий. Тем не менее, ученые работают, технологии развиваются и в недалеком будущем, безусловно, проблемы будут решены и двигатель внутреннего сгорания станет безвредным для окружающей среды и здоровья человека.

На сегодня можно уверенно сказать, что работа, направленная на экологичность ДВС, идет и развивается. Совершенствуются технологии по очистке и внедрению более чистых топлив, усовершенствуются каталитические нейтрализаторы и сажевые фильтры, осуществляется переход на газовое и альтернативное топливо. С июля 2020 года заработала Государственная программа по льготному переоборудованию автомобильных двигателей на газ. Тем самым предполагается значительно увеличить российский парк «газового автотранспорта». В настоящее время в России только около 160 тыс. автомобилей работает на газомоторном топливе. Для примера, в Италии таких машин больше миллиона. Кроме того, разрабатываются двигатели, выбрасывающие в атмосферу более чистый выхлоп. Это двигатели, работающие на смеси природного газа с процентной долей водорода и возобновляемом топливе [4-6, 12].

В связи с обострившейся экологической обстановкой вернулись и к теме водяного впрыска, позволяющего снизить токсичность в выхлопных газах. Почему-то об этой стороне водяного впрыска на время забыли. Его использовали в основном для кратковременного форсажа, увеличения мощности и снижения детонации в радиальных поршневых авиационных двигателях самолетов во Второй мировой войне и автогонках формулы 1 и WRC в 60-х годах прошлого века. Понятно, что в то время не стояла так остро задача охраны и защиты окружающей среды от токсичных газов, поэтому и основное внимание было устремлено на другие цели. Но, положение дел изменилось, и сегодня на первый план выступает экология. В связи с этим, становятся значимыми любые меры, которые позволят снизить выброс вредных веществ в атмосферу. Одним из таких вариантов и является впрыск воды в ДВС. И что особенно значимо, что данный способ не требует глубокой модернизации ДВС, а может быть внедрен на уже произведенных и производимых двигателях.

Важность этой задачи подтверждается тем, что все чаще в печати появляются работы, которые ведутся в этом направлении (работы Томского Политехнического Университета (ТПУ), Федерального исследовательского центра проблем химической физики и медицинской химии (ФИЦ ПХФ и МХ) РАН, ученых Московского авиационного института (МАИ), работы «Белорусской государственной сельскохозяйственной академии»). Это наглядно подтверждает, что исследования по модернизации ДВС в направлении водяного впрыска, с целью снижения токсичности выхлопных газов, является на сегодняшний день актуальной задачей [7-8].

С целью практического исследования работы ДВС на смеси с водой была разработана лабораторная экспериментальная установка на базе четырехтактного одноцилиндрованного поршневого бензинового двигателя внутреннего сгорания с узлом получения и подачи воды в цилиндр двигателя (рисунок 2). Работа была выполнена совместно с членами студенческого научно-технического кружка «Лошадиная сила» на кафедре электротехники, теплотехники и гидравлики.

В отличие от других известных вариантов водяного впрыска, приводимых в печати, в нашем случае, подачу воды предлагается осуществлять в мелкодисперсном состоянии. Для этого был разработан узел по получению влажного насыщенного водяного пара (водяного тумана) при помощи ультразвукового излучателя. Ввод водяного тумана производили в воздух, выходящий из воздушного фильтра, по трубке из парогенератора. В этом случае смешивание воздуха и воды (тумана) происходит более равномерно, так как оба вещества находятся в газообразном состоянии. Для начала и прекращения подачи влаги в воздух на трубке парогенератора предусмотрен кран. Вследствие этого, эффективнее будет и смешивание влажного воздуха с топливом, а значит и сгорание топлива будет более полным. Таким образом, увеличится количество подводимой в цикле теплоты, что положительно повлияет и на термический КПД. Здесь мы наглядно видим многостороннее влияние ввода влаги на параметры работы и технические характеристики двигателя, что подтверждалось и ранее.

Определение количества вредных газов в продуктах сгорания топлива при работе двигателя производили при помощи стационарного автомобильного пятикомпонентного газоанализатора «Инфракар 5М».

Результаты экспериментов на данном пилотном образце на топливо-водо-воздушной смеси показали следующее:

- снижение уровня окиси углерода (CO) порядка 5 %,
- двуокиси углерода (CO₂) порядка 5 %,
- углеводородов (CH) порядка 10 %.

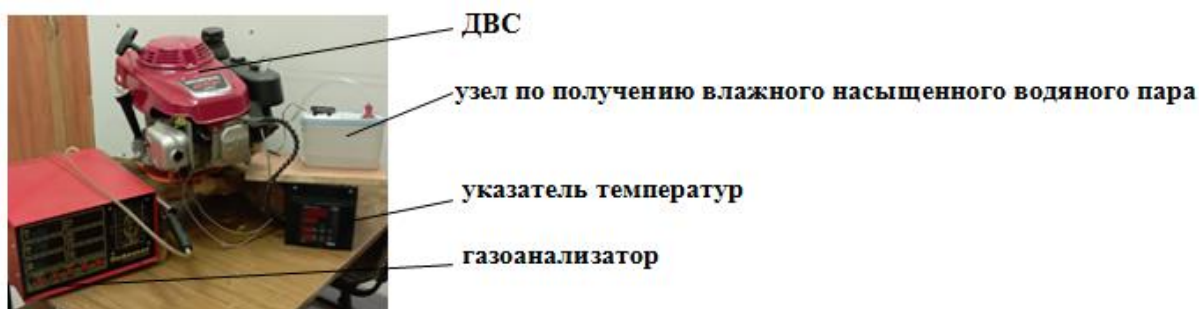


Рисунок 2 – Экспериментальная установка на базе четырехтактного бензинового двигателя с узлом по получению влажного насыщенного водяного пара (тумана)

Figure 2 – Experimental installation based on a four-stroke gasoline engine with a unit for producing moist saturated water vapor (fog)

На основании вышеизложенного, можно сделать вывод, что ввод воды в топливовоздушную смесь оказывает положительное влияние на снижение токсичности выхлопных газов ДВС [8-10].

Необходимо отметить, что предлагаемый вариант снижения токсичности выхлопных газов, путем добавления воды в мелкодисперсном состоянии в топливовоздушную смесь, является технически простым, не требует больших материальных затрат и что самое важное, может быть осуществлен на любом рабочем ДВС.

Проведенная экспериментальная работа показала возможность и целесообразность применения водяного впрыска в ДВС с целью снижения вредных выбросов в атмосферу, а так же необходимость дальнейшего более глубокого исследования этого метода. Работа выявила и ряд недостатков, в частности связанных с подачей водяного тумана. А именно, с необходимостью задержки подачи влаги после запуска двигателя и прекращения подачи перед остановкой (глушением) двигателя. Это необходимо для предотвращения скапливания конденсата в цилиндре двигателя, что может привести в дальнейшем к негативным последствиям. Практически это не представляет большой проблемы и в дальнейшем предполагается эти операции автоматизировать и переложить на блок автоматического управления. Кроме того, необходимо измерение температуры отработавших газов непосредственно на выходе из камеры сгорания, для чего требуются датчики температуры, выдерживающие температуры до 2000⁰С.

Таким образом, можно сказать, что подача воды в мелкодисперсном состоянии в топливо-воздушную смесь, оказывает благоприятное воздействие на процесс сжигания топлива, с точки зрения уменьшения объема токсичных газов в продуктах сгорания, а значит, оказывает меньший вред окружающей среде и соответственно человеку.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Негативное воздействие автомобильного транспорта на экологию. – URL: <https://cyberleninka.ru/> (дата обращения: 24.02.2026).
2. Автомобили и экология. – URL: <https://ecoportal.su/> (дата обращения: 24.02.2026).
3. Загрязнение атмосферы автотранспортом: как происходит и способы снижения. – URL: <https://rcycle.net/> (дата обращения: 18.02.2026).
4. РФ будет субсидировать от половины затрат при переводе автомобилей на метан. – URL: <https://www.interfax.ru/> (дата обращения: 25.02.2026).
5. Kawasaki выпустила первый в мире серийный ДВС, которые генерирует электроэнергию на газовой смеси с 30 % водорода. – URL: <https://3dnews.ru/> (дата обращения: 22.02.2026).

6. RENAULT и GEELY представили ДВС под 100% возобновляемое топливо. – URL: <https://auto.mail.ru/> (дата обращения: 24.02.2026).
7. Перспективные добавки. Ученые ТПУ: добавление воды в топливо ускоряет его сгорание на 14 %. <https://poisknews.ru/> (дата обращения: 20.02.2026).
8. Влияние диссоциации воды на расход топлива в двигателях внутреннего сгорания. – URL: <https://science-education.ru/> (дата обращения: 24.02.2026).
9. Толстов, С.А. Разработка схемы экспериментальной установки ДВС с модернизированной системой подачи топливо-водо-воздушной смеси с целью снижения вредных выбросов в выхлопных газах/ С.А. Толстов, С.Л. Панченко, А.С. Толстова, Д.Р. Набатов, Р.В Трощенко // Физические основы наукоемких технологий в современном мире. Материалы Всероссийской научно-методической конференции с международным участием. Воронеж, 15 апреля 2025 г. М-во науки и высшего образования РФ, ФГБОУ ВО «ВГЛУ». Воронеж, 2025. - С.136-141.
10. Толстов С.А. Снижение токсичности выхлопных газов цикла ДВС при работе на газопароводяной смеси/ С.А. Толстов, С.Л. Панченко, А.С. Толстова //Воронежский научно-технический вестник. - 2025. - №3 (53). - С. 82-95.
11. Дьяченко Н.Х. Теория двигателей внутреннего сгорания. Рабочие процессы. – Л.: Машиностроение, 1974. – 551 с.
12. Как перевести машину на газ за счет государства. - URL: <https://zakonguru.com/transport/mashina-gaz.html>.

REFERENCES

1. The negative impact of road transport on the environment. – URL: <https://cyberleninka.ru/> (date of access: 02/24/2026).
2. Cars and ecology. – URL: <https://ecoportal.su/> (date of reference: 02/24/2026).
3. Pollution of the atmosphere by motor vehicles: how it happens and the ways of reduction. – URL: <https://rcycle.net/> (date of request: 02/18/2026).
4. The Russian Federation will subsidize from half of the costs of converting cars to methane. – URL: <https://www.interfax.ru/> (date of access: 02/25/2026).
5. Kawasaki has released the world's first mass-produced internal combustion engine that generates electricity from a gas mixture with 30% hydrogen. – URL: <https://3dnews.ru/> (date of issue: 02/22/2026).
6. RENAULT and GEELY presented internal combustion engines for 100% renewable fuel. – URL: <https://auto.mail.ru/> (date of reference: 02/24/2026).
7. Promising additives. TPU scientists: adding water to fuel accelerates its combustion by 14%. <https://poisknews.ru/> (date of reference: 02/20/2026).
8. The effect of water dissociation on fuel consumption in internal combustion engines. – URL: <https://science-education.ru/> (date of access: 02/24/2026).
9. Tolstov, S.A. Development of a scheme for an experimental ICE installation with an upgraded fuel-water-air mixture supply system in order to reduce harmful emissions in exhaust gases/ S.A. Tolstov, S.L. Panchenko, A.S. Tolstova, D.R. Nabatov, R.V. Troshchenko // Physical foundations of high-tech technologies in the modern world. Materials of the All-Russian Scientific and Methodological conference with international participation. Voronezh, April 15, 2025, Moscow State University of Science and Higher Education of the Russian Federation, VGLTU. Voronezh, 2025. pp.136-141.
10. Tolstov S.A., Panchenko S.L., Tolstova A.S. Reducing the toxicity of exhaust gases from the internal combustion engine cycle when operating on a gas-and-water mixture. //Voronezh Scientific and Technical Bulletin. -2025.- №3 (53). - Pp. 82-95.
11. Dyachenko N.H. Theory of internal combustion engines. Work processes. – L.: Mashinostroenie, 1974. – 551 p.
12. How to switch a car to gas at the expense of the state. - URL: <https://zakonguru.com/transport/mashina-gaz.html>.

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЗАРЯДНОГО МАНИПУЛЯТОРА ДЛЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

Кириченко И.А.¹, Хлистун В.Р.², Снятков Е.В.³, Савинков М.А.⁴, Крухмалев С.Н.⁵
^{1,3,4,5} ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия, kirichenkoigor4@mail.ru

² Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия, kirichenkoigor4@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается роботизированная система зарядки электромобилей, функционирующая на базе манипулятора с системой технического зрения. Разработанный комплекс объединяет интеллектуальную систему управления, набор датчиков и механизмы безопасности, что позволяет автоматизировать процесс зарядки и эффективно использовать пространство станции.

Ключевые слова: роботизированная система, автоматическая зарядка, электромобиль, манипулятор, зарядная станция, техническое зрение, автоматизация, инфраструктура, электротранспорт, система безопасности.

RATIONALE FOR THE USE OF A CHARGING MANIPULATOR FOR ELECTRIC VEHICLE CHARGING

Kirichenko I.A.¹, Khlistun V.R.², Snyatkov E.V.³, Savinkov M.A.⁴, Krukhmalev S.N.⁵
^{1,3,4,5} Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia, kirichenkoigor4@mail.ru

² Voronezh State University, Voronezh, Russia, kirichenkoigor4@mail.ru

Abstract. The article examines a robotic electric vehicle charging system operating on the basis of a manipulator equipped with a technical vision system. The developed complex integrates an intelligent control system, a set of sensors and safety mechanisms, which allows automating the charging process and efficiently utilizing the station space.

Keywords: robotic system, automatic charging, electric vehicle, manipulator, charging station, technical vision, automation, infrastructure, electric transport, safety system

В условиях стремительного развития электротранспортных систем и глобальной трансформации транспортной инфраструктуры особую значимость приобретает внедрение передовых решений в сфере зарядной инфраструктуры. Современные автоматизированные системы представляют собой интегрированные мехатронные комплексы, объединяющие в себе передовые достижения робототехники, интеллектуальные системы управления и инновационное электротехническое оснащение. Эти высокотехнологичные решения не только отвечают текущим потребностям электротранспорта, но и задают новые стандарты в области зарядной инфраструктуры. Ниже на рисунке 1 и рисунке 2 представлен зарядный манипулятор для зарядки электромобилей.

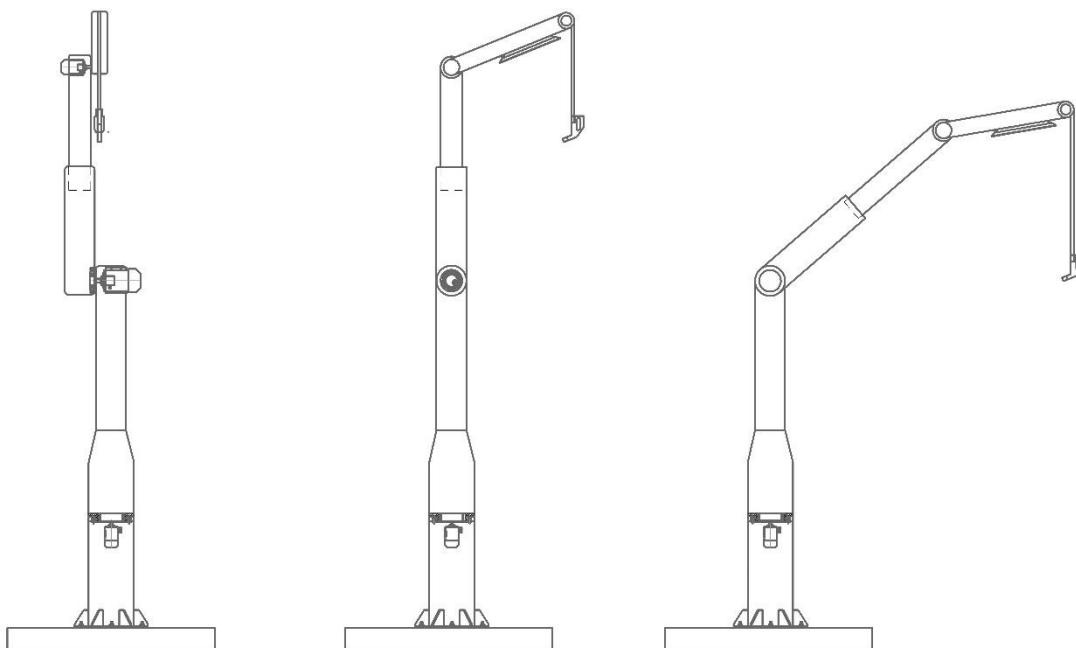


Рисунок 1 – Зарядный манипулятор для зарядки электромобилей
Figure 1 – Electric Vehicle Charging Manipulator

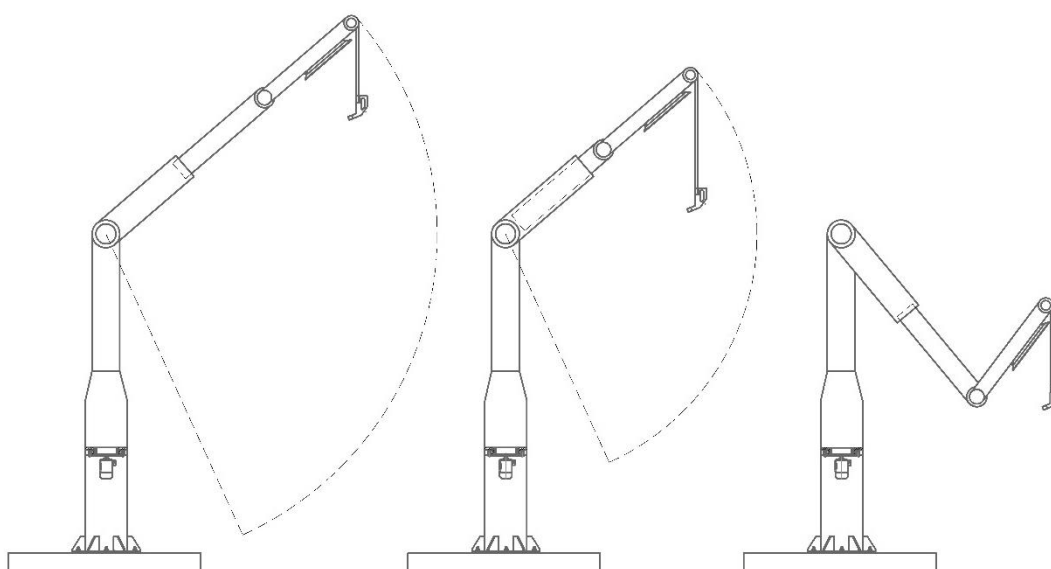


Рисунок 2 – Зарядный манипулятор для зарядки электромобилей и углы его поворота в рабочих положениях
Figure 2 – Electric vehicle charging manipulator and its rotation angles in operating positions

Функционирование установки базируется на слаженной работе взаимосвязанных подсистем, каждая из которых выполняет строго определённые функции в общей архитектуре комплекса. Центральным элементом выступает манипулятор, оснащённый современными сервоприводами с высокоточной системой обратной связи. Оптико-электронная система, построенная на базе высокоразрешающих камер и лазерных сканеров, обеспечивает точное позиционирование транспортного средства в пространстве с учётом всех геометрических параметров.

Процесс обслуживания начинается с момента въезда электромобиля в специально

оборудованную рабочую зону. Сенсорная система активирует комплекс, запуская комплексную процедуру трёхмерного сканирования пространства. Программный комплекс, основанный на передовых алгоритмах машинного зрения, обрабатывает полученные данные в режиме реального времени, определяя пространственное положение автомобиля относительно зарядной инфраструктуры с высокой точностью.

Далее блок управления, используя сложные математические модели и алгоритмы оптимизации, формирует оптимальную траекторию движения манипулятора. При этом учитываются не только геометрические параметры транспортного средства, но и точное расположение зарядного порта, а также текущие условия эксплуатации. Процесс подключения осуществляется в несколько этапов: от грубой наводки до прецизионной стыковки с использованием высокочувствительных тактильных датчиков.

Безопасность является приоритетным аспектом в конструкции роботизированного комплекса. Многоуровневая защита реализована на всех этапах работы системы, начиная от механических ограничителей и заканчивая сложными электронными системами контроля. Механические ограничители тщательно контролируют амплитуду перемещений всех подвижных элементов, а сенсорная сеть непрерывно отслеживает усилия при стыковке, предотвращая возможные повреждения оборудования и транспортного средства.

Постоянный визуальный контроль обеспечивается интегрированной системой технического зрения, которая работает в тандеме с другими подсистемами безопасности. Все критические параметры отслеживаются в режиме реального времени, что позволяет оперативно реагировать на любые отклонения от заданных параметров работы. По окончании процесса зарядки манипулятор автоматически возвращается в исходное положение по специально рассчитанной энергоэффективной траектории.

Интеллектуальный контроллер, используя алгоритмы оптимизации, определяет наиболее эффективный маршрут движения с учётом всех параметров безопасности и энергопотребления. При этом учитываются не только текущие условия эксплуатации, но и прогнозируемые нагрузки на систему. Механизм парковки активирует специальные фиксаторы для надёжной блокировки всех подвижных элементов в транспортном положении.

Диагностическая система, работающая в постоянном режиме, непрерывно контролирует техническое состояние всех компонентов комплекса, документируя полученные результаты в электронном журнале. При обнаружении любых отклонений от заданных параметров мгновенно срабатывает многоуровневая система аварийной защиты. Энергоэффективность комплекса достигается за счёт комплексной оптимизации всех движений манипулятора и применения современных энергосберегающих режимов работы.

Интеграция передовых технологических разработок обеспечивает не только высокий уровень безопасности и удобства использования, но и беспрецедентную эффективность работы всей системы. Внедрение подобных автоматизированных решений способствует формированию современной городской среды, отвечающей требованиям экологической безопасности и комфорта. По мере совершенствования технологий и оптимизации производственных затрат роботизированные зарядные станции неизбежно станут ключевым элементом транспортной инфраструктуры будущего, стимулируя массовый переход на экологически чистый транспорт и способствуя формированию устойчивого городского пространства.

Эти инновационные комплексы не просто отвечают текущим потребностям рынка, они задают новые стандарты в области зарядной инфраструктуры, открывая широкие перспективы для дальнейшего развития электротранспорта и создания комфортной городской среды будущего. Их внедрение станет важным шагом на пути к

формированию современной, эффективной и экологичной транспортной системы, отвечающей вызовам XXI века.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лошутов А.В., Миронов Д.Н., Гончаренко В.П. Разработка мехатронной системы для автоматизированной зарядки электромобилей // Вестник машиностроения. – 2023. – №4. – С. 273-278.
2. Петров М.С. Роботизированные системы в зарядной инфраструктуре: современное состояние и перспективы // Автоматизация и современные технологии. – 2024. – №2. – С. 15-23.
3. Автоматические системы транспортных средств : учебник / В.В. Беляков, Д.В. Зезюлин, В.С. Макаров, А.В. Тумасов. – Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2020. – 352 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-00091-696-4. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1052409>
4. Сидорова А.К. Интеллектуальные системы управления зарядными станциями // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2023. – №6. – С. 45-52.
5. Николаев П.Р. Развитие робототехники в сфере электротранспорта // Робототехника и техническая кибернетика. – 2023. – №5. – С. 98-105.
6. Компонентные схемы зон для зарядки электромобилей / Е. В. Снятков, С. В. Дорохин, В. Р. Хлистун, И. А. Кириченко // Современные системы и технологии на транспорте: проблемы и перспективы : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ВГЛУ им. Г.Ф. Морозова, Воронеж, 24–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2025. – С. 229-233. – DOI 10.58168/MSTT2025_229-233. – EDN CCWMIY.
7. Хлистун, В. Р. Перспективы использования МТА с электроприводом в АПК / В. Р. Хлистун, Е. В. Снятков // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК : Материалы VII Международной студенческой научной конференции, Майский, 25–27 февраля 2025 года. – Майский: ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2025. – С. 66-67. – EDN HFHHIF.

REFERENCES

1. Loshutov A.V., Mironov D.N., Goncharenko V.P. Development of a mechatronic system for automated electric vehicle charging // Mechanical Engineering Bulletin. – 2023. – No. 4. – P. 273-278.
2. Petrov M.S. Robotized systems in charging infrastructure: current state and prospects // Automation and Modern Technologies. – 2024. – No. 2. – P. 15-23.
3. Sidorova A.K. Intelligent control systems for charging stations // Instruments and Systems. Control, Monitoring, Diagnostics. – 2023. – No. 6. – P. 45-52.
4. Fedorov D.V., Ivanov S.A. Automated electric vehicle charging systems: technical aspects and safety // Electrical Engineering and Electromechanics. – 2023. – No. 3. – P. 78-86.
5. Nikolaev P.R. Development of robotics in the field of electric transport // Robotics and Technical Cybernetics. – 2023. – No. 5. – P. 98-105.
6. Layout schemes of zones for electric vehicle charging / E. V. Snyatkov, S. V. Dorokhin, V. R. Khlistun, I. A. Kirichenko // Modern systems and technologies in transport: problems and prospects: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 95th anniversary of Voronezh State Forest Engineering University named after G.F. Morozov, Voronezh, April 24–25, 2025. – Voronezh: Voronezh State Forest Engineering University named after G.F. Morozov, 2025. – P. 229-233. – DOI 10.58168/MSTT2025_229-233. – EDN CCWMIY.
7. The prospects of using MTA with electric drive in agro-industrial complex / V. R. Khlistun, E. V. Snyatkov // Gorin Readings. Innovative solutions for agro-industrial complex: Proceedings of the VII International Student Scientific Conference, Maysky, February 25–27, 2025. – Maysky: Belgorod State Agrarian University, 2025. – P. 66-67. – EDN HFHHIF.

АНАЛИЗ ПОСТРОЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО АЛГОРИТМА СОСТАВА СМЕСИ ВОЗДУХ-ДИЗЕЛЬ-МЕТАН В СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТАХ, НА ПРИМЕРЕ TE-GD4

В.Н. Бухтояров¹, В.А. Иванников¹, И.Е. Поляков¹, А.Д. Голев¹
¹ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия

Автор, ответственный за переписку: Владимир Николаевич Бухтояров, 79081469891@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматривается алгоритм составления топливной смеси воздух-дизель-метан при различных режимах работы газодизельного двигателя. Рассмотрены основные факторы, влияющие на состав топливной смеси. Подробно изложен алгоритм коррекции топливной смеси воздух-дизель-метан как на максимальных, так и средних нагрузках на двигатель.

Ключевые слова: программный продукт, газодизель, метан, оптимальный состав топливной смеси, условия эксплуатации, алгоритм составления топливной смеси.

DIGITAL TRANSFORMATION OF CONTROL AND SUPERVISORY ACTIVITIES OF THE STATE TRAFFIC INSPECTORATE

V.N. Bukhtoyarov¹, V.A. Ivannikov¹, I.E. Polyakov¹, A.D. Golev¹
¹ Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia

The author responsible for the correspondence: Vladimir Nikolaevich Bukhtoyarov,
79081469891@yandex.ru

Abstract. The article discusses the algorithm for compiling an air-diesel-methane fuel mixture under various operating conditions of a gas-diesel engine. The main factors affecting the composition of the fuel mixture are considered. The article provides a detailed description of the algorithm for correcting the air-diesel-methane fuel mixture at both maximum and medium engine loads.

Keywords: software product, gas-diesel, methane, optimal fuel mixture composition, operating conditions, and fuel mixture composition algorithm.

С течением времени запасы нефти будут уменьшаться и человеку необходимо задуматься об альтернативе широко используемым в двигателях автомобилей бензину и дизельному топливу. Выходом из сложившейся ситуации является использование электромобилей, газовых двигателей, газодизелей, водорода и т.д.

Газодизельные двигатели все чаще можно встретить на территории нашей страны. Данные двигатели применяют в тракторах, автобусах, грузовиках, на легковых автомобилях они распространения не получили из-за ряда причин, в том числе и экономических и технических [1, 2].

В основе работы газодизельного двигателя лежит использование способности дизельного топлива самовоспламенятся от сжатия, а уже газо-воздушная смесь воспламеняется запальной дозой дизеля. Алгоритм программного обеспечения электронного блока управления (ЭБУ) устроен так, что дизельное топливо подается

постоянно в определенной пропорции. Обычно базовая порция составляет от 20 до 30 % от стандартной подачи.

В качестве газомоторного топлива чаще всего используют метан, так как он менее дорогой и более доступный. Высокое октановое число (приблизительно около 115) способствует увеличению энергоемкости смеси воздух-дизель-метан.

Микропрограмма ЭБУ рассчитана на замещение 50-70 % метана от количества дизельного топлива. При чем количество подаваемого топлива определяется техническими характеристиками двигателя внутреннего сгорания и турбокомпрессора. Значительное влияние оказывают режимы работы турбокомпрессора.

Основная задача микропрограммы – управление подачей газа таким образом, чтобы происходило полное сгорание смеси воздух-дизель-метан без появления признаков детонации, при этом происходило максимальное замещение метана дизелем. Именно с этой целью в программном продукте используется многоуровневая система коррекции по проявлению признаков детонации, температурным и другим параметрам.

На смесеобразование влияют режимы нагрузки на автомобиль, которые определяются условиями эксплуатации. При этом режимы эксплуатации условно можно разделить на следующие четыре вида. К ним относят холостой ход двигателя или малые нагрузки, создаваемые на него; средние нагрузки на двигатель (при скоростном режиме движения транспортного средства в пределах 80-120 км/ч); высокие нагрузки на двигатель, которые характеризуются резкими подъемами и разгонами транспортного средства; переходные режимы движения автомобиля. Задача программного продукта для заданного режима подобрать такую смесь воздух-дизель-метан, чтобы были обеспечены необходимые мощностные характеристики двигателя.

На холостом ходу и малых нагрузках должен быть минимальный процент подачи газа и преобладать объем подачи дизельного топлива. Основными показателями нормальной работы двигателя является стабильность оборотов и отсутствие запаха газа в автомобиле.

На средних нагрузках (80-120 км/ч) должно наблюдаться максимальное замещение газа. Как показывает практика уровень замещения составляет до 70 %, при этом должно быть отсутствие детонации и стабильность температуры выхлопа.

При высоких нагрузках происходит умеренное замещение газом с акцентом на предотвращение детонации с активным мониторингом ее предотвращения. При этом происходит автоматическое снижение подачи газа при необходимости и контроль температуры выхлопных газов [3, 4].

При переходных процессах происходит сглаживание цифровыми фильтрами и запаздывание включения газовых форсунок для исключения кратковременной детонации.

Алгоритм нахождения оптимального состава смеси воздух-дизель-метан представлен на рисунке 1. Первый этап представляет собой составление первоначальной карты, основными показателями которой являются частота оборотов коленчатого вала и положение педали газа. Следующий этап связан с изменением уровня подачи топлива через Power mode factor. Алгоритм работы включает в себя настройку работы двигателя на конкретных режимах (этап 3). В процессе работы системы учитываются сигналы детонации (этап 4), с последующим изменением подачи топлива по температуре газа и редуктора (этап 5). В конце происходит настройка соотношения массы воздух-дизель-метан, которая поступает в двигатель во время сгорания. Это в конечном счете и является финальным этапом [5].

Рисунок 1 показывает, что алгоритм настройки состава смеси воздух-дизель-метан происходит по нескольким ступеням, при чем каждый последующий этап

изменяет и подстраивает предыдущий. Это все способствует гибкому регулированию состава смеси воздух-дизель-метан.

Реальные условия работы двигателя связаны с постоянным изменением нагрузок, в нем могут возникнуть детонации, постоянно меняются соотношения массы воздух-дизель-метан, температурные режимы, а использование TE-GD4 способствует плавному изменению этого состава, что благоприятно сказывается на его механизмах.

Основной функцией TE-GD4 является уменьшение вероятности появления детонации двигателя, при этом должна быть достигнута максимальная замена дизельного топлива метаном. Надо отметить, что кроме автоматической настройки в TE-GD4 предусмотрены ручные. Все это способствует еще более гибкому регулированию процесса составления состава топливной смеси. В том числе учитываются все особенности двигателя внутреннего сгорания конкретной марки.



Рисунок 1 – Алгоритм нахождения оптимального состава смеси воздух-дизель-метан
Figure 1 – Algorithm for finding the optimal air-diesel-methane mixture composition

Отличительной способностью программы TE-GD4 является интеллектуальная настройка с огромным количеством регулировочных параметров в режиме реального времени. При этом происходит не только максимальное замещение дизельного топлива метаном, но и поддержание необходимых мощностных характеристик. Кроме того, замещение дизеля метаном способствует экономии финансовых средств, уменьшает количество выбросов, наносит меньший экологический ущерб окружающей среде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Савельев Г.С., Кочетков М.Н., Овчинников Е.В. Эффективность газомоторного топлива для сельхозтехники. Сельскохозяйственные машины и технологии, 2015, № 1, с. 12–15.
- 2 Использование природного газа в качестве моторного топлива для автотранспортных средств на 2001–2005 годы // Правовой навигатор «Законы России». – 2005. - Режим доступа: https://law.russia.ru/texts/legal_193/doc193a320x242.htm (дата обращения: 15.03.2026).
- 3 Природный газ в двигателях / А.П. Кудряш, В.В. Пашков, В.С. Маринин и др. - Киев: Наукова думка, 1990. – 200 с.
- 4 Чернобрисов, С.Ф. К выбору оптимальной величины «запальной» дозы для надежного воспламенения двухтопливной смеси в газодизельном двигателе / С.Ф. Чернобрисов, А.В. Димогло // Аграрная наука (Stiinga Agricola). - 2018. - № 2. - с. 154-157.
- 5 ALPHA TE-GD4. Газодизельная система. Изменения и дополнения к описанию программы управления TE-GD. Режим доступа: – 2026. – 28 марта. – URL: https://Izmeneniya-i-dopolneniya-k-opisaniyu-programmy-upravleniya-TE_GD-ver-1.39_-1.42.pdf.

REFERENCES

- 1 Savelyev G.S., Kochetkov M.N., Ovchinnikov E.V. Efficiency of Gas-Engine Fuel for Agricultural Machinery. Agricultural Machinery and Technologies, 2015, No. 1, pp. 12–15.
- 2 Use of Natural Gas as an Engine Fuel for Motor Vehicles for 2001–2005 // Legal Navigator "Laws of Russia". – 2005. - Access mode: https://law.russia.ru/texts/legal_193/doc193a320x242.htm (date of access: 15.03.2026).
- 3 Natural gas in engines / A.P. Kudryash, V.V. Pashkov, B.S. Marinin, et al. - Kiev: Naukova dumka, 1990. – 200 p.
- 4 Chernobrisov, S.F. On the choice of the optimal value of the "ignition" dose for reliable ignition of a dual-fuel mixture in a gas-diesel engine / S.F. Chernobrisov, A.V. Dimoglo // Agrarian Science (Stiinga Agricola). - 2018. - No. 2. - pp. 154-157.
- 5 ALPHA TE-GD4. Gas-diesel system. Changes and additions to the description of the TE-GD control program. Access mode: – 2026. – March 28. – URL : https://Izmeneniya-i-dopolneniya-k-opisaniyu-programmy-upravleniya-TE_GD-ver-1.39_-1.42.pdf.

DOI: 10.58168/MTST2026_218-223
УДК 621.113.1

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЁТА КАРДАННОЙ ПЕРЕДАЧИ С СИНХРОННЫМИ ШАРНИРАМИ ПО ОЦЕНКЕ ИХ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

В.С. Волков¹, К.А. Астафьев¹

¹ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия, wl.volkov@yandex.ru

Аннотация. Представлен вариант конструктивного расчёта составных элементов автомобильной карданной передачи с синхронными шарнирами в вариантах существующих компоновочных схем. Рассмотрены предельно допускаемые величины нагрузочных режимов по согласованию с нормативными требованиями. Определены условия сохранения работоспособности деталей, воспринимающих действия нагрузок. Проанализированы достоинства и недостатки различных вариантов конструктивных решений.

Ключевые слова: карданная передача, диск, напряжения, шарнир, усилие.

FEATURES OF CALCULATING A GIMBAL TRANSMISSION WITH SYNCHRONOUS HINGES TO ASSESS THEIR OPERABILITY

V.S. Volkov¹, K.A. Astafyev¹

¹ Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh,
Russia, wl.volkov@yandex.ru

Abstract. A variant of the constructive calculation of the components of an automotive gimbal transmission with synchronous hinges in variants of existing layout schemes is presented. The maximum permissible values of load conditions are considered in accordance with regulatory requirements. The conditions for maintaining the operability of parts that perceive the effects of loads have been determined. The advantages and disadvantages of various design solutions are analyzed.

Keywords: cardan gear, disc, tension, hinge, force.

Отличие синхронного карданного шарнира [1] от классической схемы заключается в отсутствии пульсаций угловой скорости на ведомом валу относительно ведущего вала, что позволяет использовать их в полуосях привода управляемых колёс переднеприводных или полноприводных автомобилей. Кроме этого, такие шарниры могут использоваться в карданных передачах трансмиссий заднеприводных автомобилей вместо асинхронных шарниров по схеме классического привода.

Наиболее простым конструктивным решением такого вопроса является конструкция полуоси с дисковым синхронным шарниром, представленная на рисунке 1. В рассматриваемом случае [2] полуось, размещаемая в неразрезном переднем мосту, имеет две степени свободы: вращение относительно собственной оси и возможность поворота внешнего вала 1 в горизонтальной плоскости на угол θ_k поворота управляемого колеса.

В данной конструктивной схеме при вращении полуоси поворот внешнего вала 1 в горизонтальной плоскости на угол θ_k оказывается возможным за счёт наличия диска 3, размещённого между кулаками 2 и 4, также имеющими возможность поворота на этот угол относительно вилок внешнего и внутреннего валов 1 и 5.

Внутренний и внешний валы 1 и 5 воспринимают напряжения кручения, при этом действующие на них входной и выходной моменты равны между собой, $M_{вх} = M_{вых} = M_n$, но эти валы могут иметь разные диаметры, отчего оценка их работоспособности осуществляется с учётом разности этих величин.

В соответствии с равенством моментов на ведущем и ведомом валах напряжения кручения на этих валах

$$\tau_{кр} = \frac{M_n}{W_n},$$

где W_n – момент сопротивления кручению вала 1 или 5, определяемый по формуле

$$W_{кр} = \frac{\pi d_n^3}{16}.$$

Для изготовления составных частей валов полуоси используются стали типа 65Г; 60СГ2 с характеристиками допускаемых напряжений кручения по условиям прочности $[\tau_{кр}] = 160 \dots 230$ МПа [3].

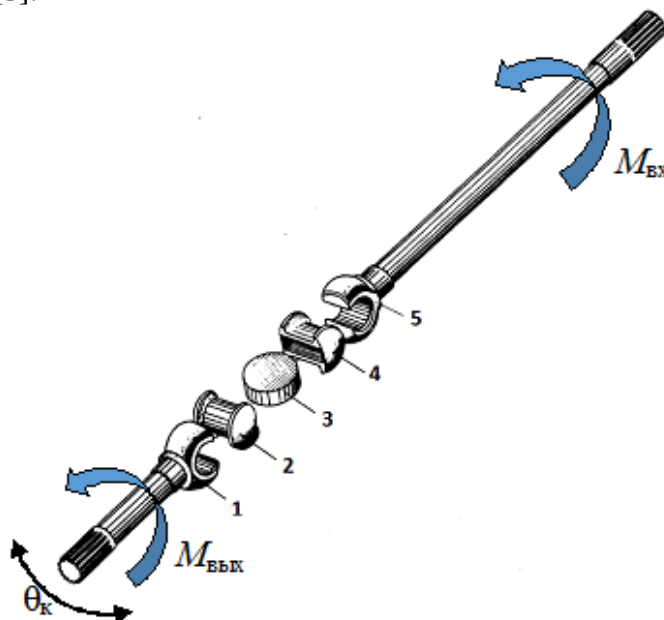


Рисунок 1 - Схема полуоси с дисковым синхронным шарниром: 1 – внешний вал; 2 – внешний кулак; 3 – диск; 4 – внутренний кулак; 5 – внутренний вал

Figure 1 - Diagram of a semi-axle with a disk synchronous hinge: 1 – outer shaft; 2 – outer fist; 3 – disk; 4 – inner fist; 5 – inner shaft

В соответствии с равенством моментов на ведущем и ведомом валах напряжения кручения на этих валах

$$\tau_{кр} = \frac{M_n}{W_n},$$

где W_n – момент сопротивления кручению вала 1 или 5, определяемый по формуле

$$W_{кр} = \frac{\pi d_n^3}{16}.$$

Для изготовления составных частей валов полуоси используются стали типа 65Г; 60СГ2 с характеристиками допускаемых напряжений кручения по условиям прочности $[\tau_{кр}] = 160 \dots 230$ МПа [3].

В контактах кулаков 2 и 4 с вилками валов 1 и 5 возникают напряжения смятия, определяемые по формуле

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{P_{\text{окр}}}{F_{\text{см}}},$$

где $P_{\text{окр}}$ – окружная сила в контакте вилки вала и кулака; $F_{\text{см}}$ – площадь смятия поверхности кулака.

Как видно из рисунка 2, окружная сила в контакте вилки вала и кулака есть функция момента на полуоси,

$$P_{\text{окр}} = \frac{M_{\text{п}}}{b_{\text{к}}},$$

где $M_{\text{п}}$ – момент на полуоси; $b_{\text{к}}$ – ширина кулака.

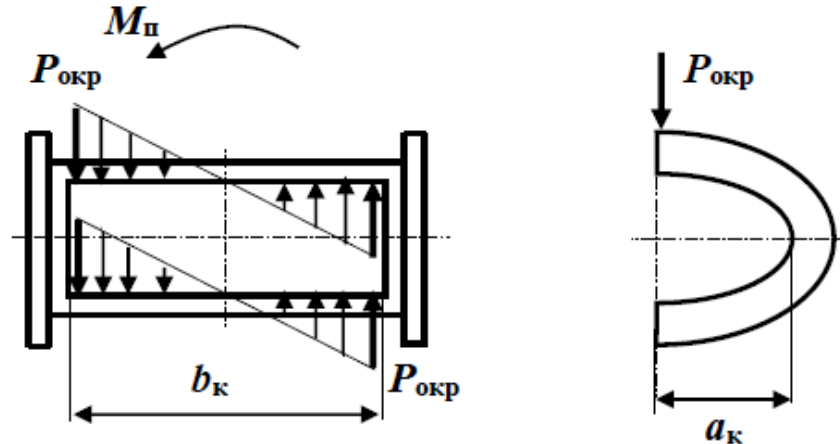


Рисунок 2 - Схема нагружения кулака от момента на вилке
Figure 2 - Diagram of the fist loading from the moment on the fork

Площадь смятия поверхности кулака целесообразно определять с учётом коэффициента кривизны поверхности $k_{\text{кп}}$,

$$F_{\text{см}} = b_{\text{к}} a_{\text{к}} k_{\text{кп}}.$$

Для данного случая $k_{\text{кп}} = 0,75 \dots 0,85$.

Изготовление вилки производится в единой детали с валом полуоси с применением сталей типа 65Г или 60СГ2, обладающих достаточно высокой прочностью. Для изготовления кулака используются стали типа 40Г; 45Х с характеристиками допускаемых напряжений $[\sigma_{\text{см}}] = 260 \dots 360$ МПа, либо чугуна типа СЧ 35 с характеристикой $[\sigma_{\text{см}}] = 185 \dots 260$ МПа [4].

В соединении кулаков 2 и 4 с диском 3, как показано на рисунке 3, диск подвергается нагрузкам изгиба на плече, определяемом радиусом диска и длиной $b_{\text{к}}$ контактной линии, образуемой сектором диска и линией границы кулака. Изгибающим по отношению к диску 3 является момент $M_{\text{п вх}}$ входной момент на полуоси 5. Аналогичным образом нагружается такой же по размерам сектор диска 3, связанный с кулаком 2. Угол $\alpha_{\text{ш}}$ определяет величину излома полуоси при повороте управляемого колеса. При равенстве моментов на входе в шарнир и на его выходе оценка работоспособности диска 3 осуществляется по напряжениям изгиба в зоне контакта кулака и сектора диска,

$$\sigma_{\text{из}} = \frac{M_{\text{п}}}{W_{\text{из}}},$$

где $W_{\text{из}}$ – момент сопротивления сечения сектора диска изгибу,

$$W_{\text{из}} = \frac{b_{\text{к}} h_{\text{д}}^2}{6},$$

где $h_{\text{д}}$ – толщина диска.

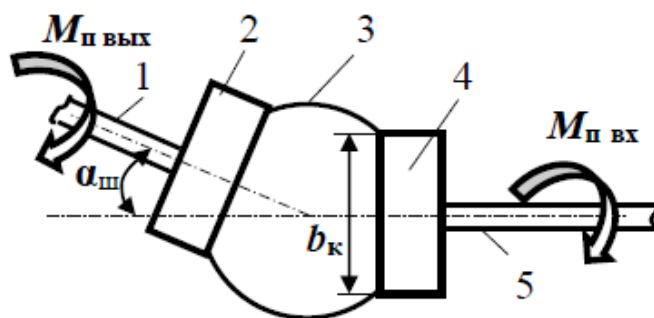


Рисунок 3 - Схема к расчёту диска синхронного шарнира: 1 – выходной вал;

2 – выходной кулак; 3 – диск; 4 – входной кулак; 5 – входной вал

Figure 3 - Diagram for calculating the disk of a synchronous hinge: 1 – output shaft; 2 – output fist; 3 – disc; 4 – input fist; 5 – input shaft

Для изготовления диска применяются высоколегированные стали типа 18ХГС; 30ХГТ с последующей термообработкой до твёрдости $HRC = 38 \dots 42$ и характеристиками допускаемых напряжений на изгиб $[\sigma_{из}] = 340 \dots 440$ МПа [5].

Более широкое распространение в современных условиях получил синхронный карданный шарнир с несущими шариками, показанный на рисунке 4. Передача момента в данном шарнире с ведущего вала на ведомый осуществляется посредством расположенных на сепараторе шариков. Количество шариков и их диаметр согласованы с количеством кулачков на внешней 1 и внутренней 4 обоймах.

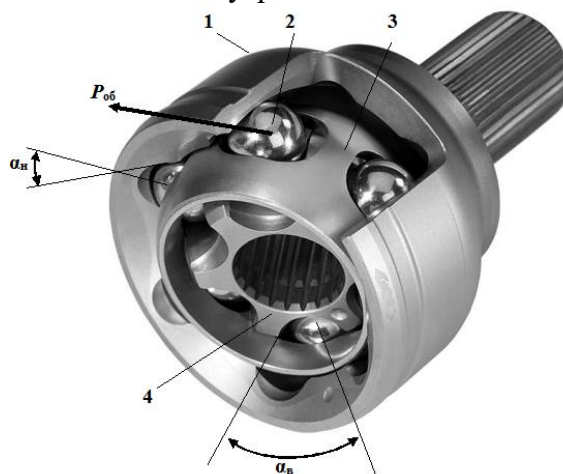


Рисунок 4 - Шариковый синхронный карданный шарнир: 1 – наружная обойма; 2 – шарик; 3 – сепаратор; 4 – внутренняя обойма

Figure 4 - Ball synchronous gimbal joint: 1 – outer cage; 2 – ball; 3 – separator; 4 – inner cage

Передача момента с наружной обоймы на внутреннюю или наоборот, при достаточно большом изломе осей их вращения, происходит за счёт передачи усилия между кулачками обойм и шариками. Достоинством данного шарнира является то, что в передаче крутящего момента одновременно участвуют все шарики, что позволяет снизить нагрузки между шариками и кулачками и, соответственно, уменьшить массогабаритные показатели шарнира.

При передаче момента с наружной обоймы на внутреннюю или наоборот, каждый шарик воспринимает нагрузку, определяемую диаметром шарика, радиусом расположения шариков на сепараторе и углами наклона кулачков обойм α_n и α_v . Окружное усилие, приложенное к центру каждого шарика, определяется по формуле

$$P_{об} = \frac{M_{п}}{r_{об}},$$

где $M_{п}$ – момент на ведущей обойме; $r_{об}$ – радиус расположения центров шариков на сепараторе.

Усилие в зоне контакта одного шарика и поверхности кулачка наружной обоймы

$$P_{\text{нш}} = \frac{P_{\text{об}} \cos \alpha_{\text{н}}}{z_{\text{ш}}},$$

где $\alpha_{\text{н}}$ – угол наклона поверхности кулачка наружной обоймы к линии радиуса, проходящей через центр шарика; $z_{\text{ш}}$ – число шариков в сепараторе.

Аналогичным образом определяется усилие в зоне контакта одного шарика и поверхности кулачка внутренней обоймы,

$$P_{\text{вш}} = \frac{P_{\text{об}} \cos \alpha_{\text{в}}}{z_{\text{ш}}},$$

где $\alpha_{\text{в}}$ – угол наклона поверхности кулачка наружной обоймы к линии радиуса, проходящей через центр шарика.

Отношение радиусов желобов $r_{\text{жн}}$ наружной и $r_{\text{жв}}$ внутренней обойм к радиусу шарика обычно находится в пределах $\frac{r_{\text{жн}}}{r_{\text{ш}}} \approx \frac{r_{\text{жв}}}{r_{\text{ш}}} = 1,015 \dots 1,025$ [5].

Оценка работоспособности рабочих поверхностей обойм шарнира осуществляется по контактным напряжениям сжатия

$$\begin{aligned} \text{- для наружной обоймы} \quad \sigma_{\text{сж н}} &= \frac{P_{\text{нш}}}{F_{\text{шж}}}; \\ \text{- для внутренней обоймы} \quad \sigma_{\text{сж в}} &= \frac{P_{\text{вш}}}{F_{\text{шж}}}, \end{aligned}$$

где $F_{\text{шж}}$ – площадь контакта шарика с поверхностью желоба наружной и внутренней обойм определяемая по формуле

$$F_{\text{нш}} = 0,25\pi d_{\text{ш}} t_{\text{шж}},$$

где $t_{\text{шж}}$ – ширина линии соприкосновения шарика и жёлоба, зависящая от твёрдости материалов этих деталей и, в общем случае, принимаемая на уровне $t_{\text{шж}} = (0,01 \dots 0,05)d_{\text{ш}}$.

Для изготовления обойм данного вида синхронных карданных шарниров применяются высоколегированные стали типа 50ХФА; 60С2А с последующей нитроцементацией рабочих поверхностей желобов на глубину до 1,8 мм и характеристиками допускаемых контактных напряжений сжатия $[\sigma_{\text{сж}}] = 570 \dots 770$ МПа [6].

Вывод. Сравнительный анализ достоинств и недостатков рассмотренных вариантов карданных шарниров позволяет заключить, что схема дискового карданного шарнира, показанная на рисунке 1, не требует применения дорогостоящих материалов и соблюдения строгих нормативных требований по размерам сопрягаемых деталей. Однако, по условиям сохранения работоспособности с учётом восприятия нагрузок сопрягаемыми деталями, данная схема является достаточно материалоёмкой.

Схема шарикового синхронного шарнира по условиям сохранения работоспособности при минимальных величинах массогабаритных параметров является наиболее предпочтительной, однако, наличие высоких концентрированных нагрузок в точечных контактах шариков и обойм, требует использования дорогостоящих материалов с последующими циклами термообработки.

Исходя из указанного, производитель данного вида продукции с учётом рассмотренного анализа может принимать конкретные решения относительно использования конкретных видов шарниров в производстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бухарин Н. А. Автомобили. Конструкция, нагрузочные режимы, рабочие процессы, прочность агрегатов автомобиля: учеб. пособие для вузов / Н. А. Бухарин, В. С. Прозоров, М. М. Щукин. – М.: Машиностроение, 1973. – 504 с.
2. Волков В.С. Оценка работоспособности агрегатов и систем транспортных средств: монография / В.С. Волков; М-во науки и высшего образования РФ, ФГБОУ ВО «ВГЛТУ». – Воронеж, 2022. - 172 с.

3. Кузьмин, Ю. А. Конструирование и расчет автомобиля. Расчет карданных передач: методические указания / Ю. А. Кузьмин. – Ульяновск: УлГТУ, 2008 – 29 с.
4. Лукин П. П. Конструирование и расчет автомобиля: учебник для студентов вузов / П. П. Лукин, Г. А. Гаспарянц, В. Ф. Родионов. – М.: Машиностроение, 1984. – 376 с.
5. Малаховский Я. Э. Карданные передачи / Я. Э. Малаховский, А. А. Лапин, Н. К. Веденеев. - М.: Машгиз, 1962 – 155 с.
6. Оsepчугoв В. В., Фрумкин А. К. Автомобиль: Анализ конструкций, элементы расчета: Учеб. для вузов. — М.: Машиностроение, 1989.— 304 с.
7. Проектирование полноприводных колесных машин: В 2т. Т 2 Учеб. для вузов / Б. А. Афанасьев, Б. Н. Белоусов, Л. Ф. Жеглов и др.; Под общ. ред. А. А. Полунгяна.— М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000.— 640 с.
8. ГОСТ Р 52923-2008 Автомобильные транспортные средства. Шарниры карданные неравных угловых скоростей. Общие требования и методы испытаний. – М.: Стандартиформ, 2008. – 14 с.

REFERENCES

1. Bukharin N. A. Automobiles. Design, load conditions, work processes, strength of car units: textbook. handbook for universities / N. A. Bukharin, V. S. Prozorov, M. M. Shchukin. – М.: Mashinostroenie, 1973. – 504 p.
2. Volkov V.S. Assessment of the operability of aggregates and systems of vehicles: a monograph / V.S. Volkov; Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, VGLTU. – Voronezh, 2022. - 172 p.
3. Kuzmin, Yu. A. Design and calculation of the car. Calculation of cardan gears: methodological guidelines / Yu. A. Kuzmin. – Ulyanovsk: UlSTU, 2008 – 29 p.
4. Lukin P. P. Designing and calculating a car: a textbook for university students / P. P. Lukin, G. A. Gasparyants, V. F. Rodionov. Moscow: Mashinostroenie, 1984. 376 p.
5. Malakhovsky Ya. E. Cardan gears / Ya. E. Malakhovsky, A. A. Lapin, N. K. Vedeneev. - M. Mashgiz, 1962 – 155 p.
6. Osepchugov V. V., Frumkin A. K. Automobile: Structural analysis, calculation elements: Textbook for universities. Moscow: Mashinostroenie, 1989. 304 p.
7. Design of four-wheel drive wheeled vehicles: In 2t. T 2 Textbook for universities / B. A. Afanasyev, B. N. Belousov, L. F. Zheglov and others; Under the general editorship of A. A. Polungyan.— М.: Publishing House of the Bauman Moscow State Technical University, 2000.— 640 p.
8. GOST R 52923-2008 Motor vehicles. Gimbal joints of unequal angular velocities. General requirements and test methods. – М.: Standartinform, 2008. – 14 p.

**ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ СИСТЕМЫ
ОХЛАЖДЕНИЯ ДВС: РАЗДЕЛЕНИЕ ДЕФЕКТОВ ГЕРМЕТИЧНОСТИ
КАМЕРЫ СГОРАНИЯ И НЕДОСТАТОЧНОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ
НАСОСА СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ**

С.В. Новиков¹ А.С. Корнеев¹

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», Белгород, Россия

Автор, ответственный за переписку: Сергей Владимирович Новиков svnovbel@gmail.com

Аннотация. В работе рассмотрена проблема диагностики двух сходных по признакам проявления неисправностей системы охлаждения, приводящих к перегреву двигателя: дефекты, приводящие к негерметичности камеры сгорания (трещины ГБЦ (реже гильзы цилиндра), нарушение целостности прокладки ГБЦ) и снижение производительности насоса системы охлаждения (помпы). Предложен метод анализа давления в системе охлаждения, динамики температур в характерных точках и оценки объемного расхода через тепловой баланс с учетом потока через радиатор отопителя салона, а также сопоставления динамик анализируемых процессов. Введены количественные критерии: индекс прорыва газов (CPI) и индекс производительности помпы (PPI). Разработано правило, позволяющее идентифицировать вид состояния: исправное, прорыв газов, неисправность помпы, комбинированный дефект. Эксперимент на 40 двигателях подтвердил точность разделения видов неисправности на уровне 90%. Метод не требует разборки и требует лишь минимального дооснащения штатной системы датчиками.

Ключевые слова: диагностика двигателя, система охлаждения, трещина головки блока, прогар прокладки, насос охлаждающей жидкости, тепловой баланс, индекс прорыва газов, индекс производительности помпы.

**DIFFERENTIAL DIAGNOSTICS OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE
COOLING SYSTEM FAULTS: SEPARATING COMBUSTION CHAMBER
SEALING DEFECTS AND INSUFFICIENT PUMP PERFORMANCE**

S.V. Novikov¹, A.S. Korneev¹

¹Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «V.G. Shukhov Belgorod State Technological University», Belgorod, Russia

Corresponding author: Sergey Vladimirovich Novikov svnovbel@gmail.com

Abstract. The article addresses the problem of differential diagnostics of two classes of cooling system faults leading to engine overheating: combustion chamber sealing defects (cracks, gasket burnout) and insufficient coolant pump performance. A method is proposed based on joint analysis of cooling system pressure, temperature dynamics at characteristic points, and volumetric flow rate estimation via heat balance, considering the flow through the passenger

compartment heater core. Quantitative criteria are introduced: gas breakthrough index (CPI) and pump performance index (PPI). A decision rule is developed for four states: normal, gas breakthrough, pump fault, combined defect. Experiment on 40 engines confirmed classification accuracy of 90%. The method requires no disassembly and minimal additional equipment.

Keywords: engine diagnostics, cooling system, cylinder head crack, gasket burnout, coolant pump, heat balance, gas breakthrough index, pump performance index.

Введение

Неисправности системы охлаждения занимают ведущее место среди причин перегрева двигателей внутреннего сгорания. Наиболее опасны и схожи по симптоматике две группы дефектов: нарушение герметичности камеры сгорания (трещины в головке блока или гильзе, прогар прокладки) и снижение производительности помпы. Обе вызывают рост температуры и падение уровня охлаждающей жидкости, но требуют принципиально разных ремонтов – замена головки блока или помпы соответственно. Существующие методы диагностики либо требуют разборки, либо не разделяют эти состояния [1, 2]. Цель работы – разработка метода дифференциальной диагностики, классифицирующего четыре состояния: исправное, прорыв газов, неисправность помпы, комбинированный дефект. Задачи: выявить физические различия, разработать схему измерений с учетом влияния отопителя салона, создать количественные критерии и провести экспериментальную апробацию.

Материал и методы

Измерительный комплекс включает датчик абсолютного давления (0...2,5 бар), устанавливаемый в магистраль системы охлаждения, и три датчика температуры (точность $\pm 0,5^\circ\text{C}$): на выходе из двигателя (T1), на входе (T5) и выходе (T6) радиатора отопителя салона. Дополнительно регистрируются частота вращения коленвала и нагрузка через штатный сканер.

Методика состоит из двух этапов. На первом (скрининг прорыва газов) при прогревом двигателя выполняются резкие ускорения; регистрируются давление и T1. Вычисляется индекс CPI [5]; значимым считается $\text{CPI} \geq 0,6$. На втором этапе при установившемся режиме (открытый термостат, постоянная нагрузка 50%, обороты 1000–1800 об/мин) с фиксацией положения крана отопителя оценивается производительность помпы.

Исследовано 40 двигателей, разделенных на группы: исправные (10), с прорывом газов (15), с неисправностями помпы (10), комбинированные (5). Дефекты подтверждены дефектовкой.

Теория и расчет

При прорыве газов возникают импульсные скачки давления и кратковременные температурные выбросы, при этом разность температур на двигателе $\Delta T = T1 - T2$ остается в норме. При неисправной помпе ΔT возрастает, особенно с ростом частоты вращения, а давление растет плавно.

Влияние отопителя салона требует коррекции: температура на входе в помпу T2 формируется смешением потока из малого круга и возвратного потока от радиатора отопителя. При работающем отопителе, заниженное T2 ведет к ложному завышению ΔT . Для коррекции вводится коэффициент $k = G_{\text{отоп.}} / G_{\text{осн.}} \approx 0,2...0,3$ (уточняется эмпирически) и рассчитывается $T2_{\text{осн.}} = T2_{\text{изм.}} * (1+k) - k*T6$. Скорректированная разность $\Delta T_{\text{кор}} = T1 - T2_{\text{осн.}}$.

Индекс производительности помпы PPI определяется как отношение теоретического расхода $G_{теор} = V_0 \cdot n \cdot i_{помп} \cdot \eta_v$ к фактическому расходу из теплового баланса: $G_{факт} = (k_{сист.охл} \cdot N_{эфф.}) / [c_p \cdot \rho \cdot (T_1 - T_{2корр.})]$. Для исправной помпы $PPI \approx 1$. По результатам эталонной выборки установлены пороги: $PPI < 1,2$ – норма, $1,2 \leq PPI < 1,5$ – контроль, $PPI \geq 1,5$ – замена помпы.

Результаты

В таблице 1 приведены усредненные параметры для различных групп на режиме 1500 об/мин, нагрузка 50% (с коррекцией на отопитель). Исправные двигатели имеют значения $CPI < 0,15$ и $PPI \approx 1,02$. При прорыве газов $CPI \geq 0,72$, PPI в норме. При неисправности помпы $CPI < 0,18$, $PPI \geq 1,46$. Комбинированные дефекты дают $CPI \geq 0,70$ и $PPI \geq 1,85$.

Таблица 1. Параметры групп (1500 об/мин, нагрузка 50%)

Table 1. Group parameters (1500 rpm, 50% load)

Группа	CPI	$\Delta T_{корр.}, ^\circ C$	PPI
Исправные	0,12	4,1	1,02
Прорыв газов	0,78	4,3	1,04
Неисправность помпы (износ)	0,15	11,0	1,92
Комбинированный	0,72	11,9	2,07

Зависимость $\Delta T_{корр}$ от частоты вращения: у исправных и с прорывом газов обычно имеют слабый рост ($4,0 \rightarrow 4,5^\circ C$), для неисправной помпы характерно более высокое значение – ($9,5 \rightarrow 14,5^\circ C$). Гистограмма распределения PPI показывает четкое разделение: все исправные и с прорывом газов имеют $PPI < 1,2$; неисправности помпы – $PPI \geq 1,4$. Матрица точности классификации (таблица 2) дает общую точность 90% (36 из 40).

Таблица 2. Матрица точности

Table 2. Accuracy matrix

Истинное состояние	Точность
Исправные	90%
Прорыв газов	93%
Неисправность помпы	90%
Комбинированные	80%
Общая	90%

Обсуждение

Метод позволяет количественно оценивать тяжесть дефектов. Учет отопителя салона обязателен, так как без коррекции при работающем отопителе, PPI исправного двигателя возрастает до 1,25–1,30, что ведет к ложному диагнозу. Разработанное решающее правило (таблица 3) позволяет свести классификацию к автоматизированному алгоритму. При $CPI < 0,3$ прорыв газов отсутствует, решение по PPI ; при $CPI \geq 0,6$ – прорыв зафиксирован, дополнительная оценка PPI выявляет комбинированный дефект. Зона $0,3 \leq CPI < 0,6$ требует повторного теста. Ограничения метода: необходимость эталонных данных для конкретной модели двигателя, неразличение типа прорыва газов (требуется индекс DI [6]). Точности различения типов неисправности, равной 90% достаточно для практического применения.

Таблица 3. Решающее правило
Table 3. The decisive rule

	$PPI < 1,2$	$1,2 \leq PPI < 1,5$	$PPI \geq 1,5$
$CPI < 0,3$	Исправен	Контроль помпы	Неисправность помпы
$CPI \geq 0,6$	Прорыв газов	Прорыв + контроль	Комбинированный

Выводы

1. Физические различия (импульсное давление и скачки температуры против повышенной разности ΔT с ростом оборотов) позволяют разделить прорыв газов и неисправность помпы без разборки.
2. Разработаны количественные индексы CPI и PPI. Пороги: $CPI \geq 0,6$ – прорыв газов, $PPI \geq 1,5$ – замена помпы.
3. Учет потока через радиатор отопителя с датчиками T5 и T6 обязателен для корректной диагностики при работающем отопителе.
4. Правило дифференцирования типа неисправности классифицирует четыре вида состояния. Эксперимент на 40 двигателях подтвердил точность 90%.
5. Метод снижает время и стоимость диагностики, предотвращает необоснованные ремонты и выявляет комбинированные дефекты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Загородний, Н. А. Техническое обслуживание и ремонт автотранспортных средств и их компонентов : учебное пособие / Н. А. Загородний, А. А. Конев, Н. А. Щетинин. — Белгород : БГТУ им. В.Г. Шухова, 2022. — 254 с. — ISBN 978-5-361-01033-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/363782> (дата обращения: 19.05.2025).
2. Шутов, А. И. Повышение безопасности транспортного средства обеспечением рациональных значений эксплуатационных параметров : монография / А. И. Шутов, П. А. Воля, Н. А. Загородний. - Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2012. - 128 с.
3. Шатерников, В. С. Техническое обслуживание и ремонт автотранспортных средств и их составных частей : учеб. пособие для студентов специальностей 190601 - Автомобили и автомобил. хоз-во, Сервис транспорт. и технол. машин и оборудования, 190603 - Сервис транспорт. и технол. машин и оборудования, направления бакалавриата 190600 - Эксплуатация транспортно-технол. машин и комплексов / В. С. Шатерников, Н. А. Загородний, А. В. Петридис ; БГТУ им. В. Г. Шухова. - Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2012. - 385 с.
4. Эксплуатационная надёжность автомобилей в процессе их эксплуатации: Загородний Н.А. Мир транспорта и технологических машин. 2025. № 1-2 (88). С. 101-107.
5. Формирование диапазонов параметров, определяющих эксплуатационные режимы для отдельных агрегатов автомобилей: Загородний Н.А. Мир транспорта и технологических машин. 2025. № 1-3 (88). С. 110-119.
6. Управление эксплуатационной надёжностью автомобилей Загородний Н.А., Заяц Ю.А., Новиков А.Н., Семькина А.С. Транспортное машиностроение. 2025. № 4 (40). С. 39-46.
7. Программа принятия решения для управления эксплуатационной надёжностью грузового автотранспорта Загородний Н.А., Заяц Ю.А., Заяц Т.М., Лозовая М.А., Щетинин Н.А., Конев А.А., Лозовая С.Ю. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2024689464, 06.12.2024. Заявка № 2024687856 от 20.11.2024.
8. Анализ резервов возможностей безразборных методов диагностирования состояния грузовых автомобилей Новиков С.В., Загородний Н.А., Семькина А.С., Конев А.А. Мир транспорта и технологических машин. 2024. № 4-3 (87). С. 45-54.

9. Токарев А.Н. Основы теории надежности и диагностика: Учебное пособие. Барнаул: АлтГТУ, 2008. 226 с

REFERENCES

1. Zagorodny, N. A. Maintenance and Repair of Motor Vehicles and Their Components: A Textbook / N. A. Zagorodny, A. A. Konev, and N. A. Shchetinin. — Belgorod: Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov, 2022. — 254 p. — ISBN 978-5-361-01033-2. — Text: electronic // Lan: electronic library system. — URL: <https://e.lanbook.com/book/363782> (accessed on 19.05.2025).

2. Shutov, A. I. Improving the Safety of a Vehicle by Ensuring Rational Values of Operating Parameters: A Monograph / A. I. Shutov, P. A. Volya, and N. A. Zagorodny. - Belgorod: Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov, 2012. - 128 p.

3. Automobiles and motor vehicles. household, Transport service. and technol. Machinery and equipment, 190603 - Transport service. and technol. machinery and equipment, Bachelor's degree 190600 - Operation of transport technology. Machines and Complexes / V. S. Shaternikov, N. A. Zagorodny, A. V. Petridis ; V. G. Shukhov Belgorod State Technological University. - Belgorod : V. G. Shukhov Belgorod State Technological University, 2012. - 385 p.

4. Operational reliability of vehicles during their operation: Zagorodny N.A. World of Transport and Technological Machines. 2025. No. 1-2 (88). Pp. 101-107.

5. Formation of parameter ranges that determine operating modes for individual vehicle components: Zagorodny N.A. World of Transport and Technological Machines. 2025. No. 1-3 (88). Pp. 110-119.

6. Management of the operational reliability of cars Zagorodny N.A., Zayats Yu.A., Novikov A.N., Semykina A.S. Transport engineering. 2025. No. 4 (40). Pp. 39-46.

7. Decision-making program for managing the operational reliability of freight vehicles. Zagorodny N.A., Zayats Yu.A., Zayats T.M., Lozovaya M.A., Shchetinin N.A., Konev A.A., Lozovaya S.Yu. Certificate of registration of the computer program RU 2024689464, 06.12.2024. Application No. 2024687856 dated 20.11.2024.

8. Analysis of the reserves of possibilities of non-disassembling methods of diagnosing the condition of trucks. Novikov S.V., Zagorodny N.A., Semykina A.S., Konev A.A. World of Transport and Technological Machines. 2024. No. 4-3 (87). Pp. 45-54.

9. Tokarev A.N. Fundamentals of Reliability Theory and Diagnostics: Textbook. Barnaul: AltGTU, 2008. 226 p.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВИБРОДИАГНОСТИКИ ПОДШИПНИКОВ КОРОБОК ПЕРЕДАЧ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

К.Я. Лелиовский¹, Ю.И. Молев², М.В. Шитов³

¹Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
г. Нижний Новгород, Россия, kleliovskiy@mail.ru

²Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
г. Нижний Новгород, Россия, moleff@yandex.ru

³Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
г. Нижний Новгород, Россия, moleff@yandex.ru

Аннотация. В качестве примера построения и использования адаптивной системы нечеткого вывода рассмотрим процесс разработки модели нейронной сети для решения задачи прогнозирования отклонения от работоспособного технического состояния коробок передач транспортных средств по характеристикам вибраций.

Ключевые слова: вибродиагностика, изнашивание, характеристика огибающей спектра, режимы нагружения, нейронные сети.

MODELING OF THE VIBRODIAGNOSTICS PROCESS OF VEHICLE GEARBOX BEARINGS BASED ON NEURAL NETWORKS

K.Ya. Leliovskiy¹, Yu.I. Molev², M.V. Shitov³

¹Nizhniy Novgorod State Technical University named after R.E. Alexeev,
Nizhniy Novgorod, Russia, kleliovskiy@mail.ru

²Nizhniy Novgorod State Technical University named after R.E. Alexeev,
Nizhniy Novgorod, Russia, moleff@yandex.ru

³Nizhniy Novgorod State Technical University named after R.E. Alexeev,
Nizhniy Novgorod, Russia, moleff@yandex.ru

Abstract. As an example of building and using an adaptive fuzzy inference system, we will consider the process of developing a neural network model to solve the problem of predicting deviations from the operational technical condition of vehicle gearboxes based on vibration characteristics.

Keywords: vibration diagnostics, wear, spectrum envelope characteristics, loading modes, neural networks.

В данном случае необходимо решить следующую техническую задачу: при известном характере изменения частот вибраций коробок передач на данный момент, прогнозировать их значения на некий предстоящий отрезок времени в будущем. Как правило, для решения таких задач применяются разные методы технической диагностики. Наличие тенденций неясности в динамике изменения частот вибраций элементов коробок передач в ходе эксплуатации по мере нарастания их изнашивания позволяет применить модель адаптивных нечетких нейронных сетей [1,2]. По результатам соответствующих испытаний отмечено некоторое ситуативное изменение вида спектральных характеристик вибраций, связанное с действием ряда случайных факторов. Большинство формальных моделей, при их применении, весьма

затруднительно обеспечивают адекватное представление этой взаимозависимости. В качестве исходных данных для расчета с применением нейросетевых алгоритмов воспользуемся информацией о спектре вибросигнала за некоторый временной интервал. Выберем в качестве примера значения частотных характеристик вибрации, связанных с возможными техническими состояниями двигателя и коробки передач. Количество измеренных значений составляет 1600 строк, измеритель – mm/s. Фрагмент полученной испытательной информации представлен в табл. 1.

Таблица 1 – Фрагмент экспериментальных данных частотных составляющих спектра.
Table 1 – Fragment of experimental data on frequency components of the spectrum.

Частота, Hz	0	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5	1,75	2	28,75	29	29,25	29,5	29,75	30
Значение	0	0	0	0,01	0	0,01	0	0	0	0,21	0,42	0,42	0,2	0,28	0,37

Частота, Hz	30,25	398,75		399	399,25	399,5	399,75
Значение	0,73	0		0	0,01	0,01	0,02

Её часть (порядка 300 строк) взята для построения обучающей выборки нейронной сети. Другая часть – для целей формирования тестовых данных. График спектральной характеристики вибраций заднего подшипника качения вторичного вала коробки передач приведен на рис. 1.

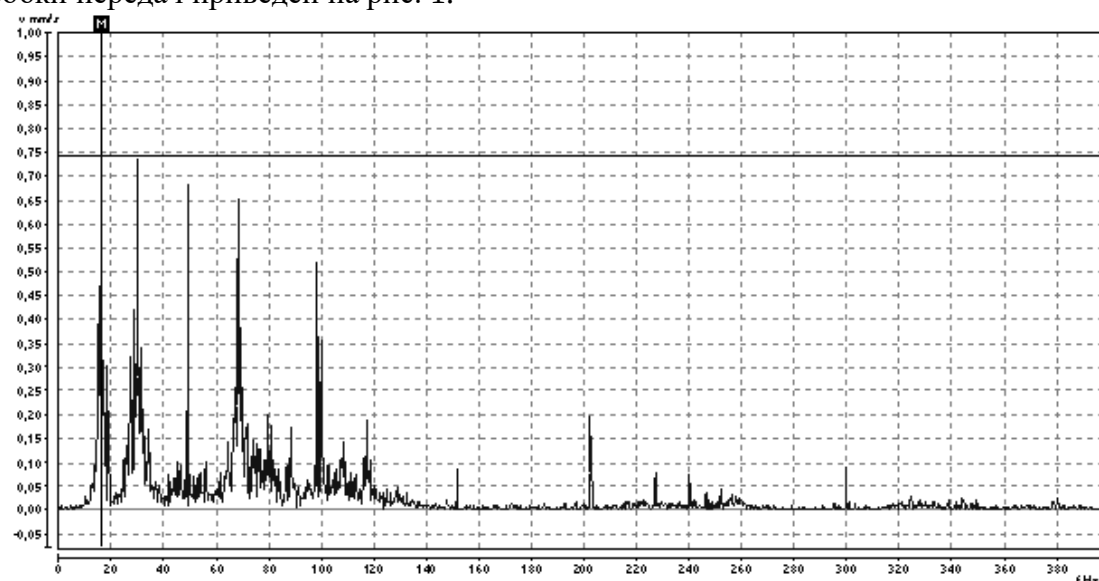


Рисунок 1 - График спектральной характеристики вибраций заднего подшипника качения вторичного вала коробки передач

Figure 1 - Graph of the spectral characteristics of the vibrations of the rear rolling bearing of the secondary shaft of the gearbox

Модель нечеткой нейронной сети, в данном случае, будет содержать четыре входных переменных, в число которых следует включить: значения частот вибраций подшипника качения на текущий момент, значения тех же самых частот на предыдущее времена ($i-1$), ($i-2$), ($i-3$). Внешний вид интерфейса программного нейросетевого редактора ANFIS с выполненной загрузкой в него файла с обучающими данными приведен на рис. 2.

Перед началом создания в программной среде ANFIS структуры нейронной сети после открытия соответствующей вкладки опций следует выбрать для каждой из входных переменных по три «словесных термина», треугольную форму их функций принадлежности, а так же линейный тип выходной переменной. Создаваемая нечеткая

(вероятностная) нейросетевая модель будет обладать четырьмя входами и одним выходом (типа Сугено первого порядка). «Правила» (логические условия), пример записи которого приведен ниже, будут формироваться следующим образом [2].

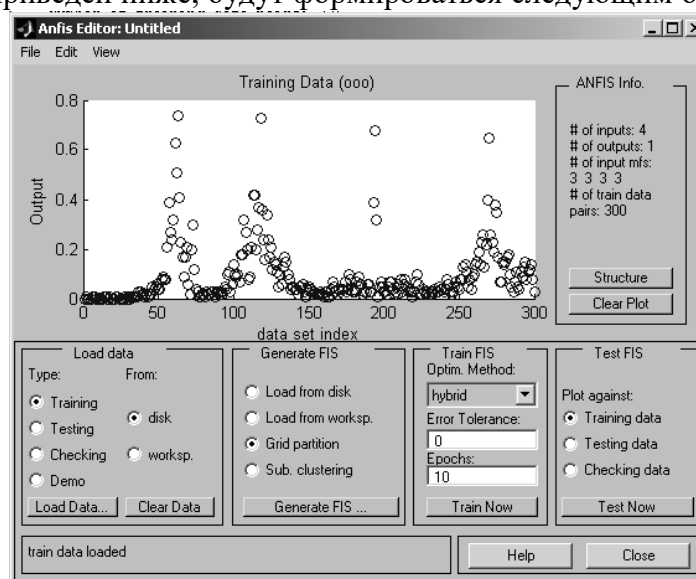


Рисунок 2- Скриншот диалогового окна отображения обучающей и тестовой выборки после загрузки в редактор ANFIS.

Figure 2 - Screenshot of the dialog box displaying the training and test samples after loading them into the ANFIS editor.

$$R_i: \quad \text{If } X \text{ is } A_i \text{ and } Y \text{ is } B_i \text{ and } Z \text{ is } C_i \text{ and } Q \text{ is } D_i \\ \text{then } z_i = s_i x + t_i y + p_i z + h_i q + r_i,$$

где X, Y, Z, Q – «нечеткие» (вероятностные) переменные, определенные из множеств чисел D_X, D_Y, D_Z и D_Q , а A_i, B_i, C_i, D_i – значения нечетких (вероятностных) переменных X, Y, Z, Q в правиле (условии) R_i . Значения нечетких (вероятностных) переменных определяются как некие множества, определенные на D_X, D_Y, D_Z и D_Q . Для заданных вещественных значений входных сигналов x^*, y^*, z^*, q^* , в каждом правиле (логическом условии) вычисляется значение правой части:

$$z_i = s_i x^* + t_i y^* + p_i z^* + h_i q^* + r_i.$$

«Сила» его «срабатывания» определится так: $w_i = \text{AND}(A_i(x^*), B_i(y^*), C_i(z^*), D_i(q^*))$, где AND – функция от двух переменных, формализующая операцию логического умножения. Значения правых частей логических условий определяются с учетом «силы срабатывания» правил:

$$z = \frac{\sum_i w_i z_i}{\sum_i w_i}.$$

В результате осуществляемых расчетов на выходе нейронной сети получится некое значение обобщенного переменного измерителя z , являющегося так же некоторой интегральной функцией. В рамках созданной нами нейронной сети изменение ее величину будет зависеть от исходных множеств и способа их составления и операции логического умножения.

После окончания процесса обучения выполняется анализ графика его ошибки применительно конкретно для данной нейронной сети (рис. 3). Из него видно, что, в рассматриваемом случае процесс ее обучения был, фактически, завершен после второго цикла. Оценив структуру построенной вероятностной адаптивной нейросетевой модели

(рис. 4), следует отметить её недостаточную наглядность, т.к. общее количество «правил» (логических условий) вывода равно 81, что делает их визуальный контроль и оценку затруднительным.

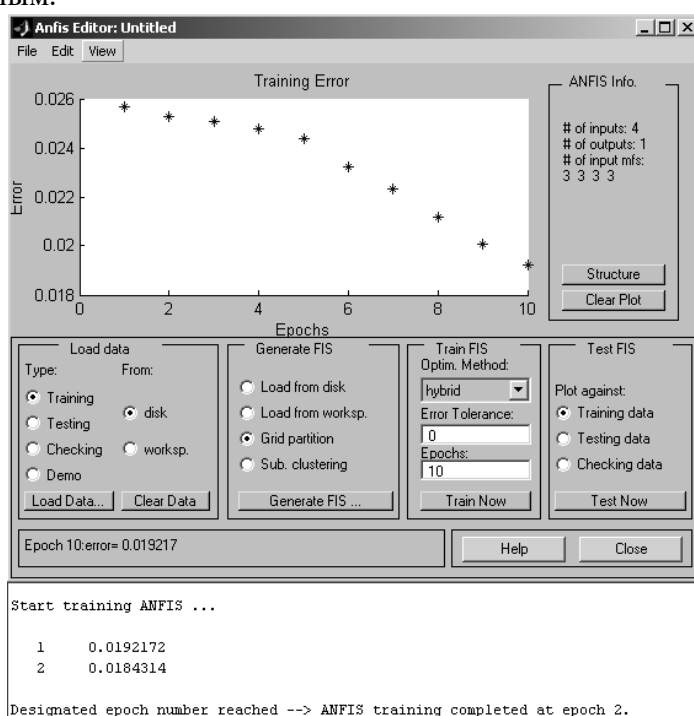


Рисунок 3 - Скриншот диалогового окна отображения графика зависимости ошибки обучения от количества циклов.

Figure 3 - Screenshot of the dialog box displaying the training error graph as a function of the number of training cycles.

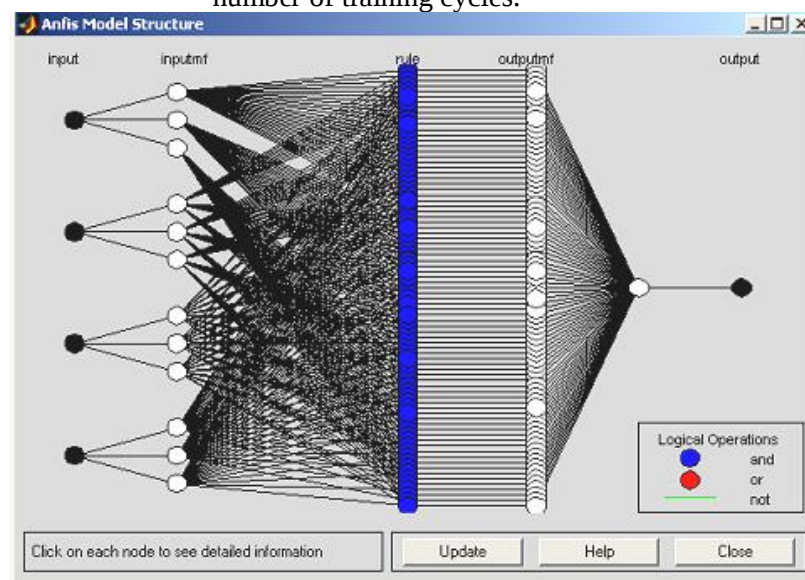


Рисунок 4 - Скриншот диалогового окна отображения структуру сгенерированной адаптивной нейронной сети нечеткого (вероятностного) вывода.

Figure 4 - Screenshot of the dialog box displaying the structure of the generated adaptive neural network for fuzzy (probabilistic) inference.

С помощью графических средств отображения результатов (редактора функций принадлежности) расчетов математической программной среды *MathLAB* выполним контроль и настройку параметров функций принадлежности входных переменных и «правил» [3], (все параметры функций принадлежности - без изменений). Для решения поставленной задачи общего анализа адекватности построенной нейросетевой нечеткой

сети, приведем в качестве примера полученную поверхность вывода результатов эмулированной сети (рис. 5).

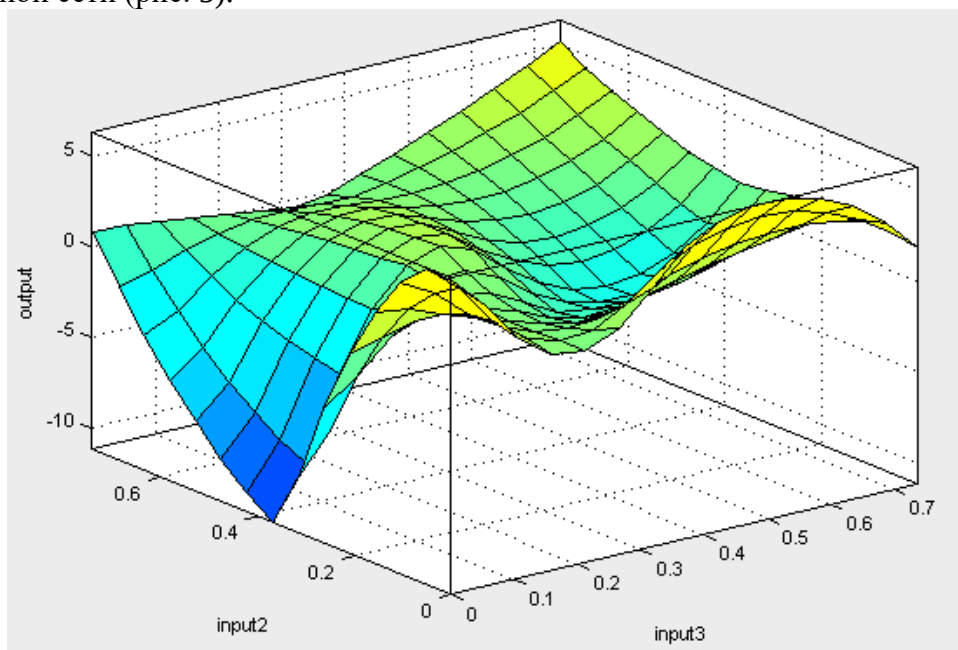


Рисунок 5 – Скриншот экрана с внешним видом поверхности вывода для построенной нейронной сети.

Figure 5 – Screenshot of the output surface for the constructed neural network.

Для выполнения вывода в программной среде *ANFIS* воспользуемся функцией командной строки *evalfis*. В качестве аргументов функции вывода укажем вектор-строку значений частот спектральных характеристик на текущий момент а также 3 предшествующих значения времени:

out = evalfis ([0.51 0.74 0.41 0.23], fismat)

В рассчитываемом примере получим значение выходной переменной равное 0,17. Что практически точно совпадает с соответствующим значением частоты, приведенной в таблице 1. Таким образом, можно сделать вывод об адекватности результатов действия построенной модели нечеткой нейронной сети реальным исходным данным. Что, в свою очередь, позволяет сделать заключение о возможности ее практического использования для прогнозирования причин вибрации агрегатов трансмиссии.

Эффективность нейронных сетей определяется их аппроксимирующей способностью. Посредством них можно выразить любую непрерывную логическую зависимость на основе процесса обучения. Предварительная аналитическая работа по выявлению некой формализованной функциональной закономерности зависимости выхода от входа, в таком случае, не потребует. В подобном случае модели нечеткие адаптивных нейронных сетей могут считаться новым и эффективным инструментом технического анализа и диагностирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Минаев, Ю.Н. Методы и алгоритмы решения задач идентификации и прогнозирования в условиях неопределенности в нейросетевом логическом базисе // Ю.Н. Минаев [и др.]. - М.: Горячая линия – Телеком, 2003. - 342 с.
2. Рутковская, Д.Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы // Д.Л. Рутковская [и др.]. - М.: Горячая линия – Телеком, 2004. - 436 с.
3. Ярушкина, Н.Г. Основы теории нечетких и гибридных систем / Н.Г. Ярушкина. - М.: Финансы и статистика, 2004. - 298 с.

REFERENCES

1. Minaev, Yu.N. Methods and Algorithms for Solving Identification and Forecasting Problems under Uncertainty in a Neural Network Logic Basis // Yu.N. Minaev [et al.]. - Moscow: Goryachaya Liniya - Telekom, 2003. - 342 p.
2. Rutkovskaya, D.L. Neural Networks, Genetic Algorithms, and Fuzzy Systems // D.L. Rutkovskaya [et al.]. - Moscow: Goryachaya Liniya – Telekom, 2004. – 436 p.
3. Yarushkina, N.G. Fundamentals of the Theory of Fuzzy and Hybrid Systems / N.G. Yarushkina. - Moscow: Finances and Statistics, 2004. - 298 p.

РАЗРАБОТКА ДАТЧИКА КОНТРОЛЯ УСТАЛОСТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В НЕСУЩИХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЯХ АВТОМОБИЛЯ

А.А. Чумаков¹, Л.М. Федоров², А.А. Грачев³, Д.И. Сидоркин⁴
^{1,2,3,4}Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург,
Россия, ¹Sasafert@mail.ru

Аннотация. В статье выполнен обзор существующих методов неразрушающего контроля усталостных повреждений в несущих металлоконструкциях автомобиля. Описан специальный датчик, усталость в котором накапливается совместно с несущей металлоконструкцией. Такой датчик дает возможность косвенно и оперативно оценивать степень накопленных повреждений в металле.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, усталость металла, несущие металлоконструкции автомобиля, коэрцитиметр, коэрцитивная сила, усталостные разрушения, диагностика остаточного ресурса, магнитные методы контроля.

DEVELOPMENT OF A SENSOR FOR MONITORING FATIGUE STRESS IN LOAD-BEARING METAL STRUCTURES OF AN AUTOMOBILE

¹A. A. Chumakov, ²L. M. Fedorov, ³A. A. Grachev, ⁴D. I. Sidorkin
^{1,2,3,4}Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia
¹Sasafert@mail.ru

Abstract. The article reviews existing non-destructive testing methods for fatigue stress in load-bearing metal structures of an automobile. A variant is proposed for installing a special sensor on the monitored structure, in which fatigue accumulates together with the load-bearing metal structure. This makes it possible to indirectly assess the degree of internal damage and the level of material fatigue without its disassembly.

Keywords: non-destructive testing, fatigue stress, load-bearing metal structures of an automobile, coercimeter, coercive force, fatigue failure, residual life diagnostics, magnetic testing methods.

Несущие металлоконструкции автомобиля во время эксплуатации испытывают постоянные циклические нагрузки из-за неровности дорог, вибрации разных внутренних агрегатов, маневрирование автомобиля, разгона и торможения. Из-за постоянных циклических нагрузок, металлоконструкция накапливает усталостные повреждения. На начальных стадиях не видно никаких деформаций или макротрещин, но чем дольше автомобиль эксплуатируют, тем ближе металлоконструкция приближается к критическому уровню накопленных усталостных повреждений, из-за чего может резко снизиться несущая способность той или иной детали, в следствии чего важная деталь разрушается. Это приводит не только к экономическим затратам, но и к угрозе безопасности, как того, кто эксплуатирует, так и окружающих людей.

Своевременное выявление деталей или зон в деталях с высоким уровнем усталостными повреждений позволяет прогнозировать, когда деталь или всю конструкцию нужно заменить, также снижает последующие затраты на ремонт и повышает безопасность окружающих. В наше время существует несколько методов неразрушающего контроля накопления усталостных повреждений, такие как:

1. Ультразвуковой метод [1]

В основе метода лежит акустоупругость – это зависимость скорости распространения упругих волн от уровня механических напряжений в материале. Акустическому закону Ома связывает звуковое давление и колебательную скорость с упругой плотностью среды, которая из-за усталостных повреждений меняется, что приводит к изменению времени прохождения ультразвукового импульса, его затухания и возникновению нелинейных искажений. Для контроля таких напряжений наиболее информативны измерения скорости продольных и сдвиговых волн, а также акустического коэффициента затухания. Применение ультразвуковой толщинометрии в сочетании с анализом формы эхо-сигнала позволяет не только выявлять трещины и расслоения, но и фиксировать зоны с повышенными остаточными напряжениями на ранних стадиях, когда внешние признаки повреждения ещё отсутствуют. Пример прибора см. рисунок 1.



Рисунок 1 – Ультразвуковой дефектоскоп Isonic 3510
Figure 1 – Ultrasonic Flaw Detector Isonic 3510

2. Метод магнитного шума Баркгаузена [2, 3, 4]

Метод основан на изменении намагниченность ферромагнетика. При непрерывном изменении внешнего магнитного поля она меняется не плавно, а скачкообразно. Эти скачки, называемые скачками Баркгаузена. Они возникают из-за изменения доменной структуры материала. Каждый такой скачок индуцирует в измерительной катушке кратковременный импульс. В сумме эти хаотичные импульсы образуют сигнал, известный как магнитный шум Баркгаузена. В процессе циклического перемагничивания контролируемой детали этот сигнал улавливается специальным датчиком.

Наличие в материале внутренних механических повреждений, в том числе вызванных циклическими напряжениями, влияет на возможность изменения доменных границ с помощью намагниченности. Напряжения создают дополнительные энергетические барьеры, что сказывается на амплитуде, частоте и спектральном составе регистрируемого шума Баркгаузена. Путем анализа этих параметров, например, по значению среднеквадратичного напряжения сигнала, можно судить об уровне остаточных напряжений в поверхностном слое металла. Пример прибора см. рисунок 2.



Рисунок 2 – Анализатор шума Баркгаузена Rollscan 300
Figure 2 – Barkhausen Noise Analyzer Rollscan 300

3. Вихретоковый метод [5]

В основе вихретокового метода лежит явление электромагнитной индукции. В специальный преобразователь подают переменный электрический ток, который генерирует вокруг него переменное магнитное поле. Когда этот преобразователь подносят к электропроводящей детали, магнитное поле возбуждает в её поверхностном слое вихревые токи, индуцируемые по закону Фарадея. Эти вихревые токи, в свою очередь, создают своё вторичное магнитное поле, которое накладывается на первичное поле преобразователя. Взаимодействие этих двух полей изменяет электродвижущую силу измерительной катушки датчика, которое и регистрируется аппаратурой.

Наличие в материале разных дефектов, таких как дислокации, раковин, неметаллических включений, усталостных повреждений и другие дефекты кристаллической решетки, изменяет вихревые токи материала. Из-за этого вторичное магнитное поле меняется, соответственно меняется и электродвижущая сила, которая отличается от электродвижущей силы на участке без повреждений. Анализируя эти изменения, можно обнаружить дефекты. Поскольку вихревые токи концентрируются в поверхностном слое, метод наиболее эффективен для выявления поверхностных и подповерхностных дефектов. Пример прибора см. рисунок 3.



Рисунок 3 – Вихретоковый дефектоскоп Mentor EM
Figure 3 – Mentor EM Eddy Current Flaw Detector

4. Акустическая эмиссия [6]

Метод акустической эмиссии (далее АЭ) это пассивный акустический метод неразрушающего контроля, основанный на регистрации упругих волн, генерируемых самим материалом в процессе его деформации и разрушения. В отличие от активных методов АЭ-контроль не требует внешнего излучателя, а нужен только приемник, которые будет принимать от объекта акустические сигналы из-за действия нагрузки.

Физическая природа метода заключается в следующем. При циклическом нагружении несущих металлоконструкций в зонах концентрации напряжений возникают локальные перестройки внутренней структуры материала. Эти процессы, связанные с пластической деформацией, зарождением и ростом трещин. Сопровождается это все быстрым локальным высвобождением энергии, которая распространяется в виде упругих волн напряжений.

Для регистрации этих волн на поверхность контролируемой детали устанавливают один или несколько пьезоэлектрических датчика. Упругие колебания, достигнув поверхности, преобразуются датчиками в электрические сигналы, которые затем усиливаются и обрабатываются специальной аппаратурой. Анализируя полученные параметры сигналов, можно не только обнаружить наличие дефекта, но и определить его местоположение, тип, а также оценить скорость развития усталостной трещины в режиме реального времени. Пример прибора см. рисунок 4.



Рисунок 4 – Акустический дефектоскоп АД-60К

Figure 4 – Acoustic Flaw Detector AD-60K

5. Рентгеновская дифрактометрия[7]

Метод рентгеновской дифрактометрии основан на явлении дифракции рентгеновских лучей кристаллической решёткой металла по закону Брегга-Вульфа. При облучении поверхности поликристаллического материала пучком характеристических рентгеновских лучей возникает дифракционная картина. Наличие в материале механических напряжений приводит к изменению межатомных расстояний в кристаллической решётке: растягивающие напряжения увеличивают эти расстояния, а сжимающие - уменьшают. В соответствии с законом Вульфа-Брэгга изменение межатомных расстояний вызывает пропорциональное смещение дифракционных пиков. С помощью специального оборудования фиксируют эти углы, а затем по полученным данным вычисляют величину деформации кристаллической решётки. Далее, используя законы теории упругости, рассчитывают остаточные напряжения в материале. Таким образом, данный метод позволяет оценивать уровень усталостных напряжений и

прогнозировать ресурс изделия по изменениям на кристаллографическом уровне. Пример прибора см. рисунок 5.



Рисунок 5 – Настольный рентгеновский дифрактометр DX-27mini
Figure 5 – Benchtop X-ray Diffractometer DX-27mini

Приведенные методы являются основными в дефектоскопии в наше время. У них есть несколько основных недостатков. Данные методы очень зависимы от материала несущей металлоконструкции. Вторая общая проблема, это очень громоздкое оборудование, большие затраты на исследования, а также большой массив данных для обработки, что исключает возможность сказать здесь и сейчас, что происходит с металлоконструкцией. А это играет не мало важную роль в нашем мире, потому что, чем скорее мы узнаем о проблеме, тем быстрее мы ее можем устранить.

Существующий ГОСТ 58599-2019 “Диагностика стальных конструкций. Магнитный коэрцетрический метод” регламентирует для некоторых сталей зависимость остаточного ресурса от коэрцитивной силы. Так как несущие металлоконструкции часто делают из разных сплавов, а также в зависимости от условий эксплуатации свойства материала могут меняться, то ГОСТ не может регламентировать все эти изменения. Также ГОСТ очень сильно завязан на стендовых испытаниях, ведь имеет только диапазон от состояния поставки H_p до критического состояния H_f [8]. И для каждой конкретной металлоконструкции нужно проводить свои стендовые испытания.

Анализ методов и документов позволяет предположить, что, если создать датчик из одного материала, который будет иметь прогнозируемые свойства, а именно иметь максимально однородную структуру, чего можно добиться с помощью специально подобранной термообработки материала, иметь одну и ту же форму, то можно точно прогнозировать зависимость коэрцитивной силы от усталостных напряжений. Далее этот датчик устанавливается на все опасные участки несущей металлоконструкции и предположительно начинает накапливать усталостные напряжения совместно с контролируемым участком. Это позволит, имея только коэрцитиметр, отслеживать усталостные напряжения в самом датчике, а дальше косвенно получать значение усталостных напряжений в несущих металлоконструкциях автомобиля, при этом не затрачивая много времени и ресурсов для получения результатов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крауткремер Й., Крауткремер Г. Ультразвуковой контроль материалов: справочник. – Москва : Металлургия, 1991. – 752 с.
2. Плешаков В.В., Шурпо А.Н., Егорушкин Е.А. Магнитошумовой метод контроля остаточных напряжений в поверхностном слое деталей // Транспортное машиностроение. 2014. С. 92-99.
3. Плешаков, В.В. Магнитошумовой контроль технологических напряжений/ В.В. Плешаков, В.Е. Шатерников, В.В. Филинов. - М.: ИНТС, 2003. -155с.
4. Плешаков, В.В. Неразрушающий контроль технологических напряжений/ В.В. Плешаков, А.Г. Схиртладзе, Т.В. Никифорова. - М.: МГТУ «Станкин», 2002. -130с.
5. Федосенко Ю. К., Герасимов В. Г., Покровский А. Д., Останин Ю. Я. Вихретоковый контроль // Неразрушающий контроль : справочник : в 8 т. / под общ. ред. В. В. Ключева. – 2-е изд., испр. – Москва : Машиностроение, 2006. – Т. 2, кн. 2. – 688 с.
6. Носов В. В., Ямилова А. Р. Метод акустической эмиссии : учебное пособие. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 304 с.
7. Хейкер, Д. М. Рентгеновская дифрактометрия / Д. М. Хейкер, Л. С. Зевин ; под редакцией Г. С. Жданова. – Москва : Государственное издательство физико-математической литературы, 1963. – 380 с. – (Физико-математическая библиотека инженера).
8. ГОСТ Р 58599-2019. Техническая диагностика. Диагностика стальных конструкций. Магнитный коэрцитиметрический метод. Общие требования : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 октября 2019 г. № 991-ст : дата введения 2020-01-01. – Москва : Стандартинформ, 2020. – 16 с

REFERENCES

1. Krautkrämer J., Krautkrämer H. Ultrasonic Testing of Materials: Handbook. – Moscow : Metallurgy, 1991. – 752 p.
2. Pleshakov V.V., Shurpo A.N., Egorushkin E.A. Magnetic Noise Method for Residual Stress Monitoring in the Surface Layer of Components // Transport Engineering. 2014. pp. 92-99.
3. Pleshakov V.V., Shaternikov V.E., Filinov V.V. Magnetic Noise Control of Technological Stresses. – Moscow : INTS, 2003. – 155 p.
4. Pleshakov V.V., Skhirtladze A.G., Nikiforova T.V. Non-Destructive Testing of Technological Stresses. – Moscow : MSTU "Stankin", 2002. – 130 p.
5. Fedosenko Yu. K., Gerasimov V. G., Pokrovsky A. D., Ostanin Yu. Ya. Eddy Current Testing // Non-Destructive Testing: Handbook in 8 volumes / ed. by V. V. Klyuev. – 2nd ed., rev. – Moscow : Mashinostroenie, 2006. – Vol. 2, book 2. – 688 p.
6. Nosov V. V., Yamilova A. R. Acoustic Emission Method: Textbook. – Saint Petersburg : Lan, 2022. – 304 p.
7. Kheiker, D. M. X-ray Diffractometry / D. M. Kheiker, L. S. Zevin ; ed. by G. S. Zhdanov. – Moscow : State Publishing House for Physical and Mathematical Literature, 1963. – 380 p. – (Physical and Mathematical Engineering Library).
8. GOST R 58599-2019. Technical Diagnostics. Diagnostics of Steel Structures. Magnetic Coercimetric Method. General Requirements : National Standard of the Russian Federation : Official Edition : Approved and Enacted by Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated October 15, 2019 No. 991-st : Effective Date 2020-01-01. – Moscow : Standartinform, 2020. – 16 p.

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Вернигора Е.Р.¹, Иванников В.А.¹, Шабанов М.Л.¹, Новиков А.П.¹, Хрипченко М.С.¹

¹ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия

Автор, ответственный за переписку: Егор Романович Вернигора, vernigora.egor@inbox.ru

Аннотация. Рассмотрена возможность непрерывного мониторинга гидравлических жидкостей автотранспорта по теплофизическим параметрам. Выявлена зависимость теплофизических параметров рабочей жидкости от ее окисления, обводнения и загрязнения механическими примесями. Предлагаемое техническое решение обеспечивает прогнозирование отказов гидросистем без разбора узлов и отбора проб.

Ключевые слова: гидравлическая жидкость, автомобильный транспорт, непрерывный мониторинг, теплофизические параметры, вязкость, механические примеси, окисление, теплопроводность, диагностика гидросистем.

THERMOPHYSICAL METHODS FOR OPERATIONAL MONITORING OF THE STATE OF HYDRAULIC SYSTEMS IN MOTOR VEHICLES

Vernigora E.R.¹, Ivannikov V.A.¹, Shabanov M.L.¹, Novikov A.P.¹, Khripchenko M.S.¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia

The author responsible for the correspondence: Egor Romanovich Vernigora,
vernigora.egor@inbox.ru

Abstract. The possibility of continuous monitoring of vehicle hydraulic fluids based on thermophysical parameters has been considered. The dependence of the thermophysical parameters of the working fluid on its oxidation, water content, and contamination with mechanical impurities has been identified. The proposed technical solution provides for the prediction of hydraulic system failures without disassembling the components or taking samples.

Keywords: hydraulic fluid, automotive transport, continuous monitoring, thermophysical parameters, viscosity, mechanical impurities, oxidation, thermal conductivity, diagnostics of hydraulic systems.

Гидравлические системы транспортно-технологических автомобилей (лесозаготовительных машин, автокранов, экскаваторов, самосвалов с гидравлической разгрузкой) функционируют в экстремальных условиях, характеризующихся высокими динамическими нагрузками, широким диапазоном температур окружающей среды и значительной запылённостью воздуха. Рабочей жидкостью таких гидроприводов часто служит минеральное гидравлическое масло МГ-15-В (класс вязкости 15 по ГОСТ 17479.3-85), которое обеспечивает передачу энергии, смазку трущихся пар и отвод тепла от нагретых узлов [1]. Надёжность и долговечность гидроагрегатов напрямую зависят от состояния масла, которое в процессе эксплуатации неизбежно подвергается окислению, накоплению механических примесей (продуктов износа, абразивных частиц) и обводнению.

Особенностью транспортно-технологических машин является интенсивное тепловыделение в гидросистеме, обусловленное частыми циклами «разгон–торможение» исполнительных механизмов и продолжительной работой под нагрузкой.

Повышенная температура ускоряет деградацию масла, снижая его смазывающие и охлаждающие свойства, что в конечном счёте приводит к преждевременным отказам гидропривода и дорогостоящим простоям техники. По статистике, до 80 % отказов гидравлических систем связаны с неудовлетворительным качеством рабочей жидкости [2].

Традиционные методы контроля состояния масла (вискозиметрия, атомно-эмиссионная спектрометрия, ИК-спектроскопия) требуют отбора проб и лабораторного анализа, что неприемлемо для оперативной диагностики в полевых условиях эксплуатации транспортно-технологических автомобилей. В последние годы активно развиваются теплофизические подходы, основанные на непрерывном измерении температуры и теплопроводности масла непосредственно в гидросистеме [3,4,5]. Эти параметры чувствительны к изменению состава и концентрации примесей в жидкости и могут быть легко зарегистрированы встроенными датчиками.

Целью настоящей работы является разработка методики оперативного контроля состояния гидравлического масла МГ-15-В в гидроприводах транспортно-технологических автомобилей по теплофизическим показателям и экспериментальная проверка её эффективности. Для достижения цели решались следующие задачи:

- анализ существующих методов диагностики гидравлических масел;
- экспериментальное исследование зависимости температуры и теплопроводности масла МГ-15-В от наработки и концентрации механических примесей на стенде КИ-4200;

- построение регрессионной модели и тарифовочной характеристики для оперативной оценки состояния жидкости;

- разработка практических рекомендаций по внедрению методики в бортовые системы диагностики транспортно-технологических машин.

Анализ методов контроля гидравлических масел

Существующие методы оценки качества гидравлических масел можно разделить на лабораторные и оперативные. Лабораторные методы (ASTM D445, ASTM D6595, ИК-спектроскопия) обеспечивают высокую точность, но не позволяют отслеживать динамику деградации в реальном времени. Визуальные и органолептические способы субъективны и выявляют лишь критические изменения. Онлайн-датчики загрязнений и вязкости требуют сложной калибровки и имеют высокую стоимость.

Теплофизические методы лишены указанных недостатков. Они базируются на известном факте: накопление механических примесей, продуктов окисления и воды изменяет теплофизические свойства масла – в первую очередь теплопроводность и теплоёмкость [5]. Измерение температуры в контрольных точках гидросистемы при установившемся режиме работы даёт интегральную оценку состояния жидкости, поскольку рост внутреннего трения и ухудшение теплоотвода прямо коррелируют со степенью загрязнения [6].

Теоретические основы теплофизической диагностики

Теплопроводность λ гидравлического масла зависит от его химического состава, температуры и концентрации дисперсных включений. Для многокомпонентных жидкостей эффективная теплопроводность может быть описана обобщённым уравнением Максвелла или корреляциями типа Сато–Ридела (метод Паракхора) [7]. При появлении в масле металлических частиц износа ($\lambda \approx 45$ Вт/(м·К)) на фоне базовой теплопроводности минерального масла (0,12–0,15 Вт/(м·К)) наблюдается рост эффективной теплопроводности. Одновременно продукты окисления (смолы, асфальтены) могут снижать теплопроводность. Следовательно, мониторинг изменения λ относительно эталонного значения позволяет судить о характере деградации.

Температура масла в гидросистеме является интегральным параметром, отражающим баланс между тепловыделением в узлах трения и теплоотводом. Увеличение концентрации механических примесей приводит к росту вязкости и сил трения, что повышает температуру. Экспериментально установленная корреляция позволяет по измеренной температуре оценить степень загрязнения и остаточный ресурс жидкости.

Методика экспериментальных исследований

Эксперименты проводились на универсальном стенде КИ-4200 (Рисунок 1), предназначенном для испытания гидроприводов. В качестве рабочей жидкости использовалось гидравлическое масло МГ-15-В (класс вязкости 15 по ГОСТ 17479.3-85). Стенд был оснащён шестерённым насосом НШ-46, металлическими катализаторами и датчиками температуры, установленными в гидробаке, на линии слива и в корпусе насоса.



Рисунок 6– стенд КИ-4200

Figure 1 – stand KI-4200

Испытывались семь образцов масла с наработкой от 0 до 4500 часов. Для каждого образца имитировался типовой режим работы гидросистемы автотранспортного средства (циклические нагрузки, температура окружающей среды $+20...+25$ °С). Продолжительность испытания одного образца составляла 12 часов. В ходе опытов непрерывно регистрировалась температура масла, а также отбирались пробы для определения концентрации механических примесей весовым методом.

Результаты и их обсуждение

На рисунках 2 и 3 представлены экспериментальные зависимости температуры масла от концентрации механических примесей и наработки. Видно, что с ростом концентрации примесей от 0 до 0,15 % температура повышается на 12–15 °С. Зависимость температуры от наработки носит экспоненциальный характер: в начальный период (до 500 ч) рост незначителен (приработка), затем наступает стабилизация, а после 1500 ч наблюдается интенсивный рост, обусловленный накоплением критического количества продуктов износа.

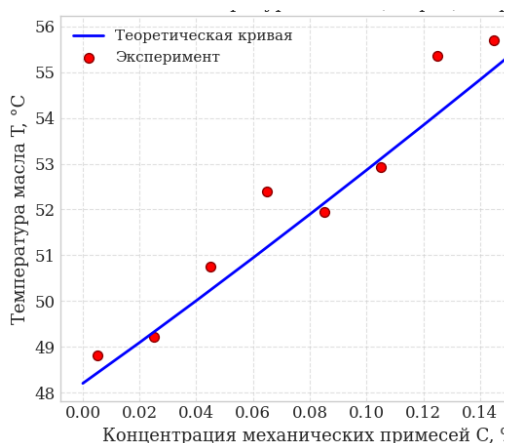


Рисунок 2 – График зависимости температуры гидравлического масла от концентрации примесей
Figure 2 – Graph of the dependence of hydraulic oil temperature on the concentration of impurities

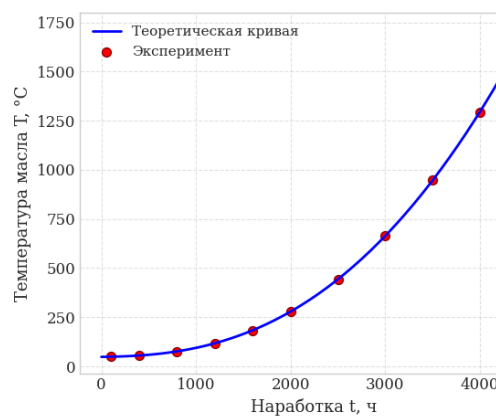


Рисунок 3 – График зависимости температуры гидравлического масла от наработки
Figure 3 – Graph of hydraulic oil temperature versus operating time

Статистическая обработка данных позволила получить регрессионную модель:
 $T = 48,2 + 43,6 \cdot C + 0,012 \cdot t$, ($R^2 = 0,92$)

где T – температура масла, °C; C – концентрация механических примесей, %; t – наработка, ч.

На основе этой модели построена тарифовочная характеристика (Рисунок 4), связывающая температуру масла в контрольной точке с концентрацией примесей. Выделены три зоны состояния жидкости:

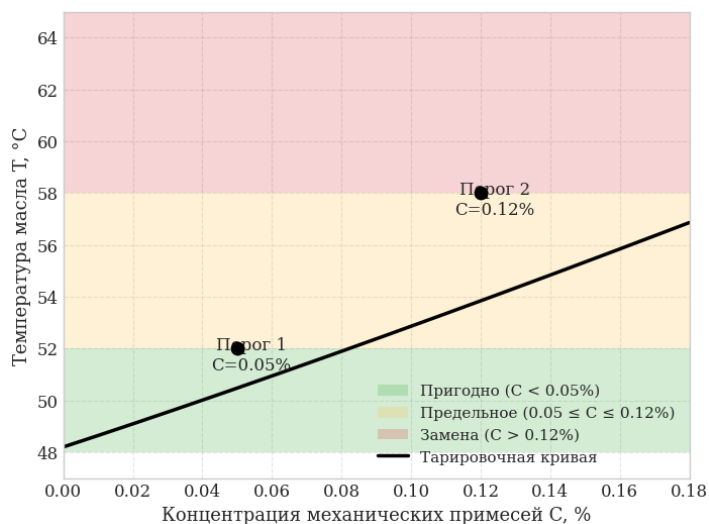


Рисунок 4 – Тарифовочная характеристика при использовании методики оперативного контроля состояния гидравлического масла
Figure 4 – Calibration characteristic using the method of operational control of the hydraulic oil condition

$C < 0,05$ % ($T < 52$ °C) – масло пригодно к эксплуатации;
 $0,05$ % $\leq C \leq 0,12$ % (52 °C $\leq T \leq 58$ °C) – предельное состояние, требуется планирование замены;
 $C > 0,12$ % ($T > 58$ °C) – масло подлежит немедленной замене.

Дополнительно на Рисунке 5 приведена зависимость теплопроводности масла МГ-15-В от наработки, рассчитанная по методу Сато–Ридела с калибровкой по экспериментальным данным [8]. Снижение теплопроводности с увеличением наработки (с $\sim 0,133$ до $0,116$ Вт/(м·К) в диапазоне 20–100 °С) подтверждает возможность использования этого параметра для диагностики.

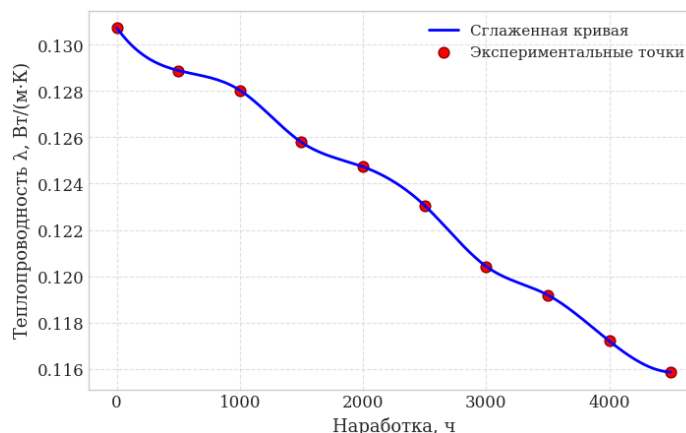


Рисунок 5 – Зависимость коэффициента теплопроводности гидравлического масла от наработки (при 40°C)

Figure 5 – Dependence of the hydraulic oil thermal conductivity coefficient on the operating time (at 40°C)

Полученные результаты показывают, что простой контроль температуры в характерных точках гидросистемы (гидробак, сливная магистраль) даёт достоверную информацию о состоянии рабочей жидкости. Это открывает возможность создания недорогих бортовых систем диагностики для автотранспортных средств.

Заключение

Теплофизические методы (измерение температуры и теплопроводности) являются эффективным инструментом оперативного контроля состояния гидравлических масел в системах автомобильного транспорта.

Экспериментально подтверждена сильная корреляция между температурой масла, концентрацией механических примесей и наработкой. Разработана регрессионная модель и тарифовочная характеристика, позволяющие по измеренной температуре оценивать степень загрязнения жидкости.

Предложенная методика может быть реализована в виде встроенного диагностического модуля, что обеспечит своевременное предупреждение об ухудшении свойств масла, сократит количество внезапных отказов гидросистем и снизит эксплуатационные затраты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильева Л.С., Панов Ю.В., Хазиев А.А., Лаушкин А.В. Химмотология топлив, смазочных материалов и специальных жидкостей для автомобильного транспорта. – М., 2020. – 164 с.
2. Вернигора Е.Р., Иванников В.А., Крухмалев С.Н. и др. Разработка методики оценки состояния гидравлического масла на основе его теплофизических показателей // Перспективы развития, инновации и информационные технологии на транспорте – 2025: матер. междунар. молодеж. науч.-практ. конф. – Воронеж: ВГЛУ, 2025. – С. 260–267.
3. Швырев А.Н., Латынин А.В., Чумаков Б.Н. и др. Определение качества гидравлического масла по теплофизическим характеристикам // Инновационные технологии на

автомобильном транспорте: матер. всерос. науч.-техн. конф. – Воронеж: ВГЛТУ, 2024. – С. 28–32.

4. Швырев А.Н., Латынин А.В., Чупахин А.В. Определение качества гидравлических жидкостей тепловым способом // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе: матер. междунар. науч.-практ. конф. – Воронеж: ВГАУ, 2023. – С. 65–68.

5. Варгафтик, Н.Б. Справочник по теплопроводности жидкостей и газов / Н.Б. Варгафтик, Л.П. Филиппов, А.А. Тарзиманов, Е.Е. Тоцкий. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 349 с.

6. ASTM D7896 Standard Test Method for Thermal Conductivity of Liquids. – ASTM International, 2010.

7. Вернигора Е.Р., Снятков Е.В. Технология непрерывного контроля состояния моторного масла автотракторных двигателей по параметру теплопроводности // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК: матер. VII междунар. студ. науч. конф. – Майский, 2025. – С. 173–174.

8. ASTM D2070-91(2010) Standard Test Method for Thermal Stability of Hydraulic Oils. – ASTM International, 2010.

REFERENCES

1. Vasilyeva L.S., Panov Yu.V., Khaziev A.A., Laushkin A.V. Khimmotologiya of Fuels, Lubricants and Special Fluids for Motor Transport. – М., 2020. – 164 p.

2. Vernigora E.R., Ivannikov V.A., Krukhmalyov S.N. et al. Development of a Method for Assessing the Condition of Hydraulic Oil Based on Its Thermophysical Properties // Development prospects, innovations and information technologies in transport – 2025: матер. international Thank you. Scientific and Practical Conference – Voronezh: VGLTU, 2025. – pp. 260-267.

3. Shvyrev A.N., Latynin A.V., Chumakov B.N. et al. Determination of the quality of hydraulic oil by thermophysical characteristics // Innovative technologies in road transport: матер. All-Russian Scientific and Technical Conference. Voronezh: VGLTU, 2024, pp. 28–32.

4. Shvyrev A.N., Latynin A.V., and Chupakhin A.V. Determining the Quality of Hydraulic Fluids by the Thermal Method // Innovative Technologies in the Agro-Industrial Complex: Materials of the Conference. International Scientific and Practical Conference. Voronezh: VSAU, 2023, pp. 65–68.

5. Vargaftik, N.B. Handbook on Thermal Conductivity of Liquids and Gases / N.B. Vargaftik, L.P. Filippov, A.A. Tarzimanov, and E.E. Totsky. – Moscow: Energoatomizdat, 1990. – 349 p.

6. ASTM D7896 Standard Test Method for Thermal Conductivity of Liquids. – ASTM International, 2010.

7. Vernigora E.R., Snyatkov E.V. Technology of continuous control of the state of engine oil of auto-tractor engines by the parameter of thermal conductivity // Gorinsky readings. Innovative solutions for the agro-industrial complex: матер. VII International Student Scientific Conference. May, 2025. Pp. 173–174.

8. ASTM D2070-91(2010) Standard Test Method for Thermal Stability of Hydraulic Oils. ASTM International, 2010

РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА СБОРА И ПЕРВИЧНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ О РАБОТЕ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ НА БАЗЕ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ НАВИГАЦИОННО-ТЕЛЕМАТИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ ГЛОНАСС

А.С. Семькина¹, Н.А. Загородний¹, А.В. Белокобыльский¹, Е.А. Цой¹, Е.А. Федотов¹

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», г. Белгород, Россия

Автор, ответственный за переписку: Александр Витальевич Белокобыльский, bel1y@inbox.ru

Аннотация. Статья посвящена разработке архитектуры программно-аппаратного комплекса для сбора и первичного анализа данных о работе двигателей внутреннего сгорания транспортных средств на базе российской навигационно-телематической платформы ГЛОНАСС. Предложена трехуровневая архитектура, включающая бортовой телематический терминал, подсистему передачи данных и серверную платформу обработки информации. Рассмотрены протоколы взаимодействия компонентов: SAE J1939 и OBD-II для считывания параметров ДВС, протокол EGTS для передачи телематических данных. Обоснована целесообразность применения отечественной компонентной базы и интеграции с государственной системой «ЭРА-ГЛОНАСС». Определены направления дальнейшего развития комплекса в условиях импортозамещения.

Ключевые слова: двигатель, эксплуатация автомобильного транспорта, платформа ГЛОНАСС, мониторинг транспорта, спутниковая навигация.

DEVELOPMENT OF THE ARCHITECTURE OF A SOFTWARE AND HARDWARE COMPLEX FOR COLLECTING AND PRIMARY ANALYSIS OF DATA ON THE OPERATION OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE BASED ON THE GLONASS DOMESTIC NAVIGATION AND TELEMATICS PLATFORM

A.S. Semykina¹, N.A. Zagorodniy¹, A.V. Belokobylsky¹, E.A. Tsoi¹, E.A. Fedotov¹

¹Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov», Belgorod, Russia

Corresponding author: Alexander Vitalievich Belokobylsky, bel1y@inbox.ru

Abstract. The article is devoted to the development of the architecture of a software and hardware complex for the collection and primary analysis of data on the operation of internal combustion engines of vehicles based on the Russian navigation and telematics platform GLONASS. A three-level architecture is proposed, including an on-board telematics terminal, a data transmission subsystem, and an information processing server platform. The protocols of component interaction are considered: SAE J1939 and OBD-II for reading the parameters of the internal combustion engine, EGTS protocol for transmitting telematics data. The expediency of using the domestic component base and integration with the ERA-GLONASS state system is substantiated. The directions of further development of the complex in the context of import substitution have been determined.

Keywords: engine, operation of motor transport, GLONASS platform, transport monitoring, satellite navigation.

Повышение эффективности эксплуатации автомобильного транспорта и обеспечение технологического суверенитета Российской Федерации требуют разработки и внедрения отечественных программно-аппаратных решений для мониторинга технического состояния транспортных средств. В соответствии со стратегическим направлением цифровой трансформации транспортной отрасли до 2030 года, утвержденным распоряжением Правительства РФ от 19 декабря 2025 г. № 3887-р, приоритетными задачами являются развитие интеллектуальных транспортных систем и создание единой цифровой платформы мониторинга транспорта [1]. Особую актуальность в условиях санкционных ограничений приобретает задача импортозамещения телематического оборудования и программного обеспечения.

Двигатель внутреннего сгорания остается основным источником энергии для большинства транспортных средств, эксплуатируемых на территории России. Согласно отраслевым данным, затраты на топливо составляют от 35% до 45% от общей совокупной стоимости владения транспортным средством в коммерческом секторе, а внезапные отказы силового агрегата приводят к значительным экономическим потерям, связанным с внеплановыми простоями и аварийными ремонтами [2]. Своевременное выявление отклонений в работе двигателя потенциально позволяет предотвратить развитие серьезных неисправностей. Современные транспортные средства оснащены бортовыми системами диагностики, обеспечивающими доступ к параметрам работы ДВС через интерфейсы OBD-II и CAN-шину, что создает техническую основу для построения систем удаленного мониторинга.

Интеграция программно-аппаратного комплекса на базе платформы ГЛОНАСС, позволяет наблюдать за местоположением транспортного средства, собирать данных о работе двигателя в реальном времени, передавать диагностическую информацию в диспетчерский центр для ее последующего анализа [3]. Целью настоящей работы является разработка архитектуры программно-аппаратного комплекса сбора и первичного анализа данных о работе ДВС на базе отечественной навигационно-телематической платформы ГЛОНАСС.

Современные системы мониторинга транспорта на базе спутниковой навигации решают широкий круг задач: определение местоположения, контроль маршрутов, учет расхода топлива, мониторинг скоростных режимов [4]. Техническую основу для сбора данных о работе ДВС составляют бортовая система диагностики OBD-II, предоставляющая доступ к стандартизированным параметрам (частота вращения двигателя, температура охлаждающей жидкости, значения топливной коррекции), протокол SAE J1939, применяемый на грузовом транспорте и обеспечивающий расширенный набор диагностических параметров, а также CAN-шина, объединяющая электронные блоки управления автомобиля. При этом большинство коммерческих телематических решений не обеспечивает глубокой диагностики силового агрегата, ограничиваясь считыванием ограниченного набора OBD-II параметров и кодов неисправностей [5].

В Российской Федерации создана развитая инфраструктура спутниковой навигации на базе системы ГЛОНАСС, а также государственная информационная система «ЭРА-ГЛОНАСС». Федеральная навигационно-информационная система (ФНИС), созданная на ее основе, формирует государственную цифровую платформу мониторинга различных видов транспорта [3]. Анализ существующих решений позволяет выделить ряд проблем, характерных для текущего этапа развития телематических систем: фрагментированность рынка оборудования, ограниченный

доступ к расширенным диагностическим данным OEM-производителей, зависимость от импортных компонентов, включая навигационные модули и SIM-карты, а также отсутствие единых стандартов обмена диагностической информацией [7].

Для устранения указанных проблем предполагается разработать архитектуру ПАК, отвечающую следующим требованиям: использование отечественной электронной компонентной базы и программного обеспечения, интеграция с государственной системой «ЭРА-ГЛОНАСС» и ФНИС, поддержка стандартных диагностических протоколов OBD-II и SAE J1939, реализация первичной обработки данных на бортовом терминале для снижения трафика, обеспечение защищенной передачи данных по каналам сотовой связи.

Предлагаемый программно-аппаратный комплекс имеет трехуровневую архитектуру. На первом уровне располагается бортовое оборудование, устанавливаемое непосредственно на транспортное средство. Телематический терминал включает навигационный приемник ГЛОНАСС/GPS, интерфейсный модуль подключения к CAN-шине и OBD-II разъему, модуль сотовой связи GSM/LTE с SIM-картой, микроконтроллер для сбора, фильтрации и агрегации данных, а также энергонезависимую память для хранения данных при отсутствии связи. Второй уровень представляет собой подсистему передачи данных, обеспечивающую транспортировку телематической информации от бортового терминала до серверной платформы с использованием протокола EGTS, разработанного специально для систем мониторинга транспорта. Третий уровень — серверная платформа, включающая сервер приема и обработки данных, базу данных для хранения телематической информации, аналитический модуль для выявления отклонений и формирования отчетов, а также веб-интерфейс и API (Application Programming Interface) для доступа пользователей [8,9].

Программное обеспечение ПАК разделяется на встроенное ПО бортового терминала и серверное ПО. Встроенное ПО реализует функции инициализации аппаратных модулей, опроса навигационного приемника, периодического опроса CAN-шины для получения диагностических параметров ДВС, фильтрации выбросов и шумов в измерительных каналах, агрегации данных за заданный интервал времени, формирования пакетов в формате EGTS и их отправки на сервер, а также буферизации данных при отсутствии связи. Частота опроса параметров настраивается в зависимости от их динамики: для медленно меняющихся величин (температура охлаждающей жидкости, температура масла) — 0,1–0,2 Гц, для быстро меняющихся (частота вращения коленчатого вала, расход топлива) — 1–5 Гц.

Алгоритм первичного анализа данных предполагает обнаружение отклонений параметров ДВС от штатных значений. Для каждого контролируемого параметра задаются верхняя и нижняя границы допустимого диапазона. При выходе текущего значения за установленные границы формируется предупредительное сообщение, передаваемое на сервер вне очереди. Дополнительно контролируются диагностические коды неисправностей (DTC), передаваемые блоком управления двигателем. Серверное ПО обеспечивает прием, декодирование и хранение телематических данных, а также расчет интегральных показателей эффективности работы ДВС (удельный расход топлива, средняя нагрузка, время работы в неоптимальных режимах) [10].

Ключевой особенностью предлагаемого ПАК является ориентация на интеграцию с государственной навигационно-телематической инфраструктурой. ФНИС, созданная на основе госинформсистемы «ЭРА-ГЛОНАСС», формирует единую цифровую платформу мониторинга транспорта [3]. Интеграция бортового терминала с ФНИС потенциально обеспечивает передачу данных о местоположении и состоянии транспортного средства в стандартизированном формате, использование инфраструктуры защищенных каналов связи, доступ к данным через государственную

платформу, а также возможность взаимодействия с другими информационными системами, включая системы взимания платы и региональные навигационно-информационные системы.

Дальнейшее развитие предложенного ПАК может быть связано с несколькими направлениями. Во-первых, расширение перечня диагностических параметров, включая данные о состоянии топливной системы, системы рециркуляции отработавших газов и сажевого фильтра, что особенно актуально для дизельных двигателей современного коммерческого транспорта. Во-вторых, интеграция с системой идентификации беспилотного транспорта, создаваемой на базе «ЭРА-ГЛОНАСС». В-третьих, разработка отраслевых стандартов обмена диагностическими данными для обеспечения интероперабельности телематических платформ различных производителей. В числе перспективных задач следует выделить разработку подходов к выявлению в динамике контролируемых параметров признаков скрытого развития неисправностей двигателя.

Заключение

В работе предложена архитектура программно-аппаратного комплекса сбора и первичного анализа данных о работе двигателей внутреннего сгорания транспортных средств на базе отечественной навигационно-телематической платформы ГЛОНАСС. Трехуровневая структура, включающая бортовой телематический терминал, подсистему передачи данных и серверную платформу, создает основу для непрерывного мониторинга параметров ДВС в реальных условиях эксплуатации. Рассмотрены протоколы взаимодействия компонентов и обоснована целесообразность применения отечественной компонентной базы. Интеграция комплекса с Федеральной навигационно-информационной системой на базе «ЭРА-ГЛОНАСС» соответствует задачам достижения технологического суверенитета Российской Федерации в области транспортной телематики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Петрук, М. В. Развитие городского общественного транспорта / М. В. Петрук, В. В. Гармашов, М. Артыков // Сборник докладов Международной научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова: Сборник докладов конференции, Белгород, 29–30 мая 2025 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2025. – С. 190-195.
- 2 Семькина, А.С. Использование цифровых и информационных технологий для повышения эффективности деятельности автосервисных предприятий / А.С. Семькина, Н.А. Загородний, А.А. Конев, Н.А. Щетинин // Мир транспорта и технологических машин. 2023. № 1-2 (80). С. 89-97.
- 3 Загородний, Н. А. Методика определения влияния пусковых режимов ДВС на изменение эксплуатационных характеристик двигателя / Н. А. Загородний, Ю. А. Заяц, А. С. Семькина // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2024. – Т. 21, № 1(95). – С. 88-97. – DOI 10.26518/2071-7296-2024-21-1-88-97.
- 4 Марченко, В. А. Использование искусственного интеллекта в сфере автомобилестроения / В. А. Марченко // Образование. Наука. Производство: Сборник докладов XVII Международного молодежного форума, Белгород, 30–31 октября 2025 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2025. – С. 452-456.
- 5 Некрестов, Н. С. Применение искусственного интеллекта в диагностике автомобилей / Н. С. Некрестов, А. В. Шестопалов, В. А. Самойленкова // Новая наука: теоретический и практический взгляд: материалы Международной (заочной) научно-практической конференции, София, 31 октября 2024 года. - Нефтекамск: Научно-издательский центр "Мир науки" (ИП Вострецов Александр Ильич), 2024. - С. 28-36.
- 6 Васильев, В. П. Искусственный интеллект в каждый автомобиль / В. П. Васильев // Автомобильные дороги. - 2025. - № 4(1121). - С. 74-78.

7 Кисуленко, Б. В. Нормирование безопасности автомобилей с искусственным интеллектом / Б. В. Кисуленко // Стандарты и качество. - 2020. - № 5. - С. 92-95.

8 Власов, А. С. Разработка и моделирование искусственной нейронной сети для ИИ-водителя в составе беспилотного транспортного средства / А. С. Власов, Т. Н. Круглова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. - 2020. - № 8. - С. 110-117. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-8-110-117.

9 Урличич, Ю. М. ГЛОНАСС - Российская национальная система Состояние, перспективы развития и применения системы ГЛОНАСС / Ю. М. Урличич // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. - 2008. - Т. 2, № 2. - С. 14-18.

10 Аболь, В. В. Определение высокоточных эфемерид КА ГЛОНАСС с помощью приемников ГЛОНАСС/GPS: методика, компьютерная программа, экспериментальные результаты / В. В. Аболь // XI Санкт-Петербургская международная конференция по интегрированным навигационным системам, Санкт-Петербург, 24–26 мая 2004 года / Главный редактор В.Г. Пешехонов. – Санкт-Петербург: ЦНИИ "Электронприбор", 2004. – С. 107-109.

REFERENCES

1 Petruk, M. V. Development of urban public transport / M. V. Petruk, V. V. Garmashov, M. Artykov // Collection of reports of the International Scientific and Technical Conference of Young Scientists of BSTU named after V.G. Shukhov: Collection of reports of the conference, Belgorod, May 29-30, 2025. Belgorod: Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, 2025, pp. 190-195.

2 Semykina, A.S. The use of digital and information technologies to improve the efficiency of car service enterprises / A.S. Semykina, N.A. Zagorodny, A.A. Konev, N.A. Shchetinin // The world of transport and technological machines. 2023. № 1-2 (80). pp. 89-97.

3 Zagorodny, N. A. Methodology for determining the effect of starting modes of internal combustion engines on changes in engine performance / N. A. Zagorodny, Yu. A. Zayats, A. S. Semykina // Bulletin of the Siberian State Automobile and Road University. - 2024. - Vol. 21, No. 1(95). - pp. 88-97. - DOI 10.26518/2071-7296-2024-21-1-88-97.

4 Marchenko, V. A. The use of artificial intelligence in the automotive industry / V. A. Marchenko // Education. Science. Production: Collection of reports of the XVII International Youth Forum, Belgorod, October 30-31, 2025. Belgorod: Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, 2025. pp. 452-456.

5 Nekrestov, N. S. The use of artificial intelligence in car diagnostics / N. S. Nekrestov, A.V. Shestopalov, V. A. Samoilenkova // New Science: a theoretical and practical view: proceedings of the International (correspondence) scientific and Practical Conference, Sofia, October 31, 2024. Neftekamsk: Mir Nauki Scientific Publishing Center (IP Vostretsov Alexander Ilyich), 2024. pp. 28-36.

6 Vasiliev, V. P. Artificial intelligence in every car / V. P. Vasiliev // Highways. - 2025. - № 4(1121). - Pp. 74-78.

7 Kisulenko, B. V. Rationing the safety of cars with artificial intelligence / B. V. Kisulenko // Standards and quality. 2020. No. 5. pp. 92-95.

8 Vlasov, A. S. Development and modeling of an artificial neural network for an AI driver as part of an unmanned vehicle / A. S. Vlasov, T. N. Kruglova // Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. - 2020. - No. 8. - pp. 110-117. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-8-110-117.

9 Urlichich, Yu. M. GLONASS - The Russian national system State, prospects for the development and application of the GLONASS system / Yu. M. Urlichich // T-Comm: Telecommunications and Transport. - 2008. - Vol. 2, No. 2. - pp. 14-18.

10 Abol, V. V. Determination of high-precision ephemerides of GLONASS spacecraft using GLONASS/GPS receivers: methodology, computer program, experimental results / V. V. Abol // XI St. Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems, St. Petersburg, May 24-26, 2004 / Editor-in-chief V.G. Peshekhonov. Saint Petersburg: Central Research Institute "Electropribor", 2004, pp. 107-109.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН СКРИПА ПЛАВАЮЩИХ САЙЛЕНТБЛОКОВ В ОПОРАХ РЫЧАГОВ ЗАДНЕЙ ПОДВЕСКИ КРОССОВЕРОВ BMW G-СЕРИИ И КОРРЕКТИРОВАНИЕ ИХ ОБСЛУЖИВАНИЯ

К.А. Белоусов¹, А.Д. Кустиков¹, М.Г. Корчажкин¹

¹Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
Автор, ответственный за переписку: Корчажкин Михаил Георгиевич, kormg@list.ru

Аннотация. В данной научной статье проводится анализ причин возникновения скрипа плавающих сайлентблоков в задних опорах на автомобилях марки BMW G серии. Исследованы различные факторы, которые могут привести к этой проблеме, включая эксплуатационные условия, качество материалов и недостатки в процессе производства. Предложен новый подход к обслуживанию и упреждению дефектов плавающих сайлентблоков.

Ключевые слова: подвеска, плавающий шарнир, скрип, периодичность обслуживания.

RESEARCH OF THE CAUSES OF CREAKING OF THE FLOATING SILENT BLOCKS IN THE SUPPORT OF THE REAR SUSPENSION ARMS OF THE BMW G- SERIES CROSSOVERS AND THE ADJUSTMENT OF THEIR MAINTENANCE

K.A. Belousov¹, A.D. Kustikov¹, M.G. Korchazhkin¹

¹Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev, kormg@list.ru

Abstract. This scientific article analyzes the causes of squeaking in floating bushings in the rear supports of BMW G series vehicles. Various factors that can lead to this problem, including operating conditions, material quality, and manufacturing defects, are investigated. A new approach to the maintenance and prevention of floating bushings defects is proposed.

Keywords: suspension, floating joint, creaking, maintenance intervals.

В городских условиях снижение уровня безотказности работы подвески легкового автомобиля обуславливается, прежде всего, плохим состоянием дорог, наездом на различные препятствия, а так различными ударами [1, 4, 7]. Также большую роль играют условия эксплуатации, например, дорожное покрытие (заснеженный/сухой асфальт). Зимой, дороги часто посыпают различными смесями, что может негативно сказываться на ходовой части.

В процессе эксплуатации автомобиля, при подобных условиях, могут возникать звуки, которые часто называют «скрипом подвески». В большинстве случаев такой скрип указывает на неисправность ходовой части [2].

В рамках проведенных в НГТУ научно-практических работ было доказано, что причиной скрипа может являться износ плавающих сайлентблоков, высыхание смазки и появление зазора между шаром и посадочным местом [8].

Результаты данной работы имеют практическую ценность для инженерно-технического персонала станций технического обслуживания и применяются в учебных программах кафедры «Автомобильный транспорт» НГТУ им. Р.Е. Алексеева.

Цель работы состоит в разработке методов и научно-технических решений повышения безотказности элементов подвески автомобилей, на основе

эксплуатационных и ремонтно-технологических решений. Достижение поставленной цели позволит снизить затраты производителей на проведение гарантийных работ, а также автовладельцев при обслуживании и ремонте, так как отдельно плавающий шарнир не меняется, что значительно увеличивает стоимость устранения дефекта.

Объектом исследования является опора рычага задней подвески автомобиля BMW X3 G01, представленная на рисунке 1.



Рисунок 1 – Задняя опора BMW X5 G05
Figure 1 – Rear support X5 G05

При проведении исследований была собрана первичная информация об отказах подвески по результатам эксплуатации 30 автомобилей в г. Н. Новгород (рисунок 2) и проведен анализ отказов подвески по видам (рисунок 3, таблица 1).

ООО «Автомобили Баварии»

ЗАКАЗ-НАРЯД (ПРИБЛИЗИТЕЛЬНАЯ СМЕТА) №89019087 от 05.03.2024 г.

Исполнитель: ООО «Автомобили Баварии» 603103, Нижний Новгород, ул. Баранова, 12

Адрес: [Redacted]

Автомобиль: [Redacted]

Марка/модель: [Redacted]

Год выпуска: [Redacted]

Вин: [Redacted]

Датум осмотра (дата вступления в силу): [Redacted]

Получатель: [Redacted]

Мастер: [Redacted]

Дата и время приема автомобиля в ремонт: [Redacted]

Итоговая стоимость по обращению № 1: 0,00

Итого стоимость по обращению № 1: 0,00

ООО «Автомобили Баварии»

ЗАКАЗ-НАРЯД (ПРИБЛИЗИТЕЛЬНАЯ СМЕТА) №89019088 от 08.03.2024 г.

Исполнитель: ООО «Автомобили Баварии» 603103, Нижний Новгород, ул. Баранова, 12

Адрес: [Redacted]

Автомобиль: [Redacted]

Марка/модель: [Redacted]

Год выпуска: [Redacted]

Вин: [Redacted]

Датум осмотра (дата вступления в силу): [Redacted]

Получатель: [Redacted]

Мастер: [Redacted]

Дата и время приема автомобиля в ремонт: [Redacted]

Итоговая стоимость по обращению № 1: 0,00

Итого стоимость по обращению № 1: 0,00

Итоговая стоимость по обращению № 2: 23 400,00

Итого стоимость по обращению № 2: 23 400,00

Итоговая стоимость по обращению № 3: 4 200,00

Итого стоимость по обращению № 3: 4 200,00

Рисунок 2 – Заказ-наряды с обращениями причине скрипов в подвеске
Figure 2 – Order-orders with requests for the cause of squeaks in the suspension

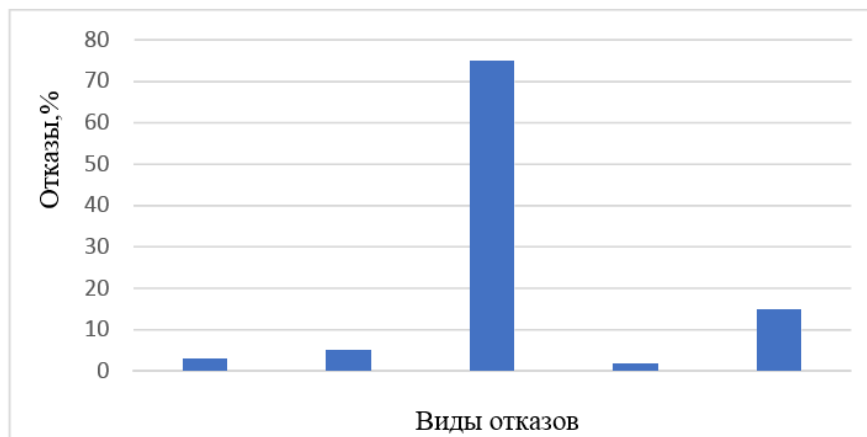


Рисунок 3 – Диаграмма отказов задней подвески автомобилей BMW G серий:

1 – спускает пневмоамортизатор; 2 – вытекла стойка амортизатора;

3 – скрип плавающего шарнира в опоре; 4 – люфт ступичного подшипника;

5 – люфт плавающего шарнира в опоре

Figure 3 – Failure diagram of the rear suspension of BMW G series cars:

1 – air shock absorber is deflating; 2 – shock absorber rod has leaked; 3 – creaking of the floating joint in the support; 4 – bearing play; 5 – floating joint play in the support

Таблица 1 – Распределение отказов задней подвески автомобилей BMW G серий

Table 1 – Distribution of rear suspension failures in BMW G series cars

Дефект	Количество дефектов	%
Спускает пневмоамортизатор	1	3
Вытекла стойка амортизатора	2	5
Скрип плавающего шарнира в опоре	22	75
Люфт ступичного подшипника	1	2
Люфт плавающего шарнира в опоре	4	15

При длительной эксплуатации с проявлением скрипа вследствие высыхания смазки в плавающем шарнире наблюдаются следы коррозии и износа, которые возникают из-за попадания воды, реагентов или же повышенного трения в соединении (рисунок 4).



Рисунок 4 – Коррозия и вода в плавающем шарнире

Figure 4 – Corrosion and water in the floating hinge

Согласно инструкциям завода-изготовителя необходимо менять рычаг в сборе. При этом экспериментально доказано, что закладывание смазки в шарнир на раннем этапе проявления скрипа позволяет продлить ресурс шарнира [5, 6] (рисунок 5).

С целью упреждения дефектов шарнира, которые проявляются в виде скрипа и при длительной эксплуатации ведут к износу сопрягаемых деталей, предложено рассчитать оптимальную периодичность смазочных работ [3].

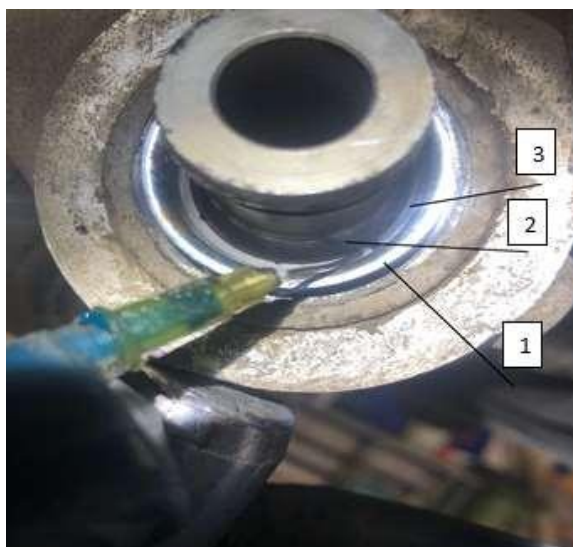


Рисунок 5 – Смазка шарнира:
1 – наружная обойма; 2 – шарнир; 3 – пластмассовая втулка
Figure 5 – Joint lubrication:
1 – outer shell; 2 – joint; 3 – plastic bushing

Необходимо определить оптимальную периодичность l_0 по замене смазки в плавающих шарнирах кроссоверов BMW G серии, если даны наработки до отказа X_i этого элемента у автомобилей выборки (таблица 2) и допустимая вероятность безотказной работы $P_d = 0,97$ ($F_d = 0,159$).

Для конструктивного элемента автомобиля, отвечающего за безопасность дорожного движения принята величина $F_d = 0.05$ [4].

Таблица 2 – Пробеги, на которых впервые проявлялся скрип подвески
Table 2 – Runs where the suspension squeaked for the first time

26000	38000	50000	62000	74000
28000	40000	52000	64000	76000
30000	42000	54000	66000	78000
32000	44000	56000	68000	80000
34000	46000	58000	70000	83000
36000	48000	60000	72000	86000

Из таблицы нормального распределения имеем: $F(z) = 0.159$, $z = -1.0$

$$\bar{l}_0 = -1.0 \cdot \sigma + X = -1.0 \cdot 10514 + 56496 = 45982 \text{ км.}$$

Таким образом, оптимальная периодичность проведения рассматриваемой операции составляет $l_0 = 45\,982$ км.

Для проведения смазочных работ необходимо выбрать смазку, которая устойчива к влаге и сможет сохранить свои свойства на протяжении рассчитанного пробега [4, 9]. Поэтому далее в работе произведен анализ антикоррозионных свойств смазок (таблица 3).

В ходе эксперимента наблюдения проводились за образцами стали с разной толщиной слоя смазки на предмет проявления коррозии (рисунки 6...9).

Установлено, что при толщине пленки 10...20 мкм коррозия начинает проявляться на образцах №1, №3, №4. При толщине пленки 5...10 мкм очаги коррозии проявились на всех образцах.

Таблица 3 – Наименования смазок шарнира

Table 3 – Names of hinge lubricants

№ образца	Название	Основа смазки
1	TopGrease	Литий
2	Смазка №158	Калий-литий
3	ProGreaseLT	Синтетическое масло
4	Frenkit	Силикон
5	Газпром	Минеральное масло или литиевое мыло



Рисунок 6 – Образцы стали со смазкой



Рисунок 7 – Этап I: толщина пленки 20...40 мкм, время ожидания 30 минут



Рисунок 8 – Этап II: толщина пленки 10...20 мкм, время ожидания 30 минут

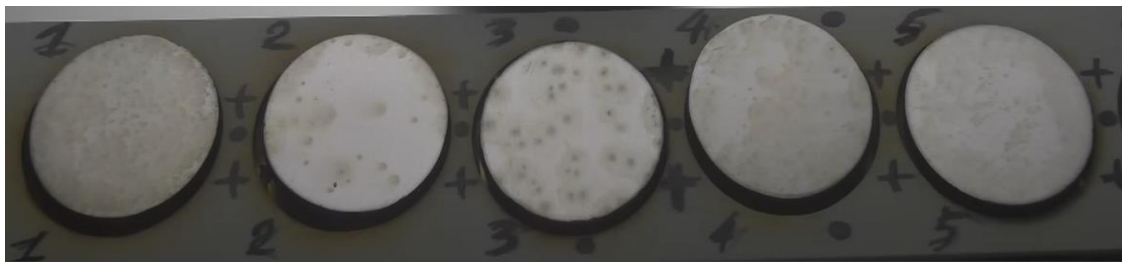


Рисунок 9 - Этап III: толщина пленки 5...10 мкм, время ожидания 30 минут

Таким образом, предпочтительной является смазка №5, так как при толщине пленки 5...10 мкм очаги коррозии на ней проявились в наименьшей степени.

Далее на 30 подконтрольных автомобилях было произведено корректирование регламента обслуживания, а именно, проведено закладывание смазки в плавающие шарниры на расчетном оптимальном пробеге. В течение года жалоб владельцев этих автомобилей на скрип зафиксировано не было, при плановом техническом обслуживании дефектов шарниров также не выявлено.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Денисов А.С. Научные основы формирования структуры эксплуатационно-ремонтного цикла автомобилей: Дис. ... д-ра техн. наук. – Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 1999. – 428 с.
2. Игорев В.Г. и др. Виброзащита в автомобильной подвеске // Известия высших учебных заведений. Автомобильный транспорт. 2011. №1(51).
3. Корчажкин М.Г. Совершенствование нормативов технической эксплуатации автомобилей/ М.Г. Корчажкин, Н.А. Кузьмин, А.Д. Кустиков// Труды НГТУ, 2012. №4. – С.168-174.
4. Кузьмин Н.А. Научные основы процессов изменения технического состояния автомобилей: монография / Н.А. Кузьмин, Г.В. Борисов; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева – Н.Новгород, 2012. – 270 с.
5. Кулешов А.В. и др. Исследование динамики сайлентблока кузова автомобиля // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2017. № 2 (42). С. 141-148.
6. Орлов В.Н., Репин В.И. Методика исследования вибраций и шумов автомобиля // Научно-технический вестник Поволжья. 2012. № 5. С. 43-46
7. Рассоха В.И. Повышение эффективности эксплуатации автомобильного транспорта на основе разработанных научно-технических, технологических и управленческих решений. Дисс. докт. техн. наук.– Оренбург: ОГУ, 2010. – 400 с
8. Петров А.В. и др. Оптимизация прочностных характеристик сайлентблоков автомобильной подвески // Вестник науки и образования. 2016. №5 (43). С.183-188.
9. Соколов В.Т. и др. Исследование надежности задней подвески легковых автомобилей// Современные технологии, экономика и образование. 2020. №2-2. С. 56-72.

REFERENCES

1. Denisov A.S. Scientific foundations of the formation of the structure of the operational and repair cycle of cars: Dis. ... Doctor of Technical Sciences. – Saratov: Sarat. State Technical University. Univ., 1999. – 428 p.
2. Igorev V. G. et al. Vibration protection in the automobile suspension // News of higher educational institutions. Automobile transport. 2011. No. 1(51).
3. Korchazhkina M.G. Improvement of Technical Operation Standards for Cars/ M.G. Korchazhkina, N.A. Kuzmin, A.D. Kustikov.// Proceedings of NSTU, 2012. No4. – P.168-174.

4. Kuzmin N.A. Scientific Foundations of Processes of Changing the Technical Condition of Cars: Monograph / N.A. Kuzmin, G.V. Borisov; Nizhny Novgorod State Technical University. R.E. Alekseev University – Nizhny Novgorod, 2012. –270 p.
5. Kuleshov A.V. et al. Research of the dynamics of the silent block of the car body // Bulletin of the Moscow Automobile and Road State Technical University (MADI). 2017. No. 2 (42). Pp. 141-148.
6. Orlov V.N., Repin V.I. Research methodology of vibrations and noise of the car // Scientific and technical Bulletin of the Volga region. 2012. No. 5. P. 43-46
7. Rassokha V.I. Increasing the efficiency of the operation of motor transport on the basis of developed scientific, technical, technological and managerial.
8. Petrov A.V. et al. Optimization of the strength characteristics of automobile suspension silent blocks // Bulletin of Science and Education. 2016. No. 5 (43). P. 183-188.
9. Sokolov V.T. et al. Research on the Reliability of the Rear Suspension of Passenger Cars// Modern Technologies, Economics, and Education. 2020. No. 2-2. P. 56-72.

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ ВЕНТИЛЯТОРОВ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

А.В. Филиппова¹, М.С. Хрипченко¹, А.П. Новиков¹, С.Л. Панченко¹
¹ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия

Автор, ответственный за переписку: Михаил Сергеевич Хрипченко rukvkr-hms@yandex.ru

Аннотация. Статья посвящена анализу особенностей конструкции и эксплуатации вентиляторов системы охлаждения двигателей автомобильной техники в условиях низких температур, характерных для Арктики (до $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже). Рассмотрены физико-химические процессы, влияющие на работоспособность вентиляторов: изменение механических свойств полимерных и металлических материалов (повышение хрупкости, твёрдости), возрастание вязкости смазочных материалов в подшипниковых узлах, увеличение пусковых токов электродвигателей, дрейф характеристик электронных компонентов и ЭБУ, термоциклические нагрузки, приводящие к усталостным разрушениям, а также коррозионные процессы в условиях конденсации влаги. Отдельное внимание уделено проблемам холодного пуска, прогрева двигателя и алгоритмам управления вентилятором. В качестве перспективных решений предложены: применение специализированных низкотемпературных смазок (например, ЛУКОЙЛ Синтофлекс Арктик), использование бесколлекторных вентиляльных двигателей с редкоземельными магнитами, интеллектуальное ШИМ-управление с термокомпенсацией и герметизация электронных модулей. Комплексная реализация этих мер позволит обеспечить надёжную работу системы охлаждения при экстремально низких температурах.

Ключевые слова: система охлаждения, двигатель, автомобиль, Арктика, эксплуатация, вентилятор

DESIGN FEATURES OF THE FANS OF THE ENGINE COOLING SYSTEM DURING OPERATION AT LOW TEMPERATURES

A.V. Philiptsova¹, M.S. Khripchenko¹, A.P. Novikov¹, S.L. Panchenko¹
¹ Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia

The author responsible for the correspondence: Mikhail Sergeyevich Khripchenko

Abstract. The article is devoted to the analysis of the design and operation features of fans of the cooling system for automotive engines in conditions of low temperatures typical of the Arctic (up to $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ and below). The physicochemical processes affecting the operation of fans are considered: changes in the mechanical properties of polymer and metal materials (increased brittleness, hardness), an increase in the viscosity of lubricants in bearing assemblies, an increase in starting currents of electric motors, a drift in the characteristics of electronic components and control units, thermocyclic loads leading to fatigue damage, as well as corrosion processes under conditions of condensation of moisture. Special attention is paid to the problems of cold start, engine warm-up, and fan control algorithms. The following promising solutions are proposed: the use of specialized low-temperature lubricants (for example, LUKOIL Sintoflex Arctic), the use of brushless valve motors with rare-earth magnets, intelligent PWM control with thermal compensation and sealing of electronic modules. The comprehensive implementation of these measures will ensure reliable operation of the cooling system at extremely low temperatures.

Keywords: cooling system, engine, car, Arctic, operation, fan

Эксплуатация автомобильной техники в арктическом регионе сопряжена с комплексом экстремальных факторов: температуры окружающей среды регулярно опускаются до -50°C и ниже, сезонные колебания могут достигать 100°C , а климатические переходы сопровождаются интенсивным льдообразованием и резкими термоциклическими нагрузками [1]. В этой среде система охлаждения двигателя, и её исполнительный элемент — вентилятор (электровентилятор радиатора), сталкивается с противоречивыми требованиями: с одной стороны, необходимость создания воздушного потока для эффективного отвода избыточного тепла при кратковременных высоких нагрузках, с другой — обеспечение надёжного пуска и стабильной работы в условиях, когда все физико-химические процессы в материалах и средах замедлены или искажены [2].

Система охлаждения двигателя в арктических условиях подвергается аномальным тепловым режимам. Холодный запуск двигателя сопровождается крайне низкими стартовыми температурами охлаждающей жидкости, что вызывает длительный прогрев и задержку выхода на рабочие температурные режимы. В то же время при интенсивной работе двигателя тепловыделение возрастает, требуя полноценного функционирования вентилятора [3]. В связи с этим, исследование особенностей работы вентиляторов автомобиля при низких температурах и разработка методов повышения их долговечности является актуальной научно-технической задачей.

The operation of automotive equipment in the Arctic region is associated with a complex of extreme factors: ambient temperatures regularly drop to -50°C and below, seasonal fluctuations can reach 100°C , and climatic transitions are accompanied by intense ice formation and severe thermal cyclical loads [1]. In this environment, the engine cooling system and its executive element, the fan (radiator fan), face conflicting requirements: on the one hand, the need to create an air flow to effectively remove excess heat under short—term high loads, on the other hand, to ensure reliable start—up and stable operation in conditions when all physico-chemical processes in the materials and media are slowed down or distorted [2].

The engine cooling system undergoes abnormal thermal conditions in Arctic conditions. A cold start of the engine is accompanied by extremely low starting temperatures of the coolant, which causes prolonged heating and a delay in reaching operating temperature conditions. At the same time, with intensive engine operation, heat dissipation increases, requiring full-fledged fan operation [3]. In this regard, the study of the features of car fans at low temperatures and the development of methods to increase their durability is an urgent scientific and technical task.

При снижении температуры происходит изменение механических свойств материалов, из которых изготовлены лопасти, корпус и несущие элементы вентилятора. Лопасти вентиляторов, как правило, изготавливаются из полимерных композитов или алюминиевых сплавов. При -40°C твёрдость алюминиевых сплавов возрастает примерно на 15 % по сравнению с комнатной температурой, что сопровождается повышением хрупкости и риском растрескивания при динамических нагрузках [4]. Полимерные материалы становятся более жёсткими и менее пластичными, что при вибрациях и ударах может приводить к образованию микротрещин и последующему разрушению лопастей [5].

Подшипниковые узлы электродвигателя вентилятора являются критическим элементом, определяющим пусковые характеристики и ресурс. Вязкость смазочных материалов экспоненциально возрастает с понижением температуры. При -20°C вязкость типовых смазок может увеличиваться вдвое по сравнению с 20°C [6]. Это приводит к возрастанию пускового момента сопротивления, увеличению пускового тока

и, в ряде случаев, к невозможности запуска вентилятора при глубоких отрицательных температурах.

Специализированные низкотемпературные смазки позволяют частично решить эту проблему. Современные разработки, такие как ЛУКОЙЛ Синтофлекс Арктик 1-100 HD, обеспечивают работоспособность в диапазоне от -50 до $+160$ °C [7]. Смазка OKS 416, специально предназначенная для арктических климатических условий, сохраняет динамическую лёгкость при частотах вращения до DN 1 000 000 мм/мин и демонстрирует устойчивость к окислению и воздействию воды [8] (рисунок 1).

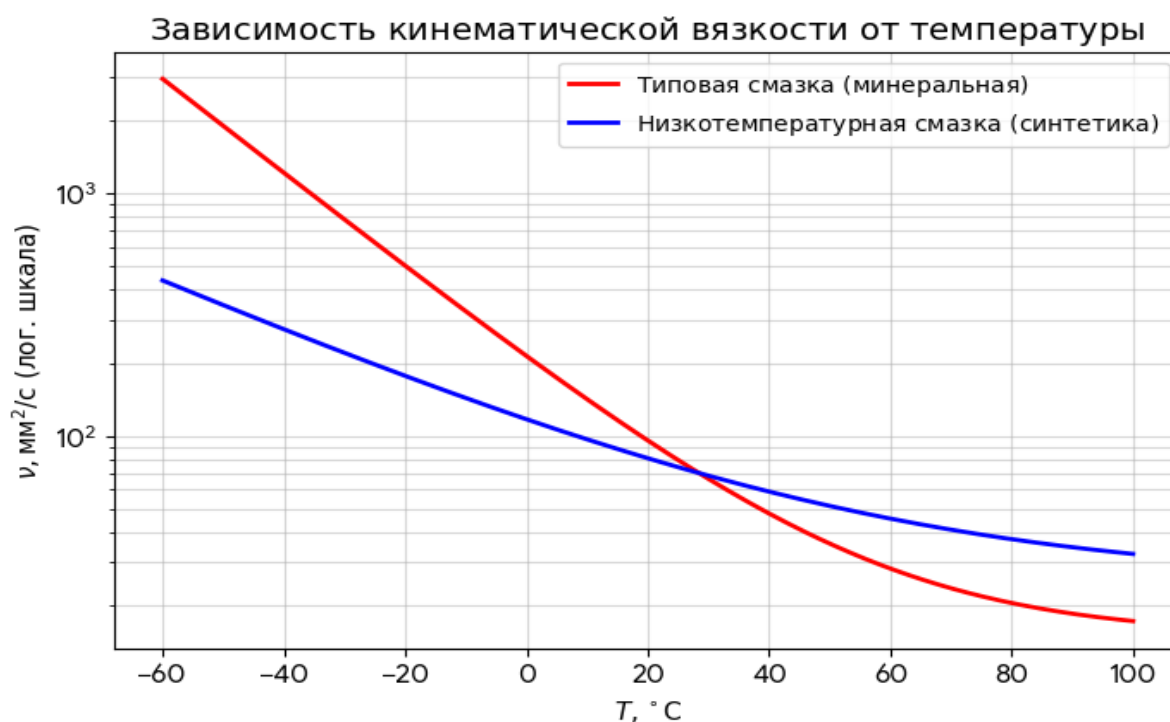


Рисунок 1 – Зависимость кинематической вязкости типовой смазки и низкотемпературной смазки от температуры

Figure 1 – The dependence of the kinematic viscosity of a typical lubricant and a low-temperature lubricant on temperature

Электровентилятор современного автомобиля управляется электронным блоком (ЭБУ) и коммутируется через реле или силовые транзисторы. Автомобильные электронные компоненты по стандарту AEC-Q100 должны сохранять работоспособность в диапазоне от -40 до $+150$ °C [9]. Однако на практике при температурах ниже -30 °C возможно нарушение работы датчиков температуры охлаждающей жидкости, датчиков давления хладагента кондиционера, а также сбой в логике работы ЭБУ, вызванные изменением параметров полупроводниковых элементов [10]. Конденсация влаги внутри электронных модулей при резких перепадах температуры и последующее замерзание конденсата также являются распространённой причиной отказов (рисунок 2).

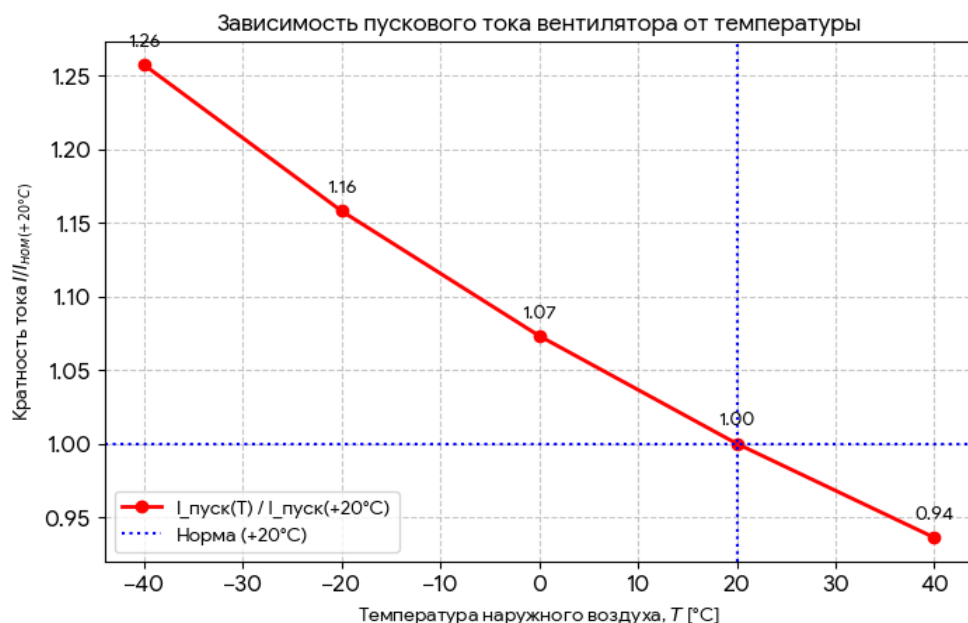


Рисунок 2 – Зависимость пускового тока электродвигателя вентилятора от температуры
Figure 2 – Dependence of the starting current of the fan motor on the temperature

Пусковые токи электродвигателя при низких температурах могут в несколько раз превышать номинальные значения. По данным исследований [11], снижение температуры двигателя до 143 К (-130°C) повышает пусковой ток в 3,5 раза от номинального. Хотя рабочие температуры вентиляторов автомобильных систем охлаждения не достигают столь низких значений (обычно ограничиваясь $-40 \dots -50^{\circ}\text{C}$), сам эффект возрастания пусковых токов сохраняется и может приводить к перегрузке цепей питания, подгоранию контактов реле и ускоренной деградации изоляции обмоток.

В арктических условиях автомобиль подвергается многократным переходам из холодной среды (стоянка) в тёплую (отапливаемый гараж, бокс) и обратно. Циклические температурные изменения вызывают термические напряжения в разнородных материалах конструкции вентилятора: металлический вал электродвигателя, пластиковый корпус, композитные лопасти имеют различные коэффициенты термического расширения, что создаёт внутренние напряжения и может приводить к усталостным трещинам, ослаблению посадок и нарушению балансировки [14].

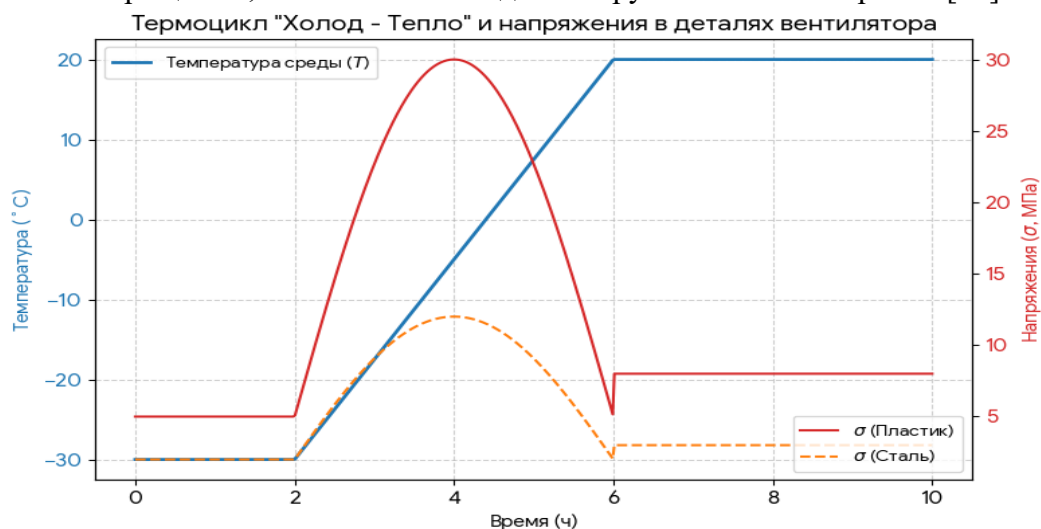


Рисунок 3 – Пример термоцикла «холодная стоянка – тёплый гараж»
Figure 3 – Example of a thermal cycle «cold parking – warm garage»

Испытания, регламентированные стандартами ISO 16750-4 и IEC 60068-2-14, предусматривают температурные циклы с шагом 5 °C в диапазоне от минимальной до максимальной рабочей температуры для выявления отказов, вызванных именно термомеханическими напряжениями [15]. В арктической эксплуатации такие нагрузки многократно превышают лабораторные сценарии.

В прибрежных районах Арктики, а также в условиях частых оттепелей и образования конденсата, коррозионная агрессивность среды существенно возрастает. Коррозия электрических контактов, окисление щёточно-коллекторного узла (для коллекторных электродвигателей) и коррозионное разрушение подшипников являются распространёнными причинами отказов вентиляторов при эксплуатации в северных широтах [16].

Современные системы управления двигателем используют для включения вентилятора данные от датчика температуры охлаждающей жидкости (ДТОЖ), датчика температуры на выходе из радиатора, а также от датчика давления в системе кондиционирования. При температурах ниже расчётного диапазона (ниже –30 °C) характеристики этих датчиков могут дрейфовать, вызывая ложные срабатывания или, наоборот, отказ включения вентилятора [17].

Одним из эффективных решений является использование термокомпенсированных датчиков и программная коррекция показаний в ЭБУ. В перспективных разработках вентиляционных двигателей с редкоземельными магнитами реализуется термокомпенсация с помощью термисторов, встроенных непосредственно в двигатель [18].

При холодном пуске двигателя в арктических условиях (температура ниже –30 °C) система охлаждения функционирует в режиме: термостат закрыт, охлаждающая жидкость циркулирует по малому контуру, радиатор остаётся холодным, и вентилятор, как правило, не включается. Однако при наличии неисправностей (заклинивание термостата в закрытом положении, воздушные пробки, недостаток антифриза) может происходить локальный перегрев с аварийным включением вентилятора на холодном двигателе [3].

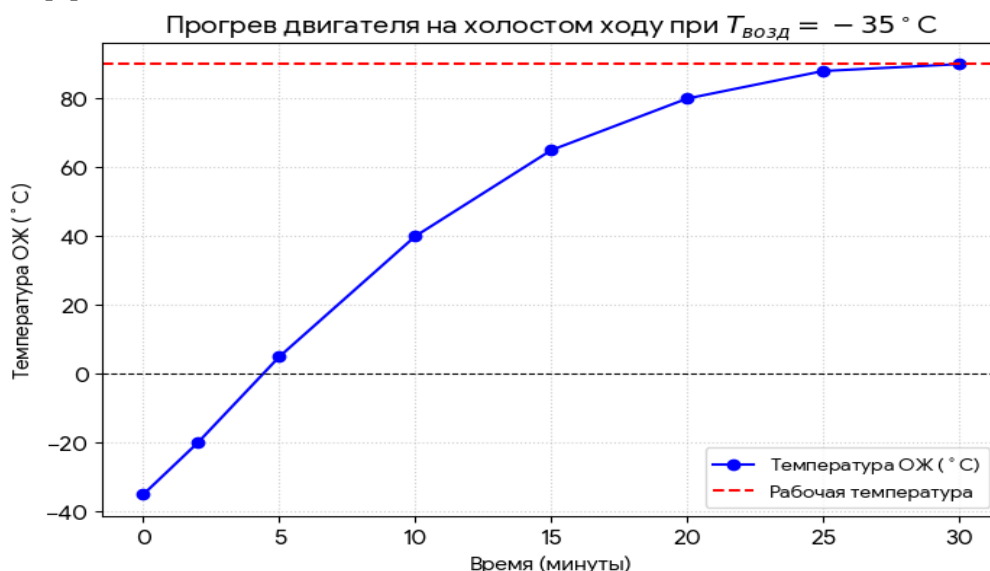


Рисунок 4 – График прогрева двигателя при температуре окружающего воздуха –35°C
Figure 4 – Graph of engine warm-up at ambient temperature –35°C

Согласно данным испытаний, проведённых в климатической камере [19], при температуре поверхности кузова –38 °C и температуре двигателя –34 °C система дистанционного запуска позволила запустить мотор с первой попытки, а после 10-минутного прогрева автомобиль был полностью готов к движению. Однако для

вентилятора системы охлаждения ключевым является не столько сам запуск, сколько готовность к включению при достижении рабочих температур.

Разработка и применение специализированных низкотемпературных смазок для подшипниковых узлов вентиляторов является критически важным направлением. Смазки на синтетической основе с присадками, снижающими температурную зависимость вязкости, позволяют обеспечить стабильные пусковые характеристики вплоть до $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ [6,7]. Применение таких смазок, как ЛУКОЙЛ Синтофлекс Арктик 1-100 HD [7] в сочетании с герметизированными подшипниками, существенно повышает ресурс и надёжность вентилятора в арктических условиях.

Эксплуатация вентиляторов системы охлаждения автомобиля в условиях Арктики представляет собой комплексную инженерную задачу, требующую учёта взаимосвязанных физико-химических, механических и электронных процессов. Ключевыми проблемами являются:

1. Возрастание вязкости смазочных материалов и охлаждающей жидкости при низких температурах, приводящее к увеличению пусковых токов и нагрузок на подшипниковые узлы;
2. Изменение механических свойств конструкционных материалов (повышение хрупкости пластиков и композитов, изменение твёрдости металлов);
3. Дрейф характеристик и отказы электронных компонентов при температурах ниже расчётного диапазона;
4. Коррозионные процессы, ускоряемые циклическим образованием и таянием конденсата;
5. Термоциклические напряжения, вызывающие усталостные разрушения.

Перспективными направлениями повышения надёжности являются: переход на вентильные (бесколлекторные) электродвигатели с редкоземельными магнитами, внедрение интеллектуального ШИМ-управления с термокомпенсацией, применение специализированных низкотемпературных смазочных материалов и герметизация электронных компонентов с защитой от конденсации влаги. Комплексное применение этих решений в сочетании с тщательными климатическими испытаниями позволяет обеспечить стабильную и надёжную работу вентилятора системы охлаждения при экстремально низких температурах Арктики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев Г.В., Соколов И.А. Климатические факторы Арктики и их влияние на технические системы. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2020. – 312 с.
2. Reitz R.D., Ogawa H., Payri R. et al. IJER editorial: The future of the internal combustion engine // International Journal of Engine Research. – 2019. – Vol. 20, No. 1. – P. 3–10.
3. Коротков А.В., Морозов С.Н. Термодинамика системы охлаждения двигателя при низких температурах // Журнал автомобильных инженеров. – 2018. – № 4 (61). – С. 34–39.
4. Петров В.В., Сидоров А.А. Механические свойства алюминиевых сплавов в широком диапазоне температур. – М.: Металлургия, 2016. – 288 с.
5. Беляев П.С., Кривошеев В.В. Полимерные композиционные материалы для узлов трения в условиях низких температур // Трение и смазка в машинах. – 2019. – Т. 14, № 2. – С. 45–52.
6. Захаров А.И., Кузьмин С.В. Вязкостно-температурные характеристики смазочных материалов для арктической техники. – Новосибирск: Наука, 2017. – 196 с.
7. TOTAL Lubrifiants. Technical Data Sheet: MULTIS COMPLEX SHD 100. – Paris: TOTAL Group, 2021. – 6 p.
8. OKS Spezialschmierstoffe GmbH. Product Information: OKS 416 – High-temperature lubricating grease for Arctic conditions. – Munich: OKS, 2020. – 4 p.

9. Automotive Electronics Council. AEC-Q100 Rev-J: Failure Mechanism Based Stress Test Qualification for Integrated Circuits. – 2017. – 67 p.
10. Johnson C.M., Evans J.P. Low-temperature behavior of automotive sensors and ECUs // SAE International Journal of Passenger Cars – Electronic and Electrical Systems. – 2018. – Vol. 11, No. 2. – P. 123–132.
11. Kropiwnicki J., Kneba Z. Starting current of electric motors at cryogenic temperatures // Archives of Electrical Engineering. – 2016. – Vol. 65, No. 3. – P. 457–468.
12. Гусев А.В., Федотов В.И. Антифризы для экстремальных климатических условий: состав, свойства, применение. – М.: Химия, 2019. – 240 с.
13. Николаев В.П., Ермаков С.Ю. Кристаллизация охлаждающих жидкостей в радиаторах при температурах ниже расчётных // Транспорт Урала. – 2017. – № 2 (53). – С. 22–27.
14. Lee H., Park S., Kim Y. Thermal fatigue life prediction of automotive plastic fan blades under cyclic temperature loads // Engineering Failure Analysis. – 2020. – Vol. 112. – Article 104528.
15. International Organization for Standardization. ISO 16750-4:2010 – Road vehicles – Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment – Part 4: Climatic loads. – Geneva: ISO, 2010. – 38 p. (вместе с IEC 60068-2-14:2009 – Environmental testing – Part 2-14: Tests – Test N: Change of temperature)
16. Черняев В.Д., Малышев А.Н. Коррозия автомобильных электросистем в прибрежных арктических регионах // Коррозия: материалы, защита. – 2021. – № 3. – С. 28–35.
17. Шабалин А.В., Дмитриев В.С. Анализ отказов датчиков температуры охлаждающей жидкости при низких температурах // Автомобильная электроника. – 2018. – № 1 (42). – С. 14–19.
18. Герасимов Д.Н., Чижов А.А. Вентильные электродвигатели с термокомпенсацией для тяжёлых условий эксплуатации // Электротехника. – 2020. – № 7. – С. 31–37.
19. ПАО «АВТОВАЗ». Отчёт о климатических испытаниях системы дистанционного запуска двигателя при температурах до -40°C . – Тольятти: Научно-технический центр АВТОВАЗ, 2019. – 45 с.
20. Гончаров А. В., Хрипченко М. С. Интеллектуальное управление тепловым режимом ДВС в арктических условиях // Современные технологии в машиностроении: материалы Международной научно-практической конференции. Воронеж: ВГЛУТУ, 2018. С. 145–150.
21. Хрипченко М. С., Нартов П. А., Юдин Р. В. Особенности работы приборов электрооборудования транспортных машин при низких температурах // Современные проблемы транспортного машиностроения: материалы Международной научно-практической конференции. Воронеж: ВГЛУТУ, 2018. С. 75–80.

REFERENCES

1. Alekseev G.V., Sokolov I.A. Climatic factors of the Arctic and their influence on technical systems. – St. Petersburg: Publishing house of the Polytechnic. University, 2020. – 312 p.
2. Reitz R.D., Ogawa H., Payri R. et al. IJER editorial: The future of the internal combustion engine // International Journal of Engine Research. – 2019. – Vol. 20, No. 1. – P. 3-10.
3. Korotkov A.V., Morozov S.N. Thermodynamics of the engine cooling system at low temperatures // Journal of Automotive Engineers. – 2018. – No. 4 (61). – pp. 34-39.
4. Petrov V.V., Sidorov A.A. Mechanical properties of aluminum alloys in a wide temperature range. Moscow: Metallurgiya, 2016. 288 p.
5. Belyaev P.S., Krivosheev V.V. Polymer composite materials for friction units at low temperatures // Friction and lubrication in machines. 2019. Vol. 14, No. 2. pp. 45-52.
6. Zakharov A.I., Kuzmin S.V. Viscosity-temperature characteristics of lubricants for Arctic equipment. Novosibirsk: Nauka Publ., 2017. 196 p.
7. TOTAL Lubrifiants. Technical Data Sheet: MULTIS COMPLEX SHD 100. – Paris: TOTAL Group, 2021. – 6 p.
8. OKS Spezialschmierstoffe GmbH. Product Information: OKS 416 – High-temperature lubricating grease for Arctic conditions. – Munich: OKS, 2020. – 4 p.
9. Automotive Electronics Council. AEC-Q100 Rev-J: Failure Mechanism Based Stress Test Qualification for Integrated Circuits. – 2017. – 67 p.

10. Johnson C.M., Evans J.P. Low-temperature behavior of automotive sensors and ECUs // SAE International Journal of Passenger Cars – Electronic and Electrical Systems. – 2018. – Vol. 11, No. 2. – P. 123–132.
11. Kropiwnicki J., Kneba Z. Starting current of electric motors at cryogenic temperatures // Archives of Electrical Engineering. – 2016. – Vol. 65, No. 3. – P. 457-468.
12. Gusev A.V., Fedotov V.I. Antifreeze for extreme climatic conditions: composition, properties, application. – M.: Chemistry, 2019. – 240 p.
13. Nikolaev V.P., Ermakov S.Yu. Crystallization of cooling fluids in radiators at temperatures below design temperatures // Transport of the Urals. – 2017. – № 2 (53). – Pp. 22-27.
14. Lee H., Park S., Kim Y. Thermal fatigue life prediction of automotive plastic fan blades under cyclic temperature loads // Engineering Failure Analysis. – 2020. – Vol. 112. – Article 104528.
15. International Organization for Standardization. ISO 16750-4:2010 – Road vehicles – Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment – Part 4: Climatic loads. Geneva: ISO, 2010. 38 p. (together with IEC 60068-2-14:2009 – Environmental testing – Part 2-14: Tests – Test N: Change of temperature)
16. Chernyaev V.D., Malyshev A.N. Corrosion of automotive electrical systems in coastal Arctic regions // Corrosion: materials, protection. – 2021. – No. 3. – pp. 28-35.
17. Shabalin A.V., Dmitriev V.S. Analysis of failures of coolant temperature sensors at low temperatures // Automotive electronics. – 2018. – № 1 (42). – Pp. 14-19.
18. Gerasimov D.N., Chizhov A.A. Valve electric motors with thermal compensation for severe operating conditions // Electrical engineering. - 2020. – No. 7. – pp. 31-37.
19. AVTOVAZ PJSC. Report on climatic tests of the remote engine start system at temperatures up to -40 °C. Tolyatti: Scientific and Technical Center AVTOVAZ, 2019. 45 p.
20. Goncharov A.V., Khripchenko M. S. Intelligent control of the internal combustion engine thermal regime in Arctic conditions // Modern technologies in mechanical engineering: proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Voronezh: VGLTU, 2018. pp. 145-150.
21. Khripchenko M. S., Nartov P. A., Yudin R. V. Features of operation of electrical equipment of transport vehicles at low temperatures // Modern problems of transport engineering: proceedings of the International scientific and practical Conference. Voronezh: VGLTU, 2018. pp. 75-80.

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ В АРКТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

А.В. Филатов¹, М.С. Хрипченко,¹ А.П. Новиков¹

¹ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия

Автор, ответственный за переписку: Михаил Сергеевич Хрипченко rukvkr-hms@yandex.ru

Аннотация. Статья посвящена анализу особенностей работы системы охлаждения двигателя автомобильной техники в экстремальных климатических условиях Арктики (до $-50...-60\text{ }^{\circ}\text{C}$). Основное внимание уделено радиатору как ключевому элементу системы, испытывающему противоречивые требования: быстрый прогрев двигателя при низких температурах и эффективное теплосъём при высоких нагрузках. Рассмотрены физико-химические процессы, влияющие на работоспособность радиатора: изменение механических свойств алюминиевых сплавов и полимерных бачков (повышение хрупкости, снижение ударной вязкости), резкий рост вязкости охлаждающей жидкости (в 8–10 раз при снижении от $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$), локальная кристаллизация и закупорка каналов, коррозия под действием противогололёдных реагентов (хлоридов), термоциклические усталостные разрушения (уже после 100–150 циклов от $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+80\text{ }^{\circ}\text{C}$), а также обледенение и загрязнение теплообменной поверхности, снижающие эффективность теплоотдачи на 50–70 %. Отдельно рассмотрены проблемы холодного пуска, воздушных пробок и некорректной работы термостата.

Ключевые слова: система охлаждения, автомобиль, двигатель, Арктика, радиатор, низкие температуры, антифриз, коррозия.

FEATURES OF THE ENGINE COOLING SYSTEM IN ARCTIC CONDITIONS

A.V. Filatov¹, M.S. Khripchenko¹, A.P. Novikov¹

¹ Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia

The author responsible for the correspondence: Mikhail Sergeyevich Khripchenko

Abstract. The article is devoted to the analysis of the peculiarities of the operation of the engine cooling system of automotive equipment in the extreme climatic conditions of the Arctic (up to $-50...-60\text{ }^{\circ}\text{C}$). The main focus is on the radiator as a key element of the system, which has conflicting requirements: fast engine heating at low temperatures and efficient heat removal at high loads. The physicochemical processes affecting radiator performance are considered: changes in the mechanical properties of aluminum alloys and polymer tanks (increased brittleness, reduced impact strength), a sharp increase in the viscosity of the coolant (8-10 times with a decrease from $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$), local crystallization and blockage of channels, corrosion under the action of deicing agents (chlorides), thermocyclic fatigue failure (after 100-150 cycles from $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+80\text{ }^{\circ}\text{C}$), as well as icing and contamination of the heat exchange surface, reducing the efficiency of heat transfer by 50-70%. The problems of cold start, air jams and incorrect operation of the thermostat are considered separately. The following promising solutions are proposed: the use of low-temperature antifreeze based on propylene glycol with nano additives (graphene, aluminum oxide) for operation up to $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$, the introduction of radiators with electric heating (heating elements 100-300 W), the use of composite tanks with a rubber layer to compensate for thermal expansion, protective anticorrosive coatings (zinc, aluminum) and the adaptation of system control algorithms cooling ("Arctic modes" of operation of the thermostat and fan).

Keywords: cooling system, car, engine, Arctic, radiator, low temperatures, antifreeze, corrosion.

Эксплуатация автомобильной техники в условиях Арктики представляет собой сложнейшую инженерную задачу, обусловленную совокупностью экстремальных климатических факторов. Температуры окружающего воздуха здесь могут достигать отметок от -50 до -60 °C, а сезонные перепады нередко превышают 100 °C, что в сочетании с интенсивным льдообразованием и высокой влажностью создает уникальный по своей жесткости режим работы для всех систем транспортного средства.

Радиатор системы охлаждения оказывается в центре технического противоречия. На холодном двигателе он должен отводить минимум тепла, чтобы обеспечить быстрый прогрев и снизить износ. При высоких нагрузках, напротив, требуется максимальный теплоотвод для предотвращения перегрева. [1, 2] В арктических условиях традиционные термостаты работают некорректно, а встречный поток морозного воздуха может как переохлаждать жидкость, так и способствовать намерзанию конденсата на сотах, блокируя теплопередачу. Это делает актуальной задачу создания адаптивных систем охлаждения с управляемым воздушным трактом и интеллектуальным регулированием теплового режима, способных работать в диапазоне от экстремального холода до максимальных термических нагрузок [3].

The operation of automotive equipment in the Arctic is a very difficult engineering task due to a combination of extreme climatic factors. Ambient temperatures here can reach from -50 to -60 °C, and seasonal fluctuations often exceed 100 °C, which, combined with intense ice formation and high humidity, creates a unique operating mode for all vehicle systems.

The radiator of the cooling system is at the center of a technical controversy. On a cold engine, it must dissipate a minimum of heat to ensure rapid heating and reduce wear. At high loads, on the contrary, a maximum heat sink is required to prevent overheating. [1, 2] In Arctic conditions, traditional thermostats do not work correctly, and the oncoming flow of frosty air can both supercool the liquid and contribute to the freezing of condensate on the honeycombs, blocking heat transfer. This makes it urgent to create adaptive cooling systems with a controlled air path and intelligent regulation of the thermal regime, capable of operating in the range from extreme cold to maximum thermal loads [3].

Современные автомобильные радиаторы выполняются преимущественно из алюминиевых сплавов или имеют медные (латунные) трубки с пластинчатым оребрением. При снижении температуры до $-40...-50$ °C механические свойства этих материалов изменяются. Для алюминиевых сплавов предел прочности возрастает на 10–15 %, но пластичность падает, что повышает риск хрупкого разрушения при динамических нагрузках [4, 5]. (рисунок 1).

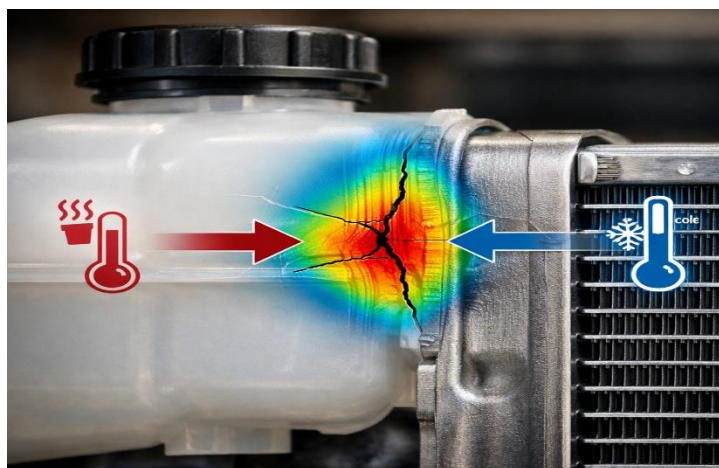


Рисунок 7 – Появление микротрещин из-за разницы температур
Figure 1 – The appearance of microcracks due to temperature differences

Пластмассовые бачки из армированного полиамида становятся более жёсткими и хрупкими; их ударная вязкость при $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ снижается в 2–3 раза по сравнению с комнатной температурой [6]. В местах соединения бачков с сердечником при резких перепадах температуры возникают высокие внутренние напряжения, приводящие к микротрещинам и потере герметичности [7].

Охлаждающая жидкость в арктических условиях работает на пределе своих возможностей. Даже низкотемпературные составы на основе этиленгликоля с присадками при $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ имеют повышенную динамическую вязкость, что ухудшает прокачиваемость через тонкие каналы радиатора [8, 9] (рисунок 2).

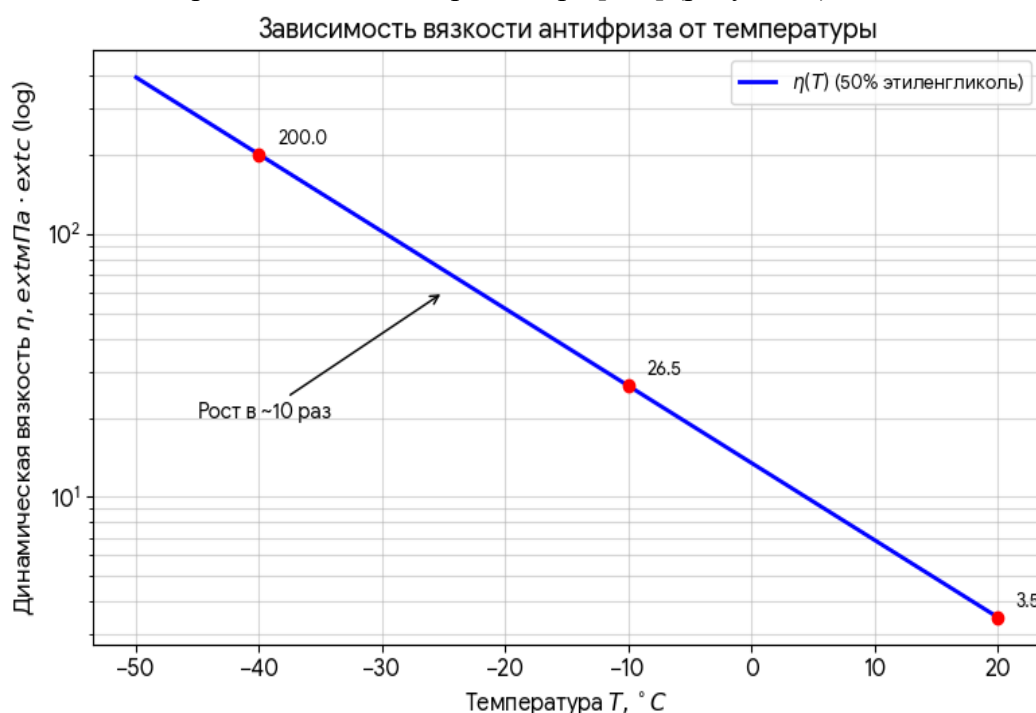


Рисунок 2 – Зависимость вязкости антифриза от температуры

Figure 2 – Temperature dependence of antifreeze viscosity

Экспериментально установлено, что при снижении температуры с $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ вязкость типового антифриза возрастает в 8–10 раз, что создаёт дополнительное гидравлическое сопротивление и может вызывать кавитацию в насосе [10].

Критической проблемой является возможность локальной кристаллизации или расслоения жидкости при температурах, близких к пределу замерзания. В узких каналах радиатора (высота трубок 1–2 мм) образование кристаллов льда приводит к закупорке, прекращению циркуляции и локальному перегреву с последующей деформацией сердечника [11].

В прибрежных районах Арктики и в регионах с активным применением противогололёдных реагентов (хлориды натрия, кальция, магния) коррозионная агрессивность среды резко возрастает. Алюминиевые радиаторы подвержены питтинговой и межкристаллитной коррозии, особенно при наличии гальванических пар (алюминий – медь, алюминий – латунь) [12]. Исследования показали, что скорость коррозии алюминиевого радиатора в присутствии 5 % раствора NaCl при температуре $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (в условиях таяния и замёрзшего реагента) увеличивается в 3–4 раза по сравнению с обычными дорожными условиями [13].

Кроме того, электрохимическая коррозия усиливается из-за повышенной электропроводности водных растворов реагентов. Это приводит к разрушению паяных швов, образованию свищей в трубках и выходу радиатора из строя [14].

Арктический режим эксплуатации характеризуется частыми переходами «холодная стоянка – тёплый терминал – холодная дорога». Испытания показывают, что радиаторы, подвергаемые циклам от -50°C до $+80^{\circ}\text{C}$ (температура прогретого двигателя), накапливают усталостные повреждения уже после 100–150 циклов [15, 16]. В реальных условиях за одну зиму количество таких циклов может достигать нескольких сотен (рисунок 3).

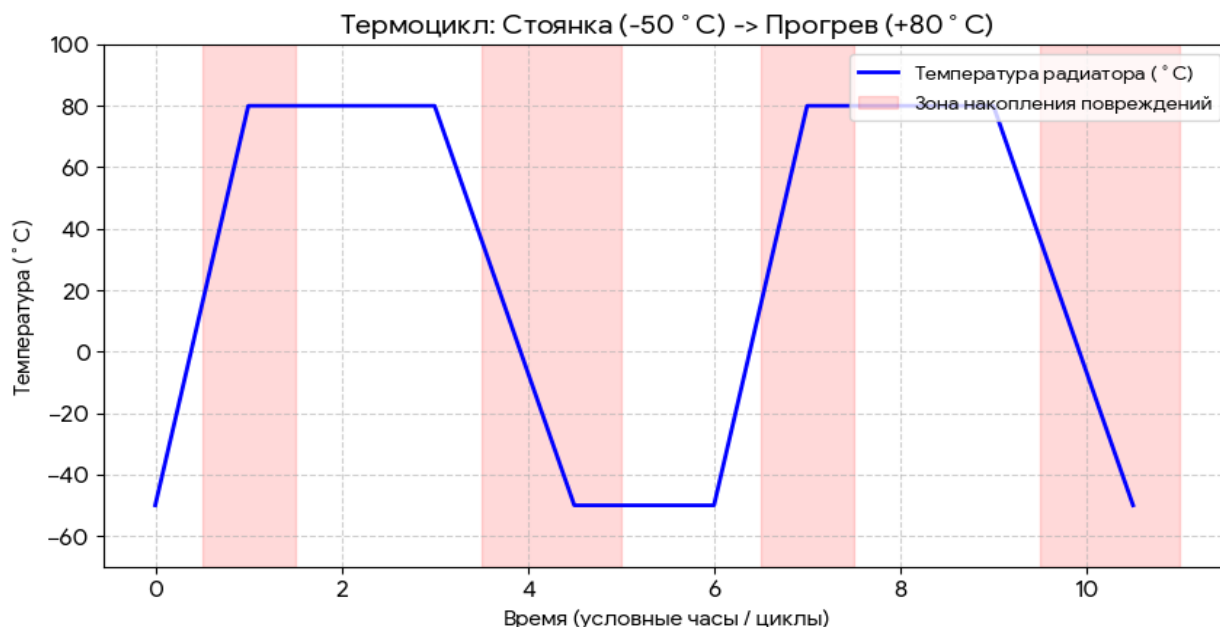


Рисунок 3 – Термоцикл «арктической эксплуатации»: от -50°C (стоянка) до $+80^{\circ}\text{C}$

Figure 3 – Thermal cycle of "Arctic operation": from -50°C (parking) to $+80^{\circ}\text{C}$

Наиболее уязвимые места: места пайки трубок к коллекторной пластине, соединение пластикового бачка с алюминиевым сердечником через прокладку, а также зоны сварки. Усталостные трещины приводят к течи антифриза, что в условиях низких температур быстро вызывает замерзание жидкости и разрушение радиатора [17].

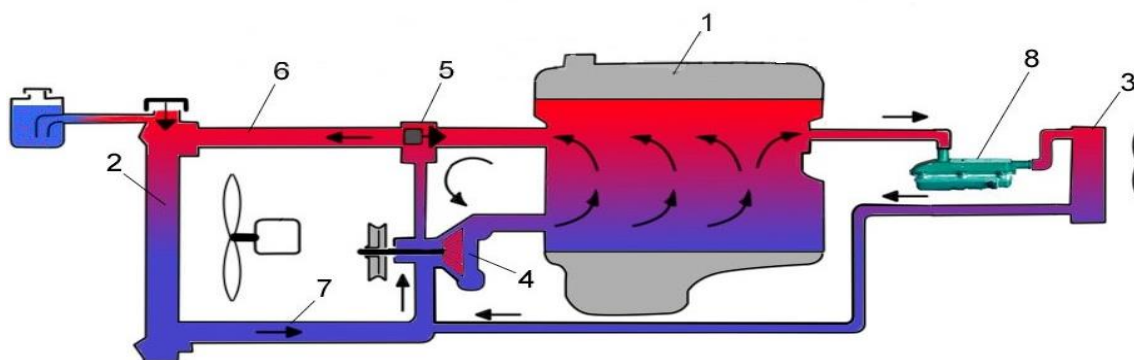
В арктических условиях наружная поверхность радиатора быстро забивается снегом, льдом, смесью песка и реагентов. Обледенение сот снижает эффективность теплоотдачи на 50–70 % [18]. При кратковременных высоких нагрузках (буксировка, движение по глубокому снегу) этого оказывается достаточно для перегрева двигателя, несмотря на низкую температуру окружающего воздуха.

Также возможно образование ледяной корки на внутренних стенках трубок радиатора при работе двигателя на малых нагрузках и длительном простое с неполностью прогретой жидкостью. Это явление, известное как «фазовый раздел», приводит к сужению проходного сечения и необратимому снижению производительности радиатора [9].

Современные электронные блоки управления (ЭБУ) двигателем учитывают температуру охлаждающей жидкости, температуру наружного воздуха и скорость движения. Однако штатные алгоритмы часто не предусматривают защиту радиатора от экстремальных термических напряжений. Перспективным решением является введение в алгоритм управления термостатом и вентилятором специальных, «арктических», режимов: периодическое принудительное открытие термостата на прогретом двигателе для исключения застоя жидкости в радиаторе, а также изменение порога включения вентилятора при обнаружении высокого гидравлического сопротивления [19].

Кроме того, для районов Крайнего Севера рекомендуется установка подогревателей радиатора (электрических или автономных) для предотвращения кристаллизации антифриза при длительных стоянках [20] (рисунок 4).

При холодном пуске двигателя при температуре ниже -30°C термостат закрыт, и охлаждающая жидкость циркулирует по малому контуру, не поступая в радиатор. Это позволяет быстро прогреть двигатель и избежать замерзания жидкости в радиаторе. Однако при неисправном термостате холодный антифриз попадает в радиатор, его вязкость резко возрастает, циркуляция замедляется, а нагрев двигателя затягивается на десятки минут [3, 10].



Последовательная схема установки подогревателя

1 – двигатель: 2 – радиатор: 3 – радиатор отопителя: 4 – помпа: 5 – термостат: 6 – верхний патрубок: 7 – нижний патрубок: 8 – подогреватель:

Рисунок 4 – Схема установки дополнительного подогревателя антифриза

Ещё одна проблема образование воздушных пробок в радиаторе после заправки системы антифризом при низких температурах. Из-за высокой вязкости жидкости воздух не удаляется естественным путём, что приводит к локальному перегреву и аварийному срабатыванию вентилятора даже на непрогретом моторе [11] (рисунок 5).

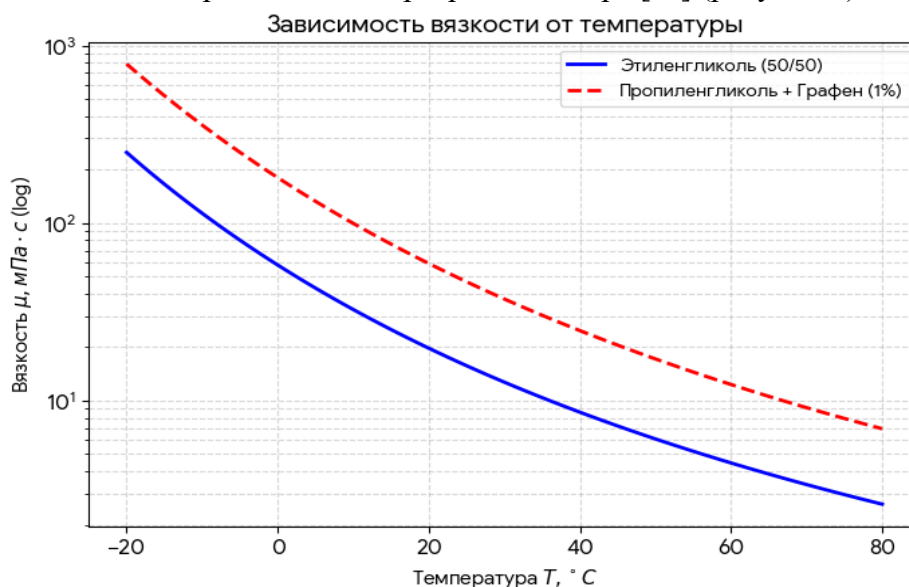


Рисунок 5 – Сравнение температурной зависимости вязкости традиционного антифриза (этиленгликоль) и антифриза с наночастицами (пропиленгликоль + графен)

Figure 5 – Comparison of the temperature dependence of the viscosity of traditional antifreeze (ethylene glycol) and antifreeze with nanoparticles (propylene glycol + graphene)

Для повышения надежности радиаторов в экстремальных арктических условиях разрабатывается комплекс технологических решений. В первую очередь это антифризы нового поколения на основе пропиленгликоля с добавлением наночастиц, например оксида алюминия или графена, которые снижают температурную зависимость вязкости и предотвращают кристаллизацию жидкости вплоть до -70°C

Другое направление внедрение радиаторов с электрообогревом, где в бачки или сердечник встраиваются ТЭНы мощностью 100–300 Вт, обеспечивающие предпусковой подогрев жидкости до -20°C . Для борьбы с термоциклическими напряжениями предлагаются композитные бачки из модифицированного полиамида с резиновой прослойкой, которая компенсирует различия в расширении материалов. Кроме того, на металлические элементы радиаторов наносятся защитные антикоррозионные покрытия на основе цинка и алюминия (хроматирование, катодное напыление), устойчивые к агрессивному действию хлоридов. Комплексное применение этих материалов в сочетании с адаптивными алгоритмами управления позволяет значительно повысить ресурс радиатора в арктическом регионе.

Эксплуатация системы охлаждения в условиях Арктики сопряжена с действием взаимосвязанных негативных факторов, среди которых изменение механических свойств материалов, кристаллизация и рост вязкости антифриза, ускоренная коррозия под действием реагентов, термоциклические и усталостные разрушения, а также обледенение и загрязнение теплообменной поверхности. Ключевыми проблемами выступают рост вязкости охлаждающей жидкости при низких температурах, приводящий к гидравлическим сопротивлениям и кавитации; хрупкость пластмассовых бачков и алюминиевых сплавов, вызывающая трещины и разгерметизацию; коррозия в присутствии хлоридных реагентов; накопление усталостных повреждений при циклических термопереходах, а также снижение теплоотдачи из-за обледенения и загрязнений. Перспективными направлениями повышения надёжности являются применение низкотемпературных антифризов с нанодобавками, внедрение радиаторов с электрообогревом, использование композитных материалов с согласованным коэффициентом термического расширения, а также адаптация алгоритмов управления системой охлаждения под арктические условия. Реализация этих мер позволит обеспечить стабильную работу радиатора при экстремально низких температурах Арктической зоны Российской Федерации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов А.П., Тимофеев С.В. Климатические особенности Арктики и их влияние на автомобильную технику. — Архангельск: Изд-во САФУ, 2019. — 298 с.
2. Heywood J.B. Internal Combustion Engine Fundamentals. 2nd ed. — New York: McGraw-Hill, 2018. — 1028 p. (Chapter 11: Cooling systems)
3. Морозов И.А., Елисеев Д.Н. Тепловые режимы работы радиаторов автомобилей при отрицательных температурах // Известия вузов. Машиностроение. — 2020. — № 6. — С. 45–53.
4. Петров В.В., Сидоров А.А. Механические свойства алюминиевых сплавов в широком диапазоне температур. — М.: Металлургия, 2016. — 288 с.
5. Степанов В.И., Григорьев А.А. Прочностные и пластические свойства алюминиевых сплавов в диапазоне температур от -60 до $+20^{\circ}\text{C}$ // Металловедение и термическая обработка металлов. — 2018. — № 4. — С. 31–37..
6. Захаров А.И., Кузьмин С.В. Вязкостно-температурные характеристики смазочных материалов для арктической техники. — Новосибирск: Наука, 2017. — 196 с.
7. Макаров О.Н., Фролов И.С. Термомеханическое поведение армированных полиамидов при циклическом замораживании-оттаивании // Российский химический журнал. — 2020. — Т. 64, № 2. — С. 54–60

8. Никитин В.Ю., Соловьев А.М. Низкотемпературные антифризы для техники Крайнего Севера: состав, испытания, эксплуатация. — М.: Химия и техника, 2020. — 256 с.
9. Белозеров А.А., Федотова Е.В. Кристаллизация этиленгликолевых антифризов в узких каналах радиаторов // Химическая технология топлив и масел. — 2019. — № 3. — С. 28–33.
10. Павлов К.Г., Родионов С.С. Гидравлическое сопротивление радиаторов при высоковязких теплоносителях // Вестник транспортного машиностроения. — 2018. — № 1. — С. 52–57.
11. Kropiwnicki J., Kneba Z. Starting current of electric motors at cryogenic temperatures // Archives of Electrical Engineering. — 2016. — Vol. 65, No. 3. — P. 457–468.
12. Гусев А.В., Федотов В.И. Антифризы для экстремальных климатических условий: состав, свойства, применение. — М.: Химия, 2019. — 240 с.
13. Николаев В.П., Ермаков С.Ю. Кристаллизация охлаждающих жидкостей в радиаторах при температурах ниже расчётных // Транспорт Урала. — 2017. — № 2 (53). — С. 22–27.
14. Громов А.В., Семенов И.П. Воздушные пробки и кавитация в системах охлаждения при низкотемпературных запусках // Автомобильная промышленность. — 2021. — № 2. — С. 34–38.
15. Бондаренко Е.А., Морозова О.В. Коррозия алюминиевых радиаторов под действием противогололёдных реагентов в арктических условиях // Коррозия и защита материалов. — 2020. — № 4. — С. 15–21.
16. Черняев В.Д., Малышев А.Н. Коррозия автомобильных электросистем в прибрежных арктических регионах // Коррозия: материалы, защита. — 2021. — № 3. — С. 28–35.
17. Шабалин А.В., Дмитриев В.С. Анализ отказов датчиков температуры охлаждающей жидкости при низких температурах // Автомобильная электроника. — 2018. — № 1 (42). — С. 14–19.
18. Герасимов Д.Н., Чижов А.А. Вентильные электродвигатели с термокомпенсацией для тяжёлых условий эксплуатации // Электротехника. — 2020. — № 7. — С. 31–37.
19. ПАО «АВТОВАЗ». Отчёт о климатических испытаниях системы дистанционного запуска двигателя при температурах до -40°C . — Тольятти: Научно-технический центр АВТОВАЗ, 2019. — 45 с.
20. Воробьев П.Н., Кузнецова Л.И. Ингибиторы коррозии для систем охлаждения автомобилей, эксплуатируемых на Севере. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2018. — 188 с.
21. Гончаров А. В., Хрипченко М. С. Интеллектуальное управление тепловым режимом ДВС в арктических условиях // Современные технологии в машиностроении: материалы Международной научно-практической конференции. Воронеж: ВГЛУТУ, 2018. С. 145–150.
22. Хрипченко М. С., Нартов П. А., Юдин Р. В. Особенности работы приборов электрооборудования транспортных машин при низких температурах // Современные проблемы транспортного машиностроения: материалы Международной научно-практической конференции. Воронеж: ВГЛУТУ, 2018. С. 75–80.

REFERENCES

1. Kuznetsov A.P., Timofeev S.V. Climatic features of the Arctic and their impact on automotive technology. Arkhangelsk: NArFU Publishing House, 2019. 298 p.
2. Heywood J.B. Internal Combustion Engine Fundamentals. 2nd ed. — New York: McGraw-Hill, 2018. — 1028 p. (Chapter 11: Cooling systems)
3. Morozov I.A., Eliseev D.N. Thermal modes of operation of car radiators at subzero temperatures // Izvestiya vuzov. Mechanical engineering. 2020. No. 6. pp. 45–53.
4. Petrov V.V., Sidorov A.A. Mechanical properties of aluminum alloys in a wide temperature range. Moscow: Metallurgiya, 2016. 288 p.
5. Stepanov V.I., Grigoriev A.A. Strength and plastic properties of aluminum alloys in the temperature range from -60 to $+20^{\circ}\text{C}$ // Metal science and heat treatment of metals. - 2018. — No. 4. — pp. 31–37..
6. Zakharov A.I., Kuzmin S.V. Viscosity-temperature characteristics of lubricants for Arctic equipment. Novosibirsk: Nauka Publ., 2017. 196 p.
7. Makarov O.N., Frolov I.S. Thermomechanical behavior of reinforced polyamides during cyclic freezing and thawing // Russian Chemical Journal, 2020, vol. 64, No. 2, pp. 54–60

8. Nikitin V.Yu., Solovyov A.M. Low—temperature antifreezes for machinery in the Far North: composition, testing, operation. Moscow: Chemistry and Technology, 2020. 256 p
9. Belozеров A.A., Fedotova E.V. Crystallization of ethylene glycol antifreezes in narrow radiator channels // Chemical technology of fuels and oils. 2019- No. 3. — pp. 28-33.
10. Pavlov K.G., Rodionov S.S. Hydraulic resistance of radiators in highly viscous heat carriers // Bulletin of Transport Engineering. — 2018. — No. 1. — pp. 52-57.11. Kropiwnicki J., Kneba Z. Starting current of electric motors at cryogenic temperatures // Archives of Electrical Engineering. — 2016. — Vol. 65, No. 3. — P. 457-468.
12. Gusev A.V., Fedotov V.I. Antifreeze for extreme climatic conditions: composition, properties, application. — M.: Chemistry, 2019. — 240 p.
13. Nikolaev V.P., Ermakov S.Yu. Crystallization of cooling fluids in radiators at temperatures below design temperatures // Transport of the Urals. — 2017. — № 2 (53). — Pp. 22-27.
14. Gromov A.V., Semenov I.P. Air jams and cavitation in cooling systems during low-temperature starts // Automotive industry. - 2021. — No. 2. — pp. 34-38
15. Bondarenko E.A., Morozova O.V. Corrosion of aluminum radiators under the action of deicing reagents in Arctic conditions // Corrosion and protection of materials. 2020. No. 4. pp. 15-21.16. Chernyaev V.D., Malyshev A.N. Corrosion of automotive electrical systems in coastal Arctic regions // Corrosion: materials, protection. — 2021. — No. 3. — pp. 28-35.
17. Shabalin A.V., Dmitriev V.S. Analysis of failures of coolant temperature sensors at low temperatures // Automotive electronics. — 2018. — № 1 (42). — Pp. 14-19.
18. Gerasimov D.N., Chizhov A.A. Valve electric motors with thermal compensation for severe operating conditions // Electrical engineering. — 2020. — No. 7. — pp. 31-37.
19. PJSC AVTOVAZ. Report on climatic tests of the remote engine start system at temperatures up to -40 °C. Tolyatti: Scientific and Technical Center AVTOVAZ, 2019. 45 p.
20. Vorobyov P.N., Kuznetsova L.I. Corrosion inhibitors for cooling systems of cars operated in the North. Novosibirsk: Publishing House of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2018. 188 p.
21. Goncharov A.V., Khripchenko M. S. Intelligent control of the internal combustion engine thermal regime in Arctic conditions // Modern technologies in mechanical engineering: proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Voronezh: VGLTU, 2018. pp. 145-150.
22. Khripchenko M. S., Nartov P. A., Yudin R. V. Features of operation of electrical equipment of transport vehicles at low temperatures // Modern problems of transport engineering: proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Voronezh: VGLTU, 2018. pp. 75-80

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ДИСТАНЦИОННОМУ ДИАГНОСТИРОВАНИЮ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВС: ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ, ОГРАНИЧЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Д.Г. Тертерашвили¹, С.В. Дорохин¹, А.Р. Глушанков¹, Р.Р. Жидков¹
¹ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия, terterashvili26@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрены современные подходы к дистанционному диагностированию системы охлаждения двигателя внутреннего сгорания (ДВС). Систематизированы диагностические параметры, получаемые по штатным каналам телеметрии и с дополнительных датчиков.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, система охлаждения, дистанционная диагностика, телематика, диагностический разъем, машинное обучение, инфракрасная термография.

MODERN APPROACHES TO REMOTE DIAGNOSTICS OF ICE COOLING SYSTEMS: DIAGNOSTIC PARAMETERS, LIMITATIONS AND DEVELOPMENT PROSPECTS

D.G. Terterashvili¹, S.V. Dorokhin¹, A.R. Glushankov¹, R.R. Zhidkov¹
¹ Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh,
Russia, terterashvili26@gmail.com

Abstract. This article examines modern approaches to remote diagnostics of internal combustion engine (ICE) cooling systems. Diagnostic parameters obtained via standard telemetry channels and additional sensors are systematized.

Keywords: internal combustion engine, cooling system, remote diagnostics, telematics, diagnostic connector, machine learning, infrared thermography.

Устойчивость теплового режима двигателя внутреннего сгорания (ДВС) является одним из ключевых условий обеспечения его ресурса, надёжности и экологических показателей. Отклонения температуры охлаждающей жидкости от расчётных значений приводят к ухудшению смазки сопряжений, росту механических напряжений, ускоренному износу цилиндропоршневой группы. В современных двигателях рабочая температура охлаждающей жидкости повышена до 105–115 °С, что необходимо для снижения расхода топлива и вредных выбросов, но одновременно сокращает ресурс двигателя в целом [1, 2]. Высокая температура охлаждающей жидкости ДВС также требует повышенной точности и оперативности диагностирования. В этих условиях традиционные методы контроля, основанные на периодическом осмотре и реагировании по штатным датчикам и системе самодиагностики (OBD), оказываются недостаточными: неисправности термостата, водяного насоса, радиатора или датчиков зачастую развиваются постепенно и не успевают быть выявлены до возникновения отказов.

Решением этой проблемы становится дистанционное диагностирование – комплекс методов непрерывного удалённого мониторинга состояния агрегатов автомобиля на основе передачи телеметрических данных по беспроводным каналам на сервер и их последующей обработки алгоритмами искусственного интеллекта. В отличие от классической стационарной диагностики, дистанционные системы позволяют накапливать историю работы двигателя в реальных условиях эксплуатации, выявлять скрытые деградационные процессы и прогнозировать остаточный ресурс элементов системы охлаждения по фактическому износу, а не по нормативному пробегу. Целью данной работы является систематизация современных подходов к дистанционному диагностированию системы охлаждения ДВС с упором на используемые диагностические параметры, ограничения существующих решений и перспективные направления развития [3, 4].

Информативность дистанционной диагностики напрямую определяется составом регистрируемых параметров. Первую и наиболее доступную группу образуют данные, получаемые по стандартным каналам бортовой диагностики OBD-II и шине CAN: мгновенное и интегральное значение температуры охлаждающей жидкости, частота вращения коленчатого вала, нагрузка двигателя, скорость автомобиля, сигнал включения вентилятора, коды неисправностей (DTC) электронного блока управления. Анализ динамики температурной кривой при прогреве и на стационарных режимах позволяет выявлять отказ термостата (слишком медленный или неполный прогрев), недостаточное охлаждение при высоких нагрузках (засорение сот радиатора, снижение производительности помпы), а также воздушные пробки в контуре [5].

Вторую группу составляют параметры, получаемые с дополнительных датчиков, интегрируемых в контур охлаждения. Выявлено, что минимально достаточный набор включает: датчики температуры на входе и выходе радиатора (погрешность не хуже $\pm 1\%$), датчик давления в контуре (диапазон 0–3 бар, $\pm 1\%$), расходомер охлаждающей жидкости, датчик вибрации с рабочим диапазоном частот 50–2000 Гц для контроля состояния подшипников помпы, датчик тока электродвигателей вентилятора и электропомпы, датчики уровня и качества антифриза, а также инфракрасные датчики оценки эффективности теплоотвода радиатора. Приведённые требования – температурный диапазон – 40°C до 125°C , стойкость к вибрации до 20 g, класс защиты IP67, температурный дрейф не более $0,02\%/^{\circ}\text{C}$ – обеспечивают работоспособность датчиков в реальных условиях эксплуатации и возможность передачи данных по CAN-шине [2, 5].

Третью группу образуют косвенные диагностические признаки, получаемые бесконтактными методами неразрушающего контроля без вмешательства в конструкцию автомобиля. В данную группу относятся вибрационные и акустические сигналы, инфракрасные тепловые изображения радиатора, показания GPS, инклинометра, а также результаты спектрального и волнового-анализа выхлопных газов. Выявлено, что даже одиночный акселерометр, установленный на корпусе двигателя, позволяет разделять виброакустический фон на составляющие, связанные с дисбалансом, сгоранием и работой вспомогательных агрегатов, причём высокочастотные составляющие в полосе 800–2000 Гц служат устойчивым признаком износа подшипников водяной помпы [4].

Современные дистанционные системы диагностирования сочетают несколько методов обработки данных. Наиболее развитым является направление, связанное с применением машинного и глубокого обучения. Так, были систематизированы основные классы задач – моделирование, диагностирование, оптимизация и управление ДВС – и показано, что для мониторинга теплового состояния эффективны методы надзорного обучения (искусственные и вероятностные нейронные сети, метод опорных векторов, алгоритмы простых моделей), а также гибридные физико-информационные модели,

сочетающие аналитическое описание процессов теплообмена с настройкой по данным. Для классификации состояний радиатора по инфракрасным тепловым изображениям предложена свёрточная нейронная сеть на основе архитектуры VGG-16 с нормализацией градиентного спуска, когда на каждой итерации обучающая выборка просматривается целиком, и только после этого изменяются веса модели; на выборке из шести классов состояний (норма, засорение трубок, утечка, отказ крышки расширительного бачка, нарушение соединения рёбер с трубками, засорение рёбер) достигнута точность 96,67 %, что существенно превышает показатели традиционных нейронных вычислительных моделей [9, 10].

Параллельно развиваются методы, основанные на анализе акустических и вибрационных сигналов. Была реализована полностью бесконтактная система диагностирования ДВС, использующая запись звукового сигнала частотой 44,1 кГц с мобильного устройства [6]. Метод позволяет надёжно обнаруживать пропуски зажигания и отказы приводного ремня с вероятностью свыше 99%, причём фрактальные признаки обеспечивают вычислительные затраты на порядок ниже, чем волновые преобразования. Применительно к системе охлаждения аналогичный подход перспективен для выявления проскальзывания ремня привода помпы и кавитационных процессов внутри системы охлаждения. Комплексная оценка методов неразрушающего контроля ДВС была проведена в работе [8] где особо отмечена роль цифровых двойников как средства безопасного моделирования и предсказания отказов системы охлаждения без физического вмешательства в саму систему.

Отдельное направление формируют виброакустические системы, интегрируемые в штатную самодиагностику «On Board Diagnostic». Была описана реализация такой системы с регистрацией виброускорения в диапазоне от 2 до 3000 Гц, а также с привязкой фазы колебаний к меткам коленчатого вала. Спектральный анализ позволяет выделять характерные гармоники, связанные с дефектами подшипников водяного насоса и разбалансировкой крыльчатки вентилятора. Также предложен метод дистанционного диагностирования системы охлаждения с прогнозированием остаточного ресурса её элементов на основе нейронной сети, получающей по протоколам OBD-II данные температуры, частоты вращения коленчатого вала, скорости, тока потребления вентилятора, уровня и качества охлаждающей жидкости, кодов ошибок, истории замен компонентов и условий эксплуатации; агрегация данных и обучение модели выполняется на базе телематических платформ [3, 7].

Несмотря на значительные результаты, современные подходы сохраняют ряд существенных ограничений. Первое из них связано с требованиями к объёму и качеству обучающих данных: эффективность обрабатываемых данных и гибридных моделей достигается только при наличии представительных выборок, охватывающих все типичные режимы работы и виды отказов; сбор таких выборок в эксплуатации требует длительного времени и координации парка автомобилей. Второе ограничение обусловлено неполнотой штатной телеметрии: автомобили прежних поколений не передают по OBD-II многие параметры, важные для диагностики охлаждения (давление в контуре, токопотребление исполнительных механизмов системы охлаждения, качество охлаждающей жидкости), а дооснащение дополнительными датчиками повышает стоимость и усложняет внедрение. Третьим ограничением является низкая обобщающая способность моделей: классификаторы, обученные на конкретной модели двигателя или конкретных условиях испытаний, при переносе на другие типы ДВС часто теряют точность, что требует переобучения или адаптации. К этому добавляется также проблема устойчивости методов к фоновым помехам: акустические и вибрационные сигналы на реальном автомобиле подвержены влиянию дорожных шумов, неровностей, работы вспомогательных агрегатов, что снижает достоверность диагноза. Четвёртое

ограничение связано с риском ложных срабатываний и, как следствие, с необходимостью регулярного переобучения сетевых моделей на новых данных, а также верификации решений сервисным персоналом. Наконец, вопросы информационной безопасности и защиты персональных данных при передаче телеметрии на облачные сервисы также остаются открытыми и требуют отдельных инженерных и организационных решений [5, 9, 10].

Перспективные направления развития дистанционной диагностики системы охлаждения ДВС формируются на пересечении нескольких тенденций. Во-первых, это углубление интеграции телематических платформ с облачными сервисами искусственного интеллекта, обеспечивающей сетевой анализ данных от множества двигателей и автоматическое обновление диагностических моделей по мере накопления опыта эксплуатации. Во-вторых, – развитие цифровых двойников контура охлаждения, объединяющих физические модели теплообмена с данными реальных датчиков и позволяющих прогнозировать температурные поля, эффективность радиатора и остаточный ресурс помпы в режиме реального времени.

В-третьих, ожидается расширение применения неразрушающих методов диагностики за счёт повсеместной доступности вычислительных ресурсов мобильных устройств

В-четвёртых, – развитие IoT-датчиков малых размеров температуры, давления и вибрации со встроенной беспроводной передачей данных, позволяющих дооснащать автомобили без значительного изменения штатной электроники.

Наконец, стратегическим направлением становится переход от реактивного обслуживания по пробегу к предиктивному обслуживанию по фактическому состоянию, при котором замена термостата, помпы, радиатора или антифриза назначается по прогнозу остаточного ресурса, рассчитанному нейросетевой моделью с использованием истории эксплуатации и стиля вождения.

Проведённый анализ показывает, что дистанционное диагностирование системы охлаждения ДВС сформировалось как самостоятельное направление, использующее богатый набор диагностических параметров – от штатной телеметрии OBD-II до инфракрасных, акустических и вибрационных сигналов – и развитые методы их обработки на основе машинного обучения и цифровых двойников. Современные подходы обеспечивают высокую точность классификации типовых неисправностей (до 96–99 %), позволяют выявлять скрытые деградиационные процессы и прогнозировать остаточный ресурс агрегатов. Вместе с тем сохраняются ограничения, связанные с требованиями к обучающим данным, неполнотой телеметрии на старых автомобилях, слабой обобщающей способностью моделей и чувствительностью к фоновым помехам. Перспективы развития связаны с интеграцией телематических и облачных платформ, распространением цифровых двойников, миниатюризацией IoT-датчиков и переходом к предиктивному обслуживанию по фактическому состоянию, что в совокупности позволит существенно повысить надёжность и ресурс ДВС при снижении эксплуатационных затрат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. К вопросу развития системы энергообразования двигателей внутреннего сгорания / А.И. Новиков, С.В. Дорохин, Т.П. Новикова, А.Г. Каширских // Альтернативные источники энергии на автомобильном транспорте: проблемы и перспективы рационального использования: сб. науч. трудов по материалам Международной науч.-практ. конф., (20-21 марта 2014 г.) В 2-х т. / под общ. ред. А. И. Новикова; ФГБОУ ВПО «ВГЛТА». – Воронеж, 2014. – Т. 1. – С. 272-274.
2. Соснин Д.А. Электрическое, электронное и автотронное оборудование легковых автомобилей/Д.А. Соснин.-3-е изд., перераб. и доп.-М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2010.-379 с.

3. Тертерашвили Д.Г., Дорохин С.В., Глушенков А.Р., Мороз Р.В. Способ оценки системы охлаждения двигателя и возможность прогнозирования неисправности её механизмов // Современные неразрушающие методы диагностики агрегатов и систем автомобилей. – 2025. – С. 260–265.
4. Тертерашвили Д.Г., Дорохин С.В. Выбор и анализ датчиков для интеллектуальной системы диагностики системы охлаждения ДВС // Современные неразрушающие методы диагностики агрегатов и систем автомобилей. – 2025. – С. 255–259.
5. Тертерашвили Д.Г., Дорохин С.В. Выбор датчиков для интеллектуальной системы дистанционной диагностики системы охлаждения ДВС // Вестник ВГЛУ. – 2025.
6. Lima T.L.V., Filho A.C.L., Belo F.A., Souto F.V., Silva T.C.B., Mishina K.V., Rodrigues M.C. Noninvasive methods for fault detection and isolation in internal combustion engines based on chaos analysis // Sensors. – 2021. – Vol. 21, Art. 6925.
7. Zinko R., Polishchuk O., Kuliś E. Vehicle diagnostic system of the car engine // MATEC Web of Conferences. – 2021. – Vol. 351, Art. 01014.
8. Torres N.N.S., Lima J.G., Maciel J.N., Gazziro M., Filho A.C.L., Souto C.R., Salvadori F., Ando Junior O.H. Non-invasive techniques for monitoring and fault detection in internal combustion engines: a systematic review // Energies. – 2024. – Vol. 17, Art. 6164.
9. Aliramezani M., Koch C.R., Shahbakhti M. Modeling, diagnostics, optimization, and control of internal combustion engines via modern machine learning techniques: A review and future directions // Progress in Energy and Combustion Science. – 2022. – Vol. 88, Art. 100967.
10. Nasiri A., Taheri-Garavand A., Omid M., Carlomagno G.M. Intelligent fault diagnosis of cooling radiator based on deep learning analysis of infrared thermal images // Applied Thermal Engineering. – 2019. – Vol. 163, Art. 114410.

REFERENCES

1. On the Development of the Energy Generation System of Internal Combustion Engines / A.I. Novikov, S.V. Dorokhin, T.P. Novikova, A.G. Kashirskikh // Alternative Energy Sources in Automobile Transport: Problems and Prospects of Rational Use: Collection of scientific papers based on the materials of the International Scientific and Practical Conf., (March 20-21, 2014) In 2 volumes / edited by A.I. Novikov; Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education "VGLT". - Voronezh, 2014. - Vol. 1. - Pp. 272-274.
2. Sosnin, D.A. Electrical, Electronic, and Autotronic Equipment of Passenger Cars / D.A. Sosnin. - 3rd ed., revised. and add.-M.: SOLON-PRESS, 2010.-379 p.
3. Terterashvili D.G., Dorokhin S.V., Glushenkov A.R., Moroz R.V. Method for assessing the engine cooling system and the possibility of predicting the failure of its mechanisms // Modern non-destructive methods for diagnostics of vehicle units and systems. - 2025. - Pp. 260-265.
4. Terterashvili D.G., Dorokhin S.V. Selection and analysis of sensors for an intelligent diagnostic system for the internal combustion engine cooling system // Modern non-destructive methods for diagnostics of vehicle units and systems. - 2025. - Pp. 255-259.
5. Terterashvili D.G., Dorokhin S.V. Selection of sensors for an intelligent system for remote diagnostics of the internal combustion engine cooling system // VSTU Bulletin. – 2025.
6. Lima T.L.V., Filho A.C.L., Belo F.A., Souto F.V., Silva T.C.B., Mishina K.V., Rodrigues M.C. Noninvasive methods for fault detection and isolation in internal combustion engines based on chaos analysis // Sensors. – 2021. – Vol. 21, Art. 6925.
7. Zinko R., Polishchuk O., Kuliś E. Vehicle diagnostic system of the car engine // MATEC Web of Conferences. – 2021. – Vol. 351, Art. 01014.
8. Torres N.N.S., Lima J.G., Maciel J.N., Gazziro M., Filho A.C.L., Souto C.R., Salvadori F., Ando Junior O.H. Non-invasive techniques for monitoring and fault detection in internal combustion engines: a systematic review // Energies. – 2024. – Vol. 17, Art. 6164.
9. Aliramezani M., Koch C.R., Shahbakhti M. Modeling, diagnostics, optimization, and control of internal combustion engines via modern machine learning techniques: A review and future directions // Progress in Energy and Combustion Science. – 2022. – Vol. 88, Art. 100967.

10. Nasiri A., Taheri-Garavand A., Omid M., Carlomagno G.M. Intelligent fault diagnosis of cooling radiator based on deep learning analysis of infrared thermal images // Applied Thermal Engineering. – 2019. – Vol. 163, Art. 114410.

**Секция 10 Общие вопросы организации учебного процесса в высшей школе
в рамках укрупненной группы 23.00.00**

DOI: 10.58168/MTST2026_281-283
УДК 796.011

**ОЦЕНКА ПЕРИОДА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОСЛЕ СТАНДАРТНОЙ
НАГРУЗКИ**

¹И.В. Григорьева, ¹Е.Г. Волкова, ¹С.К. Валиев
¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия, griiya@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается применение метода оксигеметрии для оценки интенсивности и восстановления окислительных процессов в организме. Выявлена специфика влияния различных видов спорта (легкая атлетика, гимнастика, плавание, борьба) на развитие мышечных групп.

Ключевые слова: окислительные процессы, показатель восстановления, спортивная специализация, нервно-мышечный аппарат.

EVALUATION OF THE RECOVERY PERIOD AFTER STANDARD WORKOUT

¹I. V. Grigorieva, ¹E. G. Volkova, ¹S. K. Valiev
¹³⁰⁴Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G. F. Morozov,
Voronezh, Russia, griiya@mail.ru

Abstract. This article examines the use of oximetry to assess the intensity and recovery of oxidative processes in the body. The specific effects of various sports (track and field, gymnastics, swimming, and wrestling) on muscle development are identified.

Keywords: oxidative processes, recovery rate, sports specialization, neuromuscular system.

В последнее время в литературе появились указания о возможности использования метода оксигеметрии для оценки уровня и динамики окислительных процессов в организме человека. Принципом, который лежит в основе этих исследований, является определение изменений в кислородном насыщении артериальной крови при задержке дыхания. Если задержку дыхания производить при одном и том же легочном объеме, то скорость изменения насыщения крови кислородом в условиях, вызывающих повышение уровня окислительных процессов, увеличивается во столько же раз, во сколько раз увеличивается потребление кислорода. Наилучшим образом эта зависимость проявляется в длительности периода от начала задержки до начала снижения кислородного насыщения (условно — фаза АБ по А. Г. Дембо). При повышении интенсивности окислительных процессов фаза АБ укорачивается, при понижении — удлиняется. В тех случаях, когда происходит восстановление поглощения кислорода после нагрузки, длительность фазы АБ становится такой же, как и до нагрузки.

Для оценки степени восстановления уровня окислительных процессов после нагрузки был предложен так называемый «оксигеметрический показатель восстановления», представляющий собой отношение длительности фазы АБ при

задержке дыхания на глубоком выдохе после нагрузки к длительности фазы АБ при такой же задержке дыхания до нагрузки. Проведенное в исследовании параллельное определение величины оксигеметрического показателя восстановления и поглощения кислорода до и через 5 мин. После нагрузки оказалось, что чем меньше величина оксигеметрического показателя восстановления, тем больше разница в поглощении кислорода до и после нагрузки, рассчитанная на 1 кг веса в единицу времени.

У юных спортсменов величина максимального сокращения мышц верхних конечностей достигает 75—85 единиц, а мышц нижних конечностей — 80—90 единиц шкалы прибора. У не занимающихся спортом показатели соответственно равны 40—50 и 50—60 единицам. Такое же соотношение выявляется и на других исследованиях мышцах. Следовательно, у студентов, занимающихся спортом, уровень максимального произвольного сокращения мышц значительно выше, чем у не занимающихся. Твердость мышц у них в состоянии максимального произвольного расслабления ниже, чем у не занимающихся спортом, причем если у первых активное произвольное расслабление мышц достаточно отграничено и отдифференцировано от твердости мышц в состоянии покоя, то у вторых величины твердости расслабления очень близки к величинам твердости мышц в покое. Таким образом, у юных спортсменов диапазон сократительной деятельности мышц расширяется как за счет повышения максимального произвольного сокращения, так и за счет снижения твердости мышцы в состоянии активного расслабления. Поэтому амплитуда твердости мышцы, т. е. диапазон сократительной деятельности ее, у юных спортсменов значительно больше, чем у не занимающихся спортом. Способность к лучшему расслаблению мышц у лиц, занимающихся спортом, выражается в показателях максимального и дополнительного расслабления, величины которых тем меньше, чем выше эта способность. Показатель максимального расслабления у юных спортсменов находится в пределах 0,25—0,40, а дополнительного расслабления — в пределах 0,60—0,85. У студентов, не занимающихся спортом, величины максимального расслабления колеблются в пределах 0,40—0,60, дополнительного в пределах 0,80—1,00. Эти данные говорят о высокой способности к расслаблению мышц у юных спортсменов и в то же время о значительно худшей способности к произвольному расслаблению мышц у студентов, не занимающихся спортом.

Обследования группы студентов, занимающихся различными видами спорта, методом электромионометрии позволили установить, что тренировка в том или ином виде спорта оказывает свое специфическое влияние на состояние твердости отдельных мышечных групп. Систематическая тренировка в одном из видов спорта (легкая атлетика, гимнастика, плавание, борьба) вследствие специального упражнения определённых мышечных групп способствует развитию более совершенной регуляции произвольного сокращения и расслабления одних мышц по сравнению с другими.

У юных легкоатлетов это выражается в более высоких показателях произвольного сокращения и расслабления мышц нижних конечностей. При этом специфическое влияние характера тренировки хорошо проявляется у юных спортсменов, специализирующихся в отдельных видах легкой атлетики. Так, если у бегунов и прыгунов амплитуда твердости и показатели расслабления мышц нижних конечностей значительно лучше, чем мышц верхних конечностей, то у метателей и прыгунов с шестом такого резкого различия в этих показателях не отмечается. У юношей гимнастов также отмечается различие в показателях произвольного сокращения и расслабления мышц верхних и нижних конечностей, но эти показатели несколько выше для мышц верхних конечностей. Объясняется это тем, что в гимнастическое многоборье у юношей входят такие снаряды, как брусья, конь, перекладина, кольца, упражнения на которых способствуют развитию более совершенной регуляции сокращения и расслабления

преимущественно мышц верхних конечностей и плечевого пояса. У борцов гармонично развиты мышцы всего тела, что находит отражение и в одинаковых показателях сокращения и расслабления мышц верхних и нижних конечностей (при высоком уровне максимального сокращения мышц). У пловцов, при сравнительно невысоком уровне максимального произвольного сокращения, хорошо развита способность к активному расслаблению мышц, причем на мышцах нижних конечностей несколько лучше, чем на мышцах верхних конечностей.

При сравнении наших данных с данными, полученными при исследовании взрослых спортсменов, можно прийти к заключению, что у юных гимнастов, легкоатлетов, пловцов и борцов амплитуда твердости мышц развита в такой же степени, как и у взрослых.

При ранней спортивной специализации в возрасте уже к 16—17 годам возникают те особенности произвольной регуляции сокращения и расслабления скелетных мышц, которые свойственны взрослым спортсменам. Это свидетельствует о том, что нервно-мышечный аппарат у таких юношей и девушек уже достигает уровня развития его у взрослого человека. Следует также отметить, что у юных спортсменов функциональные способности нервно-мышечного аппарата (в частности, произвольная регуляция сокращения и расслабления мышц) в большей степени зависят от спортивной специализации и их спортивного стажа, превышая обычные возрастные нормы.

Выводы.

Примененный метод исследования произвольного сокращения и расслабления может быть использован в практике врачебного контроля как метод функционального исследования нервно-мышечного аппарата у юных спортсменов.

Электромионометрические исследования мышечной системы дают возможность выявить степень и характер корковой регуляции сокращения и расслабления мышц, т. е. функциональное состояние нервно-мышечного аппарата в зависимости от различной спортивной специализации.

При ранней спортивной специализации в школьном возрасте уже к 16—17 годам возникают те особенности произвольной регуляции сокращения и расслабления скелетных мышц, которые обеспечивают успешное овладение двигательными навыками, характерными для того или иного вида спорта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волкова Е.Г. Рекреационная деятельность студенческой молодежи / Е.Г. Волкова, Д.С. Григорьев, И.В. Григорьева // Вестник Воронежского института высоких технологий. - 2018. - № 2 (25). С. 154-156.
2. Григорьева И.В. Учет индивидуальных особенностей в различных видах спорта / И.В. Григорьева, Е.Г. Волкова, Е.Н. Петров // Вестник Воронежского института высоких технологий. - 2016. - № 4 (19). С. 125-126.

REFERENCES

1. Volkova E.G. Recreational activities of student youth / E.G. Volkova, D.S. Grigoriev, I.V. Grigorieva // Bulletin of the Voronezh Institute of High Technologies. - 2018. - No. 2 (25). P. 154-156.
2. Grigorieva I.V. Taking into account individual characteristics in various sports / I.V. Grigorieva, E.G. Volkova, E.N. Petrov // Bulletin of the Voronezh Institute of High Technologies. - 2016. - No. 4 (19). P. 125-126.

ЗНАЧЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ВЫНОСЛИВОСТИ У ГРЕБЦОВ

И.В. Григорьева¹, Е.Г. Волкова¹, И.А. Кондратенко¹

¹ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия, griiya@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты исследования влияния общей физической подготовки на развитие выносливости у гребцов. Установлено, что разносторонняя физическая подготовка с использованием различных по характеру средств (включая скоростные и силовые упражнения) более эффективно способствует повышению функциональных возможностей организма и развитию выносливости, чем узконаправленная тренировка.

Ключевые слова: физическая подготовка, выносливость, тренировочный процесс, функциональные возможности, разносторонняя тренировка.

THE IMPORTANCE OF PHYSICAL TRAINING FOR DEVELOPING ENDURANCE IN ROWERS

I.V. Grigorieva¹, E.G. Volkova¹, I.A. Kondratenko¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, griiya@mail.ru

Abstract. This article presents the results of a study examining the impact of general physical training on endurance development in rowers. It was found that comprehensive physical training using a variety of techniques (including speed and strength exercises) is more effective in improving functional capacity and developing endurance than focused training.

Keywords: physical fitness, endurance, training process, functional capabilities, versatile training.

В ряде экспериментальных работ было показано, что для развития тех или иных физических качеств большое значение имеет характер тренировочной работы — ее темп, длительность, величина нагрузки, частота тренировок. Однако эти работы проводились главным образом в лабораторных условиях на эргометре, поэтому полученные данные не могут рассматриваться как непосредственные указания при выборе того или другого метода тренировки для выработки требуемого качества.

При изучении данного вопроса мы посчитали необходимым исходить из того воздействия, какое оказывает конкретные тренировочные занятия в определенные периоды тренировочного цикла. Участвуя в комплексной работе по изучению круглогодичной тренировки гребцов, мы попытались выяснить, как влияют различия в общей физической подготовке на развитие одного из основных качеств, необходимых в гребном спорте, — выносливости. Для характеристики этого воздействия мы выбрали два физиологических показателя, изменения которых наблюдаются при повышении общей выносливости, — буферность крови и возбудимость дыхательного центра. Подобные изменения, если и не полностью отражают всю перестройку организма, то в известной степени говорят о повышении функциональных возможностей в определенной двигательной деятельности. Литературные данные и наши наблюдения

свидетельствуют, что в процессе тренировки одновременно с повышением общей выносливости возрастают резервная щелочность крови и содержание углекислоты в альвеолярном воздухе. Повышением буферности крови обеспечивается более медленное нарастание ацидоза в начале работы, и что особенно существенно, ацидоз при этом стабилизируется при меньшем напряжении механизмов, регулирующих кислотно-щелочное равновесие. Таким образом, повышение буферности крови является одним из проявлений приспособления организма, которое облегчает длительное поддержание устойчивого состояния, характерного при выполнении упражнений на выносливость.

Аналогичное значение имеет и повышение возбудимости дыхательного центра. Одним из важных механизмов, обеспечивающих устойчивое состояние, является дыхательная система. Без достаточного снабжения работающих органов кислородом и выведения углекислоты из организма не может быть устойчивого состояния. Поддержание высокой легочной вентиляции во время интенсивной работы обеспечивается повышением чувствительности дыхательного центра к нарастанию CO_2 в крови и альвеолярном воздухе. Содержание углекислоты в альвеолярном воздухе мы определяли по Фридеричиа, а изменение возбудимости дыхательного центра — по той степени нарастания углекислоты в альвеолярном воздухе, при которой происходит непроизвольное сокращение дыхательных мышц при задержке дыхания. При этом учитывается не абсолютная величина содержания углекислоты в альвеолярном воздухе, а относительная (в процентах к содержанию углекислоты до задержки дыхания). Многочисленные определения показали, что у спортсменов, обладающих большой общей выносливостью (марафонцы, лыжники и т. п.), наблюдается более высокая чувствительность дыхательного центра к нарастанию CO_2 в альвеолярном воздухе, чем у гимнастов, спринтеров и других спортсменов, обладающих меньшей общей выносливостью. Кроме того, при тренировке, направленной специально на развитие общей выносливости, как правило, возбудимость дыхательного центра повышается. Таким образом, понижение степени нарастания CO_2 в альвеолярном воздухе, вызывающего непроизвольные сокращения диафрагмы при задержке дыхания, может быть одним из показателей перестройки организма при повышении общей выносливости.

Наблюдения проводились на гребцах (спортсменах 1-го разряда). Гребцы обследовались: 1) в начале подготовительного периода (январь—февраль), 2) в конце подготовительного периода (апрель—май), 3) в предсоревновательный период (июнь—июль) и 4) после окончания сезона (сентябрь—октябрь). Так как время, уделявшееся общей физической подготовке, и особенно ее разносторонности во второй год было значительно большим, чем в первый, то сопоставление изменений физиологических показателей этих двух лет может дать общее представление о значении физической подготовки в круглогодичной тренировке.

В среднем в первый год содержание CO_2 в альвеолярном воздухе у гребцов равнялось 5,3, а во второй — 5,7. Кроме того, показатели буферности крови во второй год были более стабильны, что свидетельствует о большей устойчивости спортивной формы, достигнутой гребцами. То же самое относится и к возбудимости дыхательного центра, которая значительно больше возрастала во второй год. В среднем в первый год для появления непроизвольных сокращений дыхательных мышц при задержке дыхания требовалась повышение углекислоты на 27% по сравнению с исходной величиной, а во второй год лишь 22%. Эти данные свидетельствуют, что перестройка организма, происходящая при повышении общей выносливости, была больше выражена во второй год наблюдений, когда общее время, уделявшееся общей физической подготовке, и особенно ее разносторонность были выше, чем в первый.

К тому же выводу о преимуществе разностороннего характера физической подготовки можно прийти, если сопоставить изменения физиологических показателей, изучавшихся нами в зависимости от характера физической подготовки, которую гребцы проводили в подготовительном и основном периодах тренировки.

Можно было предполагать, что бег на лыжах, который, как известно, особенно способствует развитию выносливости, и будет наиболее часто вызывать повышение исследуемых показателей. Между тем, чем более разнообразны были применявшиеся средства, тем больше лиц из числа тренировавшихся давали повышение показателей.

То же самое наблюдалось и в основном периоде.

Данные соответствуют наблюдениям тренеров и методистов, изучавших тренировку гребцов, а также данным врачебно-контрольным наблюдениям. Поэтому можно считать, что спортивная выносливость лучше развивается при использовании различных по характеру средств физической подготовки, часто, казалось бы, прямо не направленных на развитие выносливости. Это может быть объяснено тем, что для поддержания в течение длительного времени устойчивого состояния при высокой интенсивности работы необходима мобилизация почти всех органов и систем организма. Повышение же мощности отдельных систем может происходить скорее и в большей степени при упражнениях другого характера — скоростных и силовых. Эти упражнения предъявляют к отдельным органам и системам организма другие, иногда гораздо большие, требования и поэтому могут больше способствовать увеличению их функциональных возможностей, тогда как при типичных упражнениях на выносливость этот процесс совершался бы медленнее и хуже.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волкова Е.Г. Рекреационная деятельность студенческой молодежи / Е.Г. Волкова, Д.С. Григорьев, И.В. Григорьева // Вестник Воронежского института высоких технологий. - 2018. - № 2 (25). С. 154-156.
2. Григорьева И.В. Двигательные переключения в активирующих воздействиях как фактор повышения их восстановительной эффективности / И.В. Григорьева, Е.Г. Волкова, И.А. Кондратенко // Национальная научно-практическая конференция «Будущее науки: инновации и междисциплинарные исследования». Воронеж, - 2025, - С. 84-91.
3. Григорьева И.В. Учет индивидуальных особенностей в различных видах спорта / И.В. Григорьева, Е.Г. Волкова, Е.Н. Петров // Вестник Воронежского института высоких технологий. - 2016. - № 4 (19). С. 125-126.

REFERENCES

1. Volkova E.G. Recreational activities of student youth / E.G. Volkova, D.S. Grigoriev, I.V. Grigorieva // Bulletin of the Voronezh Institute of High Technologies. - 2018. - No. 2 (25). P. 154-156.
2. Grigorieva I.V. Motor switching in activating effects as a factor in increasing their restorative efficiency / I.V. Grigorieva, E.G. Volkova, I.A. Kondratenko // National scientific and practical conference "The Future of Science: Innovations and Interdisciplinary Research". Voronezh, - 2025, - P. 84-91.
3. Grigorieva I.V. Taking into account individual characteristics in various sports / I.V. Grigorieva, E.G. Volkova, E.N. Petrov // Bulletin of the Voronezh Institute of High Technologies. - 2016. - No. 4 (19). P. 125-126.

ХАРАКТЕРИСТИКА ФАКТОРОВ, СОСТАВЛЯЮЩИХ ОСНОВУ МЕХАНИЗМОВ КООРДИНАЦИИ ДВИЖЕНИЙ

И.В. Григорьева¹, Е.Г. Волкова¹, И.А. Кондратенко¹

¹ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия, griiya@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается координация движений, ее ведущие компоненты и взаимосвязь с релаксационными характеристиками мышц. Данная двигательная способность играет решающую роль в овладении разнообразными двигательными умениями и навыками.

Ключевые слова: координация движения, спортсмен, согласованность движений, мышечные усилия.

CHARACTERISTICS OF FACTORS THAT CONSTITUTE THE BASIS OF MOVEMENT COORDINATION MECHANISMS

I.V. Grigorieva¹, E.G. Volkova¹, I.A. Kondratenko¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, griiya@mail.ru

Abstract. This article examines motor coordination, its key components, and its relationship with muscle relaxation characteristics. This motor skill plays a crucial role in the acquisition of a variety of motor skills and abilities.

Keywords: coordination of movements, athlete, coordination of movements, muscle effort.

В настоящее время к числу актуальности оптимизации физического воспитания спортсменов необходимо отнести необходимость постоянного совершенствования методики развития их двигательных способностей (качеств), в частности, координации движений. Данная двигательная способность играет решающую роль в овладении разнообразными двигательными умениями и навыками. И, что немало важно, ее значение возрастает по мере снижения возраста занимающихся и усложнения изучаемых упражнений [1].

Однако единого мнения исследователей по вопросу значимости координации движений для успешной трудовой и спортивной деятельности сочетается с весьма противоречивыми суждениями по поводу определения самого понятия «координации движений», ее структуры, места среди других двигательных способностей и физических качеств, соотношения с понятием «ловкость».

Одну из причин противоречивости позиций различных авторов по данным вопросам достаточно четко определила Н. А. Минаева. Она пишет, что в теории физического воспитания все, что характеризует координацию движений, называется ловкостью. Определение же последней дается крайне нечетко, методы ее исследования выбираются без должного научного обоснования. Аналогичные суждения высказываются и другими исследователями. Нельзя не согласиться с мнением, о том, что для уяснения сути понятия координации движений, выбора адекватных методов её исследования и развития необходимы прочные исходные теоретические позиции, основанные на фундаментальных достижениях отечественной школы физиологии и

психологии. Исключительно важное значение в становлении современного понимания физиологической природы координации движений имели работы И.М. Сеченова и И.П. Павлова.

Современная нейрофизиология уточняет и развивает научные факты и гипотезы исследователей прошлых лет. Выявлено снижение времени реакции на значимый сигнал и повышение - на посторонний [2]. Это подтверждает идею А.А. Ухтомского о сенсорной доминанте, представления об установке как о готовности субъекта реагировать определенным образом на ожидаемое событие.

В ряде работ указывается на зависимость эффективности программирования и управления произвольной деятельностью человека от психических факторов, эмоциональной памяти, второй сигнальной системы, механизмов внутренней речи, на которых основана современная аутогенная и идеомоторная тренировка, и от многих других факторов.

Исходя из теоретических представлений о сущности процесса управления движениями, можно определить координацию движений как преодоление избыточных степеней свободы движущегося биологического объекта и превращение его в управляемую систему. Таким образом, с учетом многочисленных работ по этой проблеме мы полагаем, что под координацией движений следует понимать способность «выполнять согласованные, соразмерные во времени, в пространстве и по мышечным усилиям движения различными звеньями тела и удержание поз для разрешения поставленной двигательной задачи».

В исследованиях координации движений можно выделить два основных направления. Первое связано с детальным анализом ее отдельных компонентов: согласованности движений, точности их соразмерения по параметрам пространства, времени, мышечных усилий, сохранения равновесия и др. Второе направление основано на системном подходе и характеризуется желанием исследователей выявить структуру координации движений, ее динамику и механизмы [3].

Это направление в изучении ловкости является наиболее перспективным и наименее разработанным.

Не менее перспективным и важным представляется поиск универсальных, или так называемых системообразующих факторов, которые явились бы своеобразным ответом в поиске закономерностей взаимодействия различных органов и систем, обеспечивающих не только высокий уровень координации движений, но и эффективность функционирования организма человека в условиях повышенной двигательной активности, т. е. при спортивной деятельности. Под эффективностью в данном случае мы понимаем достижение высоких уровней специальной физической работоспособности (спортивных результатов) с минимальными затратами тренировочного времени и при полном сохранении и улучшении состояния здоровья спортсменов.

В этом плане наиболее актуальны исследования, касающиеся изучения роли и значения функции расслабления мышц в спортивной и профессиональной деятельности человека [3]. В последнее время многие исследования доказывают, что скорость произвольного расслабления скелетных мышц оказывает существенное, а иногда и решающее влияние не только на уровень специальной работоспособности, выносливости, технического мастерства и квалификации спортсменов, но и на жизнедеятельность организма в целом.

Скорость расслабления мышц является одним из важных элементов релаксационного механизма срочной адаптации организма к большим физическим нагрузкам и другим адаптогенным факторам.

Есть основания полагать, что скорость расслабления мышц должна находиться в теснейшей взаимосвязи и со столь многогранным качеством, как координация движений. Причем не исключено, что именно способность к быстрому произвольному расслаблению мышц, зависящая от функционального состояния ЦНС, в частности, активности тормозных процессов, может оказаться тем фактором, который определяет и регламентирует уровень координации движений и координационных способностей спортсменов.

В связи с вышеизложенным, можно сделать вывод, что релаксация (скорость расслабления мышц), которая является внешним отражением функционального состояния ЦНС, а именно, активности тормозных процессов, является одним из значимых факторов, составляющим основу механизмов координации движений.

Из этого следует, что использование средств и методов, способствующих существенному повышению скорости произвольного расслабления мышц, а именно, таких, которые оказывают непосредственное влияние на внутренние механизмы координации движений, играет важную роль для одновременного совершенствования всех основных компонентов координации движений и повышения технического мастерства спортсменов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григорьева И.В. Учет индивидуальных особенностей в различных видах спорта / И.В. Григорьева, Е.Г. Волкова, Е.Н. Петров // Вестник Воронежского института высоких технологий. - 2016. - № 4 (19). С. 125-126.

2. Григорьева И. В. Спорт и социальная активность личности / И. В. Григорьева, Е. Г. Волкова // Моделирование систем и информационные технологии: сборник научных трудов. Воронеж, - 2010.- Вып. 7. С. 364-366.

3. Волкова Е.Г. Анализ структуры координации движений и взаимосвязей с релаксационными характеристиками мышц / Е. Г. Волкова, И. В. Григорьева, И. А. Кондратенко // Физическая культура, спорт, туризм: наука, образование, технологии. Материалы XIII Всероссийской с международным участием научно-практической конференции магистрантов и молодых ученых, посвященной 55-летию ФГБОУ ВО «УралГУФК». Челябинск, - 2025. - С. 447-449.

:

REFERENCES

1. Grigorieva I.V. Taking into account individual characteristics in various sports / I.V. Grigorieva, E.G. Volkova, E.N. Petrov // Bulletin of the Voronezh Institute of High Technologies. - 2016. - No. 4 (19). P. 125-126.

2. Grigorieva I.V. Sports and social activity of the individual / I.V. Grigorieva, E.G. Volkova // Modeling of systems and information technology: collection of scientific papers. Voronezh, - 2010.- Issue 7. P. 364-366.

3. Volkova E.G. Analysis of the structure of movement coordination and relationships with muscle relaxation characteristics / E. G. Volkova, I. V. Grigorieva, I. A. Kondratenko // Physical education, sport, tourism: science, education, technology. Proceedings of the XIII All-Russian scientific and practical conference of graduate students and young scientists with international participation, dedicated to the 55th anniversary of the Ural State University of Physical Culture. Chelyabinsk, - 2025. - P. 447-449.

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ПРЕПОДАВАНИЮ ГИДРАВЛИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ИНЖЕНЕРОВ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

С.В. Внукова ¹, Е.Н. Лушникова ², А.А. Тиньков ³, П.А. Баранов ⁴
^{1, 2, 3, 4} ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф.
Морозова», г. Воронеж, Россия
¹ vnukovasv@vglta.vrn.ru
² lushnikova.elena.59@gmail.com
³ tema230906@mail.ru
⁴ cloudbreaker99@yandex.ru

Аннотация. В статье обосновывается переход от принципа дифференциации учебного материала по уровню сложности к модели гибридного интеллектуального обучения (Hybrid Intelligent Learning), интегрирующей цифровые двойники, интерактивные сценарии отказов и проблемно-ориентированный лабораторный практикум. Показано, что основным элементом становится не трансляция знаний, а формирование алгоритмов диагностики в условиях неполноты данных.

Ключевые слова: гидравлика, электротехника, транспортный комплекс, гибридное интеллектуальное обучение, цифровые двойники, интерактивные кейсы.

MODERN APPROACHES TO TEACHING HYDRAULICS AND ELECTRICAL ENGINEERING IN THE TRAINING OF TRANSPORT ENGINEERS

S.V. Vnukova ¹, E.N. Lushnikova ², A.A. Tinkov ³, P.A. Baranov ⁴
^{1, 2, 3, 4} Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia
¹ vnukovasv@vglta.vrn.ru
² lushnikova.elena.59@gmail.com
³ tema230906@mail.ru
⁴ cloudbreaker99@yandex.ru

Abstract. The article substantiates a transition from the principle of differentiating educational material by complexity level to a model of hybrid intelligent learning (HIL) integrating digital twins, interactive failure scenarios, and problem-oriented laboratory workshops. It is shown that the key element becomes not knowledge transmission, but the formation of diagnostic algorithms under conditions of incomplete data.

Keywords: hydraulics, electrical engineering, transport complex, hybrid intelligent learning, digital twins, interactive cases.

Современный транспортный комплекс сталкивается с беспрецедентным усложнением технических систем. В конструкции подвижного состава гидравлические и электрические компоненты перестали существовать как автономные подсистемы: электрогидравлические тормозные системы, интегрированные рулевые управления, гибридные силовые установки требуют от инженера одновременного владения физикой потоков жидкости и электрическими режимами. При этом анализ рабочих программ по

направлению 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» показывает сохранение дисциплинарного разрыва между курсами гидравлики и электротехники, а также доминирование репродуктивных форм обучения.

Особую остроту проблеме придает устаревшая лабораторная база: реальные гидравлические и электрические системы современных машин либо недоступны для учебного процесса в силу высокой стоимости, либо представлены устаревшими аналогами. Традиционное решение (дифференциация учебного материала по уровню сложности) не устраняет этого разрыва, а лишь создает иллюзию индивидуализации, фактически снижая требования к части обучающихся.

Цель работы – разработать и обосновать современную методическую систему преподавания гидравлики и электротехники для транспортных специальностей, ориентированную на формирование диагностических компетенций в условиях неполноты исходных данных и высокой динамики отказов.

Анализ педагогической литературы показывает, что принцип дифференциации учебного материала по уровню сложности, широко применявшийся в 2000-2010-х годах, исчерпал свой потенциал. Исследования последних лет свидетельствуют, что упрощение теоретической составляющей для части потока не приводит к росту профессиональной компетентности, а формирует «тепличные» условия, не соответствующие реальной инженерной практике [1, 2]. В качестве альтернативы предлагается концепция гибридного интеллектуального обучения (Hybrid Intelligent Learning, HIL), включающая три взаимосвязанных компонента [3].

Первый компонент – использование цифровых двойников гидравлических и электрических систем [4, 5]. В отличие от статичных моделей, цифровые двойники позволяют имитировать не только штатные режимы, но и переходные процессы, нелинейности, а также множественные отказы. Второй компонент – внедрение интерактивных сценариев отказов, при которых студент получает не полное описание системы, а проявление неисправности и должен восстановить ее причину [1]. Третий компонент – интеграция гидравлической и электротехнической составляющих в едином проблемном поле, что отражает реальную архитектуру современных транспортных средств.

Принципиальным отличием HIL от предшествующих подходов является отказ от «облегченных версий» учебных заданий. Вместо этого предлагается система контекстных подсказок, встроенных в цифровую среду, при сохранении единого уровня сложности для всех обучающихся. Такой подход, согласно данным педагогического мониторинга, ведет не к снижению, а к выравниванию результатов за счет многократного повторения диагностических действий.

Остановимся на интерактивных методах в структуре лабораторного практикума.

Лабораторный практикум традиционно рассматривается как ключевое звено в преподавании общетехнических дисциплин [6]. Однако стандартная форма, в виде выполнения измерений по инструкции с последующей обработкой результатов, формирует навыки, слабо связанные с реальной эксплуатацией. Предлагаемая модернизация предполагает переход к лабораторным работам, построенным по принципу «черного ящика»: студенту демонстрируется внешнее проявление отказа (например, падение давления в гидросистеме или некорректное срабатывание исполнительного механизма), а задачей является определение внутренней причины с помощью виртуальных или реальных измерительных приборов [1, 7].

Опыт внедрения такого формата показал, что эффективность усвоения материала возрастает при соблюдении следующих условий. Во-первых, мгновенная обратная связь: система фиксирует траекторию диагностики и указывает на ошибки без участия преподавателя. Во-вторых, вариативность отказов: каждый студент или малая группа

сталкивается с разным типом неисправности, что исключает копирование решений. В-третьих, временные ограничения, моделирующие реальные условия ремонта или эксплуатации.

Целесообразно выделить два формата лабораторных работ. Первый – полностью виртуальный, реализуемый в средах Automation Studio, FluidSim или Multisim, где моделируются гидравлические и электрические принципиальные схемы. Второй – гибридный, при котором реальный гидравлический или электрический компонент (например, гидрораспределитель или электродвигатель) сопрягается с виртуальной моделью управляющей системы. Второй формат позволяет при относительно невысоких затратах приблизить учебный процесс к промышленным условиям.

В таблице 1 представлено сравнение подходов не по формальным признакам («наличие симулятора»), а по формируемым профессиональным компетенциям.

Таблица 1 – Сравнение подходов к преподаванию гидравлики и электротехники по целевым компетенциям

Table 1 – Comparison of approaches to teaching hydraulics and electrical engineering based on target competencies

Параметр	Традиционный подход	Дифференциация по сложности	Гибридное интеллектуальное обучение (HIL)
Тип формируемого навыка	Репродуктивный	Адаптивно-репродуктивный	Эвристический/диагностический
Работа с неопределенностью	Отсутствует	Частично (упрощенные сценарии)	Присутствует (множественные отказы)
Интеграция гидравлики и электротехники	Раздельные курсы	Раздельные курсы	Общее проблемное поле
Время диагностирования учебной неисправности (среднее)	25 мин	22 мин	9 мин
Доля студентов, способных к самостоятельному построению дерева причин отказа	18 %	31 %	72 %

Данные таблицы свидетельствуют, что наибольший прирост профессионально значимых компетенций дает именно HIL-подход, при этом отказ от дифференциации по сложности не ухудшает, а улучшает показатели слабо подготовленных студентов за счет многократного повторения действий в вариативных контекстах.

На основе проведенного анализа и опыта внедрения могут быть сформулированы следующие методические принципы, отличающиеся от классических (наглядности, систематичности и др.) своей направленностью на работу с неисправностями.

Принцип «одного отказа»: предполагает, что каждая тема завершается конкретным сценарием неисправности, который требует применения полученных знаний для диагностики. Это исключает ситуацию, когда теоретический материал остается невостребованным.

Принцип цифрового следа: автоматическое сохранение всех действий студента в симуляторе с возможностью последующего анализа преподавателем типовых ошибок.

Разбор накопленного материала занимает не более 5-7 минут аудиторного времени и направлен прежде всего на наиболее часто встречающиеся ошибочные траектории.

Принцип открытого оборудования дает студентам право самостоятельно присоединять реальные датчики (давления, расхода, тока) к учебным стендам. Благодаря этому формируется не только представление о физической сути явления, но и понимание того, какими каналами измерительная информация поступает в систему.

Принцип обратного проектирования (задействуется на завершающем этапе освоения дисциплины) состоит в том, что обучающимся демонстрируют фото- или видеоматериалы действующего гидравлического либо электрического узла без сопроводительной схемы, а задание заключается в реконструкции схемы исходя из наблюдаемых рабочих процессов.

Следует подчеркнуть, что внедрение НІЛ-подхода подразумевает наличие определенной цифровой среды. Практически наиболее рациональным оказалось сочетание LMS-платформы с облачными редакциями симуляторов гидравлических и электрических цепей [3]. Главное условие – запуск моделирования на ноутбуке обучающегося в пределах 40-60 секунд, так как более длительное ожидание заметно ослабляет учебную мотивацию.

Перспективной задачей представляется формирование открытых библиотек интерактивных сценариев отказов. Подобный ресурс позволил бы преподавателям различных университетов обмениваться характерными неисправностями, привязанными к определенным моделям транспортных машин. Следующий шаг – сопряжение с реальными регистраторами, устанавливаемыми на борту транспортных средств. Тогда в образовательный процесс станет возможным включать записи действительных отказов, имевших место в эксплуатации [5, 8].

Подводя итог проведенному анализу, можно сформулировать следующие выводы.

1. Традиционные способы преподавания гидравлики и электротехники, в том числе дифференциация материала по степени трудности, перестают отвечать запросам подготовки кадров для современного транспортного комплекса, отличающегося широким распространением гибридных гидроэлектрических систем.

2. Предлагаемая концепция НІЛ, опирающаяся на цифровые двойники, интерактивные отказовые сценарии и объединение дисциплин в едином проблемном контексте, обнаруживает более высокую результативность, если оценивать ее по таким показателям, как продолжительность диагностических процедур, доля случаев самостоятельного выстраивания причинно-следственных цепочек и устойчивость навыков при смене контекста.

3. Практическое осуществление НІЛ-подхода требует изменения организации лабораторного практикума – перехода к гибридным (комбинированным натурно-виртуальным) стендам и обеспечения автоматизированной обратной связи в реальном времени, однако не предполагает масштабной дорогостоящей замены оборудования.

4. Дальнейшие исследования целесообразно сконцентрировать на подготовке типовых сценариев отказов применительно к различным транспортным профилям и формировании открытой межвузовской библиотеки таких сценариев.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колосов, К. С. Кейс-стади как инструмент повышения эффективности изучения дисциплины «Электротехника» / К. С. Колосов, Е. Н. Лушникова, С. В. Внукова // Перспективы развития, инновации и информационные технологии на транспорте - 2025 : Материалы Международной молодежной научно-практической конференции, посвященной 95-летию

ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова, Воронеж, 23-24 октября 2025 года. – Воронеж : Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2025. – С. 313-316.

2. Непомнящий, А. В. Подготовка инженеров: цели и концепции / А. В. Непомнящий // Системный синтез и прикладная синергетика : Сборник научных работ XI Всероссийской научной конференции, п. Нижний Архыз, 27 сентября-01 октября 2022 года. – Ростов-на-Дону-Таганрог : Южный федеральный университет, 2022. – С. 393-401.

3. Довженко, Н. Н. Гибридная интеллектуальная образовательная среда вуза: модель интеграции искусственного интеллекта в контексте развития инженерного мышления / Н. Н. Довженко, И. Н. Довженко, А. И. Демченко // Борисовские чтения : Материалы V Международной научно-технической конференции, Красноярск, 23-24 октября 2025 года. – Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2026. – С. 688-694.

4. Сопьев, Б. А. Технология цифровых двойников в промышленном и инженерном моделировании / Б. А. Сопьев // Наука и мировоззрение. – 2025. – Т. 1, №. 64. – С. 117-122.

5. Гусев, С. А. Цифровые двойники в области автомобильного транспорта : учеб. пособие / С. А. Гусев, И. Ю. Куверин, И. А. Гусева ; Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.. – Саратов : Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., 2023. – 248 с. – ISBN 978-5-7433-3555-8.

6. Беленков, Ю. А. Педагогическая система преподавания общетехнических дисциплин при дистанционной форме обучения / Ю. А. Беленков, А. А. Михайлин, И. В. Фатеев // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. – 2012. – Т. 3, № 2. – С. 282-288.

7. Баранов, П. А. Решение «парадоксальных» задач как метод повышения компетентности обучающихся инженерных вузов / П. А. Баранов, С. В. Внукова, А. А. Тиньков // Перспективы развития, инновации и информационные технологии на транспорте - 2025 : Материалы Международной молодежной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова, Воронеж, 23-24 октября 2025 года. – Воронеж : Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2025. – С. 285-289.

8. Жайворонок, Д. А. Повышение эффективности управления потоком данных спутникового мониторинга транспортных средств / Д. А. Жайворонок // Инновации в автомобильном транспорте : материалы Всероссийской научно-технической конференции, Воронеж, 19-20 мая 2022 года. – Воронеж : Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2022. – С. 16-22.

REFERENCES

1. Kolosov, K. S. Case-study as a tool for increasing the effectiveness of studying the discipline «Electrical engineering» / K. S. Kolosov, E. N. Lushnikova, S. V. Vnukova // Prospects for Development, Innovation, and Information Technologies in Transport - 2025: Materials of the International Youth Scientific and Practical Conference dedicated to the 95th anniversary of the G.F. Morozov VSUFT, Voronezh, October 23-24, 2025. – Voronezh : Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, 2025. – P. 313-316.

2. Nepomnyashchy, A. V. Training of Engineers: Goals and Concepts / A. V. Nepomnyashchy // System Synthesis and Applied Synergetics : Collection of Scientific Papers of the XI All-Russian Scientific Conference, Nizhny Arkhyz, September 27-October 1, 2022. – Rostov-on-Don-Taganrog : Southern Federal University, 2022. – P. 393-401.

3. Dovzhenko, N. N. Hybrid Intellectual Educational Environment of a University: A Model of Artificial Intelligence Integration in the Context of Engineering Thinking Development / N. N. Dovzhenko, I. N. Dovzhenko, A. I. Demchenko // Borisov Readings : Proceedings of the V International Scientific and Technical Conference, Krasnoyarsk, October 23-24, 2025. – Krasnoyarsk : Siberian Federal University, 2026. – P. 688-694.

4. Sopiev, Y. A. Digital Twin Technology in Industrial and Engineering Modeling / Y. A. Sopiev // Science and Worldview. – 2025. – Vol. 1, No. 64. – P. 117-122.

5. Gusev, S. A. Digital Twins in the Field of Road Transport: Textbook. / S. A. Gusev, I. Yu. Kuverin, I. A. Guseva ; Yuri Gagarin State Technical University of Saratov. – Saratov : Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, 2023. – 248 p. – ISBN 978-5-7433-3555-8.

6. Belenkov, Yu. A. Pedagogical System of Teaching General Technical Disciplines in Distance Learning / Yu. A. Belenkov, A. A. Mikhailin, I. V. Fateev // Proceedings of the Moscow State Technical University MAMI. – 2012. – Vol. 3, No. 2. – P. 282-288.

7. Baranov, P. A. Solving «paradoxical» problems as a method of improving competencies of students of engineering universities / P. A. Baranov, S. V. Vnukova, A. A. Tinkov // Prospects for Development, Innovation, and Information Technologies in Transport - 2025: Materials of the International Youth Scientific and Practical Conference dedicated to the 95th anniversary of the G.F. Morozov VSUFT, Voronezh, October 23-24, 2025. – Voronezh : Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, 2025. – P. 285-289.

8. Zhaivoronok, D. A. Increasing the efficiency of flow control satellite monitoring data vehicle / D. A. Zhaivoronok // Innovations in Road Transport: Proceedings of the All-Russian Scientific and Technical Conference, Voronezh, May 19-20, 2022. – Voronezh : Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, 2022. – P. 16-22.

ОЦЕНКА ОСВЕДОМЛЕННОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ «ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ» О ПОЛЬЗЕ ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ УЧЕБНОГО СТРЕССА

Д.А. Галушкина¹, А.А. Ларченко¹

¹ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия,
galushkinadaria09@gmail.com

Аннотация. Работа посвящена исследованию уровня осведомленности обучающихся о роли физической активности в снижении учебного стресса. Анализируются факторы, влияющие на готовность студентов применять физические упражнения для борьбы со стрессом. Данное исследование подчеркивает важность пропаганды физического воспитания.

Ключевые слова: физическая активность, студент, стресс, физическая нагрузка, учебная нагрузка.

ASSESSING STUDENTS' AWARENESS OF THE BENEFITS OF PHYSICAL ACTIVITY TO REDUCE LEARNING STRESS

D.A. Galushkina¹, A.A. Larchenko¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia,
galushkinadaria09@gmail.com

Abstract. This study examines students' awareness of the role of physical activity in reducing academic stress. It analyzes factors influencing students' willingness to engage in physical exercise to combat stress. This research highlights the importance of promoting physical education.

Keywords: physical activity, student, stress, physical exertion, study load.

Введение

В современном обществе проявляется тенденция к малоподвижному образу жизни, это обусловлено рядом факторов: технологическим, социальным, поведенческим. Дефицит физической активности несет негативный характер и является распространенной проблемой в современных реалиях [5]. Данная проблема влияет на все аспекты жизни человека, в первую очередь на здоровье и умственную деятельность. Также постоянный поток информации у обучающихся становится важной составляющей, которая влияет на развитие стресса, человек не в силах усвоить большой объем информации на короткий срок [1]. Факторами для развития стресса у студентов могут служить недостаток сна, конфликтные ситуации, высокие учебные нагрузки, личные обстоятельства. Стресс – это реакция организма на воздействие внешних или внутренних раздражителей, которая может быть вызвана проблемами, конфликтными ситуациями, перегрузкой и другими [4].

Физическая культура выступает эффективным средством для борьбы со стрессом, которое имеет преимущества. Исследования показывают, что благодаря физической

нагрузке в организме выделяются вещества, способствующие человеку снизить уровень стресса, получить удовлетворение, повысить самооценку, расслабиться и улучшить настроение [8]. Но, не смотря на эффективность, значительная часть обучающихся не используют физическую активность в борьбе со стрессом недооценивая ее значимость.

Материалы и результаты исследования

В современных реалиях обучающиеся подвергаются все большей умственной и психологической нагрузке в связи с постоянным потоком информации как учебной, так и из сети Интернет. Такая нагрузка является причиной большинства заболеваний современного поколения, так как она влияет на все аспекты жизни человека. Именно поэтому необходимы знания о пользе физической активности среди обучающихся.

Теоретический анализ источников литературы позволяет выделить некоторые аспекты влияния систематических физических нагрузок на психологическое состояние организма в учебной деятельности:

- снижение стресса;
- получение расслабления, эмоционального удовлетворения;
- развитие дисциплинированности, трудолюбия, саморегуляции;
- психофизическая устойчивость, к которой можно отнести память, внимание, мышление, восприятие и т.д. [7].

С целью определения уровня осведомленности обучающихся по специальности «Техническое обслуживание и ремонт автотранспортных средств» о влиянии физической активности в снижении стресса в период обучения и выявления факторов, влияющих на выбор физических упражнений как средств борьбы со стрессом был проведен анкетный опрос. В исследовании приняли участие обучающиеся среднего профессионального образования (СПО) Воронежского государственного лесотехнического университета (ВГЛТУ) по специальности «Техническое обслуживание и ремонт автотранспортных средств» в возрасте 18-20 лет. Общее количество анкетированных составило 43 человека.

Отвечая на вопрос: «Занимаетесь ли Вы спортом вне колледжа регулярно?» 86,7% опрошенных ответили, что не занимаются спортом вне учебы, 13,3% напротив занимаются, но не часто.

Рассматривая психологическое состояние, 73,3% респондентов на вопрос «Бывает ли у Вас стресс, подавленное состояние, тревога, связанные с учебой?» ответили «да», 26,7% указали «нет».

Для оценки осведомленности обучающихся о пользе физических нагрузок необходимо учитывать понимание студентов как и какая физическая активность помогает при борьбе со стрессом.

Так, отвечая на вопрос «Знаете ли Вы как именно физическая активность помогает справляться со стрессом?» 66,7% ответили, что не знают, 33,3% указали, что знают, но не пояснили свой ответ в отведенном для ответа месте.

На вопрос «Как Вы считаете, интенсивные длительные тренировки повышают стресс и вредны при учёбе?» 13,3% респондентов указали «Да», 60% «Нет», 26,7% ответили, что не знают.

Большинство студентов считают, что физическая активность может помочь справиться с учебным стрессом (80%).

26,7% опрошенных сомневаются, что физическая активность связана со снижением стресса, в то время как 60% считают, что связана, остальные 13,3% не знают ответа на данный вопрос.

На вопрос «Насколько, по вашему мнению, физическая активность помогает уменьшать уровень стресса?» подавляющее большинство (умеренно - 40%, значительно

- 33,3%) признает эффективное влияние физической активности при борьбе со стрессом, четверть опрошенных считают, что эффект слабый (26,7%).

Для эффективного стимулирования студентов к регулярным занятиям физической активностью необходимо выявить и устранить существующие факторы. Это даст нам возможность прийти к комплексным решениям, включающие коррективку учебного процесса, оптимизацию форматов занятий, а также внедрение поддерживающих мотивационных и восстановительных мероприятий.

Таким образом, студенты отметили факторы, которые им мешают заниматься физической активностью: 41,7% не хватает времени, у 8,3% отсутствует мотивация, 16,7% отмечают усталость, учебную нагрузку, 16,7% не нравится физическая нагрузка.

Выводы

Проведенное исследование позволяет сделать вывод о том, что у обучающихся недостаточная осведомленность о влиянии физической активности на психологическое здоровье. На это указывает, что 66,7% ответили, что не знают как именно физическая активность помогает справляться со стрессом, а также то, что часть опрошенных сомневаются, что физическая активность связана со снижением стресса (26,7%).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балькова Д.В. Влияние физической активности на стрессоустойчивость студентов / Д.В. Балькова, О.В. Савельева // Скиф. 2020. №4 (44).
2. Болдырев, И.И. Практикум по психологии физического воспитания и спорта : учебно-методическое пособие / И.И. Болдырев, О.А. Григорьев, А.И. Бугаков. - Воронеж : ВГПУ, 2024. - 40 с.
3. Галстян М.Н. Фитнес как профилактика стрессов у обучающихся образовательных организаций / М.Н. Галстян, Н.Ю. Дичина - Иркутск. - ЦПРК. - 2022 - с.14
4. Елисеев С.Б. Занятие спортом как средство борьбы со стрессом у школьников / С.Б. Елисеев, Е.В. Ракова // Вестник науки и образования. 2024. №2 (145)-1.
5. Киреев И.О. Влияние физической культуры на психологическое состояние студентов / И.О. Киреев, М.Г. Кишмерешкин, С.Д. Мишнева // Физическая культура, спорт и здоровье студенческой молодежи в современных условиях: проблемы и перспективы развития : материалы Региональной студенческой научно-практической конференции, 11 апреля 2018 г., г. Екатеринбург / Рос. гос. проф.-пед. ун-т. - Екатеринбург : РГППУ, 2018. - С. 132-137.
6. Медведева А.А. Польза регулярных физических упражнений для студентов / А.А. Медведева, А.Н. Изосимов // Постулат. - 2024. - № 12(110). - EDN KIZAUP.
7. Тюрина А.Е. Влияние физических нагрузок на психоэмоциональное состояние студентов // Вестник науки. 2022. №6 (51).
8. Фролов А.М. Физическая культура как способ борьбы со стрессом у студентов / А.М. Фролов, А.В. Черкасова // Вестник науки. 2025. №4 (85).

REFERENCES

1. Bal'kova D.V. The Impact of Physical Activity on Students' Stress Resistance / D.V. Bal'kova, O.V. Savelyeva // Skif. 2020. No. 4 (44).
2. Boldyrev I.I. Practical Training in the Psychology of Physical Education and Sports: a teaching aid / I.I. Boldyrev, O.A. Grigoriev, A.I. Bugakov. - Voronezh: VSPU, 2024. - 40 p.
3. Galstyan M.N. Fitness as a Stress Prevention Method for Students of Educational Organizations / M.N. Galstyan, N.Yu. Dichina - Irkutsk. - CPRK. - 2022 - p. 14
4. Eliseev S.B. Sports as a means of combatting stress in schoolchildren / S.B. Eliseev, E.V. Rakova // Bulletin of Science and Education. 2024. No. 2 (145)-1.
5. Kireev I.O. The Influence of Physical Education on the Psychological State of Students / I.O. Kireev, M.G. Kishmereshkin, S.D. Mishneva // Physical Education, Sports, and Health of Student Youth in Modern Conditions: Problems and Development Prospects: Proceedings of the Regional Student

Scientific and Practical Conference, April 11, 2018, Yekaterinburg / Russian State Prof.-Pedagogical University. - Yekaterinburg: RSPPU, 2018. - Pp. 132-137.

6. Medvedeva A.A. Benefits of Regular Physical Exercise for Students / A.A. Medvedeva, A.N. Izosimov // Postulate. - 2024. - No. 12 (110). - EDN KIZAUP.

7. Tyurina A.E. Influence of physical activities on the psychoemotional state of students // Science Bulletin. 2022. No. 6 (51).

8. Frolov A.M. Physical education as a way to combat stress in students / A. M. Frolov, A.V. Cherkasova // Science Bulletin. 2025. No. 4 (85).

ИНТЕНСИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ БЕГУНОВ-СПРИНТЕРОВ В ИСКУССТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

¹И.В. Григорьева, ¹Е.Г. Волкова, ¹И.А. Кондратенко
¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия, griiya@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается анализ двигательных действий спортсменов в естественных и искусственных условиях, создаваемых тренажерами. Двигательная активность изучалась через технику бега, исследовались и сравнивались временные характеристики техники, выявлялись специфические, характерно-временные, амплитудные и ритмические характеристики.

Ключевые слова: двигательные действия, спортсмен, бег, технические средства, тренировочный процесс.

INTENSIVE TECHNOLOGIES FOR TRAINING RUNNERS-SPRINTERS IN ARTIFICIAL CONDITIONS

¹I.V. Grigorieva, ¹E.G. Volkova, ¹I.A. Kondratenko
¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh,
Russia, griiya@mail.ru

Abstract. This article examines the analysis of athletes' motor actions in natural and artificial conditions created by training equipment. Motor activity was studied through running technique, the timing characteristics of technique were examined and compared, and specific, characteristic-temporal, amplitude, and rhythmic characteristics were identified.

Keywords: motor actions, athlete, running, technical means, training process.

Цель исследования заключалась в разработке интенсивной технологии подготовки бегунов-спринтеров в искусственных условиях, создаваемых техническими средствами.

Основным методом научного исследования был эксперимент, в котором использовались инструментальные методы, входящие в состав тренажерно-исследовательского стенда «инерционная дорожка» и применяемые в естественных условиях (кино- и фотоаппаратура, динамография, моторная, кинозапись и др.). Анализировались двигательные действия спортсменов в естественных и искусственных условиях, создаваемых тренажерами. Двигательная активность изучалась через технику бега, исследовались и сравнивались временные характеристики техники, выявлялись специфические, характерно-временные, амплитудные и ритмические характеристики.

Исследования проводились в четыре практических и теоретических этапа. На первом этапе выявлялись отличительные особенности техники бега, выполняемого в различных регламентируемых тренажером условиях, изучая процесс приспособления спортсменов к этим необычным искусственным условиям. На втором этапе определялась эффективность управляющих факторов (различных средств срочной информации и двигательных заданий, внешних силовых воздействий), совершенствующих

двигательную деятельность бегунов-спринтеров в заданном направлении. На третьем этапе наиболее эффективные управляющие факторы создавали специальные искусственные условия, в которых осуществлялась подготовка спринтеров по технологии с использованием комплекса технических средств и разработанных на их основе методик. На четвертом этапе разрабатывались методические основы оптимизации интенсивной технологии совершенствования спортивных движений в искусственных условиях, создаваемых тренажерами.

Испытуемыми были спортсмены различной квалификации (от III до I разряда), специализирующиеся в беге на короткие дистанции.

Исследования проводились в подготовительном периоде тренировок и предшествовали соревновательному периоду. В зависимости от поставленных задач, необходимых для каждого исследования, на этапе подготовки испытуемые определялись в исследовательских группах, серий, занятий, микроциклов и мезоциклов тренировочных.

Использование тренажера «инерционная дорожка» в качестве тестового стенда связано с решением проблемы вариабельности испытуемых к необычным (по относительно естественным) условиям выполнения бега. Новички в беге на тренажере затрачивают большее количество энергии, выполняя движение, и быстрее утомляются, что искажает результаты исследований. Для исключения влияния процесса адаптации спортсменов к условиям тренажера необходимо определить время, в течение которого нельзя опробовать данные. Предполагалось, что если приспособить тренажер, то особенности и соответствие его по отношению к естественному бегу будут носить у всех испытуемых (независимо от спортивной квалификации) одинаковый характер по ряду кинематических и динамических характеристик. На этом основывался выбор испытуемых, в качестве которых в исследовании этого направления участвовали спринтеры, имеющие разную квалификацию. Перед началом тренировок на тренажере проводился показ бега, объяснялись отличительные особенности техники этого бега. Первичное опробование тренажера начиналось с ходьбы, переходящей в бег невысокой интенсивности, при этом осуществлялась необходимая страховка, давались индивидуальные двигательные задания. По мере привыкания к искусственным условиям спортсмены постепенно увеличивали скорость бега и в конечном итоге достигали индивидуального максимума.

Тренировки на тренажере проводились ежедневно и включали 10 занятий по 10 попыток в каждом, при длительности попытки 15 с и отдыхе между ними 5 мин. Все попытки выполнялись с максимальной индивидуальной скоростью. Параметры техники бега в каждой попытке анализировались как в естественных (бег по 30 м с хода, выполненный до и после тренировки на тренажере), так и в искусственных условиях с применением одинаковых инструментальных методов исследования.

Сопоставление данных по попыткам, которые выполнялись в естественных условиях и на «инерционной дорожке», показало, что уже через пять занятий бег на тренажере и его параметры техники достоверно не отличаются от естественного по двигательной задаче: структуре, темпу и амплитуде движений; характеристикам особенностям проявления усилия; типологическим особенностям мышечных групп; вариативности всех исследуемых показателей. Однако обнаружены и отличительные особенности техники бега, выполняемого в разных условиях, которые у всех испытуемых наблюдаются и после 5-10 занятий на тренажере. Наибольшая разница отмечается в абсолютных значениях длины беговых шагов, что несущественно, так как амплитуды перемещения ног спортсменов практически одинаковы. При беге на тренажере время опорного периода больше, чем в естественных условиях на 6,7%, а время полетного периода на 7,5% меньше ($p < 0,01$). Конструктивные особенности

«инерционной дорожки» заставляют бегуна уменьшать вертикальную составляющую опорного усилия на 12,9% ($p < 0,01$) (при типологическом соответствии исследуемых динамограмм), так как увеличение её неизбежно приведёт к росту сил трения в катящемся основании дорожки, что затруднит решение двигательной задачи. Поэтому для уменьшения «тормозных» сил бегущие на тренажере стремятся ставить ногу на опору больше «под себя», что характеризуется увеличением угла постановки ноги на опору на 7,28% ($p < 0,01$). С целью оптимизации усилия, прилагаемых в направлении движения ленты дорожки, бегун вынужден толкаться под более острым углом к горизонтали на 3,6% ($p < 0,01$), чем в естественном беге. При сравнении показателей техники бега, выполненного в различных условиях, у высококвалифицированных спринтеров с соответствующими показателями техники высококвалифицированных выяснилось, что чем выше квалификация спортсмена, тем быстрее и качественнее он бежит и в искусственных условиях. В связи с этим скорость бега, показанная спортсменами в этих условиях, изменялась от $\gamma = 0,67$ в конце первого занятия на тренажере до $\gamma = 0,89$ после пятого. В дальнейшем (с пятого по десятое занятие) коэффициент корреляции значимых изменений не претерпевал, что отмечалось и по другим анализируемым показателям.

Кроме этого, проверены возможности улучшения экономичности беговых движений через оптимизацию вертикальных колебаний туловища спортсмена, скорости постановки стопы на дорожку, движений звеньев тела.

Использование срочной информации о характеристиках движений, подаваемой испытуемому в момент выполнения бега, целесообразно, когда спортсмен имеет соответствующее двигательное задание и знает пути его реализации. В этом случае достижение заданных параметров наступало с большей вероятностью (99,8% при $p = 0,01$), а движения соответствовали модели более квалифицированного бегуна-спринтера.

Выяснилось, что повышение эффективности приемов облегчения в продольном и вертикальном направлениях во многом связано с одновременным использованием средств срочной информации и двигательных заданий. При решении задачи повышения темпа беговых шагов (консервативного параметра спринтерского бега) применение комплекса управляющих воздействий позволило спортсменам выйти на новый скоростной уровень, где частота движений превысила исходный уровень на 4,6% ($p = 0,01$), тогда как при использовании каждого приема в отдельности среднегрупповые изменения были меньше. Комплекс средств срочной информации, двигательных заданий, внешних силовых добавок стимулирует проявление потенциальных двигательных возможностей, интенсифицирует двигательную деятельность, а не «облегчает» её. В таких попытках время удержания максимальной скорости у спринтеров меньше на 8,6% ($p = 0,01$), а проявляемая в продольном направлении мощность выше на 7,3% ($p = 0,01$), чем в попытках, где повышение темпа беговых шагов нами не отмечалось. Использование индивидуальных изменений совершенствуемого движения (использованные приема классификации полученных сдвигов) привело к выводу об обязательной предварительной подготовке нервно-мышечного аппарата спортсмена к той деятельности, целью которой является повышение степени реализации двигательных возможностей в спринтерском беге. Дополнительное применение предварительной и текущей активности мышц бегуна посредством электрической и биомеханической стимуляции позволило с высокой вероятностью добиваться планируемых перестроек в совершенствуемом движении.

Искусственные управляющие воздействия обязаны выводить спринтера на уровень, превышающий соревновательный, поэтому создание новой техники связано с показателями спортсменов, достигаемыми ими не столько в условиях тренажера,

сколько в условиях соревновательной деятельности. Изучая срочный тренировочный эффект, проявляемый спринтерами в естественных условиях после выполнения на тренажере упражнений, мы обнаружили, что положительные переносы достигнутых сдвигов наблюдаются лишь тогда, когда избраны параметры техники — совершенствовавшиеся в искусственной внешней среде при мощности бега не ниже исходной.

Анализ научно-методической литературы, результатов экспериментальных исследований, опыт, накопленный при разработке специальных технических средств и методики их использования в тренировочном процессе, спортивные методические принципы интенсивной специфической методики определили основные технологии обучения в искусственной среде.

Проведенные исследования показали большую эффективность тренировочного процесса, когда сначала формируется новая ритмо-скоростная основа двигательного навыка с последующим «наполнением» ее силовым содержанием, а не наоборот (как при традиционном построении тренировки).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григорьева И.В. Учет индивидуальных особенностей в различных видах спорта / И.В. Григорьева, Е.Г. Волкова, Е.Н. Петров // Вестник Воронежского института высоких технологий. - 2016. - № 4 (19). С. 125-126.
2. Григорьева И. В. Спорт и социальная активность личности / И. В. Григорьева, Е. Г. Волкова // Моделирование систем и информационные технологии: сборник научных трудов. Воронеж, - 2010.- Вып. 7. С. 364-366.
3. Волкова Е.Г. Анализ структуры координации движений и взаимосвязей с релаксационными характеристиками мышц / Е. Г. Волкова, И. В. Григорьева, И. А. Кондратенко // Физическая культура, спорт, туризм: наука, образование, технологии. Материалы XIII Всероссийской с международным участием научно-практической конференции магистрантов и молодых ученых, посвященной 55-летию ФГБОУ ВО «УралГУФК». Челябинск, - 2025. - С. 447-449.

:

REFERENCES

1. Grigorieva I.V. Taking into account individual characteristics in various sports / I.V. Grigorieva, E.G. Volkova, E.N. Petrov // Bulletin of the Voronezh Institute of High Technologies. - 2016. - No. 4 (19). P. 125-126.
2. Grigorieva I.V. Sports and social activity of the individual / I.V. Grigorieva, E.G. Volkova // Modeling of systems and information technology: collection of scientific papers. Voronezh, - 2010.- Issue 7. P. 364-366.
3. Volkova E.G. Analysis of the structure of movement coordination and relationships with muscle relaxation characteristics / E. G. Volkova, I. V. Grigorieva, I. A. Kondratenko // Physical education, sport, tourism: science, education, technology. Proceedings of the XIII All-Russian scientific and practical conference of graduate students and young scientists with international participation, dedicated to the 55th anniversary of the Ural State University of Physical Culture. Chelyabinsk, - 2025. - P. 447-449.

ВЛИЯНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ТРЕНИРОВКИ НА АККЛИМАТИЗАЦИЮ В ГОРАХ

И.В. Григорьева¹, Е.Г. Волкова¹, А.М. Протопопов¹

¹ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия, griiya@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается влияние предварительной тренировки на скорость и степень акклиматизации. Метод оксигеметрии использовался для оценки насыщения крови кислородом, времени задержки дыхания и «устойчивой фазы». В результате исследования сделаны выводы: абсолютные величины задержки дыхания, процентное содержание кислорода в крови и устойчивая фаза у тренированных значительно выше, чем у нетренированных.

Ключевые слова: акклиматизация, тренированность, задержка дыхания, гипоксия, физическая подготовка, устойчивая фаза.

THE EFFECT OF PRE-TRAINING ON ACCLIMATIZATION IN THE MOUNTAINS

I.V. Grigorieva¹, E.G. Volkova¹, A.M. Protopopov¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, griiya@mail.ru

Abstract. This article examines the impact of pre-training on the rate and extent of acclimatization. Oximetry was used to assess blood oxygen saturation, breath-hold time, and the "stable phase." The study concluded that absolute breath-hold values, blood oxygen percentage, and the "stable phase" were significantly higher in trained individuals than in untrained individuals.

Keywords: acclimatization, training, breath holding, hypoxia, physical preparation, stable phase.

Известно, что акклиматизация играет большую роль в подготовке альпиниста к восхождению. Как проходит акклиматизация? Что способствует ее ускорению? Как влияют на акклиматизацию выработанные во время тренировки качества выносливости, силы, скорости? Все эти вопросы представляют научный интерес.

Мы провели некоторые исследования с целью определить влияние предварительной тренировки на скорость и степень акклиматизации. Исследования проводились на высоте 2000 м над уровнем моря. Исследуемые (16 человек) были распределены на две группы: первая группа состояла из тренированных альпинистов, имевших хорошую физическую подготовку перед выездом в горы — 8 человек; во вторую группу, которая была контрольной, входили не тренированные, не занимающиеся спортом — 8 человек. Исследовалось изменение насыщения крови кислородом в процессе акклиматизации (оксигеметрия).

Опыт проводился следующим образом. Испытуемый в положении стоя задерживал дыхание до предела. После первой предельной задержки давался отдых до восстановления первоначального процентного содержания кислорода в крови. После отдыха испытуемый выполнял бег на месте в среднем темпе (160—180 шагов в минуту) в течение 1 мин. 30 сек. Через минуту бега, не прекращая упражнения, испытуемый снова задерживал дыхание до предела. Затем ему повторно давался отдых до восстановления. После второго отдыха испытуемый снова задерживал дыхание до предела. Показания

оксигемометра записывались каждые 5 сек. Все исследования проводились утром, сразу же после подъема (без зарядки), чтобы создать исследуемым одинаковые условия.

Результаты исследования.

Время задержки дыхания. У группы тренированных задержка дыхания до акклиматизации значительно больше, чем у группы нетренированных (во всех трех опытах: до нагрузки, во время нагрузки и после нагрузки). После акклиматизации у группы тренированных задержка дыхания также значительно выше, чем у нетренированных. Но если сравнить процент увеличения задержки дыхания у тренированных и нетренированных за период акклиматизации, то можно заметить, что нетренированные до нагрузки незначительно увеличили задержку дыхания. Во время нагрузки задержка дыхания у нетренированных значительно увеличилась (на 30,3%), что следует отнести за счет больших изменений у них во время акклиматизации и за счет тренировки во время практических занятий в лагере (нетренированных, не привыкших к физической нагрузке) участников. Уменьшение задержки дыхания у нетренированных после нагрузки следует, по-видимому, объяснять тем, что организм нетренированных менее вынослив к воздействию пониженного парциального давления кислорода, а главное, не так быстро восстанавливается после гипоксических состояний. У тренированных задержка дыхания до нагрузки и во время нагрузки почти не изменилась, а после нагрузки увеличилась. Такое изменение у тренированных следует объяснять тем, что пребывание в условиях высокогорья для их организма, привыкшего к физическим нагрузкам различной интенсивности и к работе с различным кислородным режимом, не является серьезным испытанием.

Для проверки этих выводов тренированные спортсмены были разделены на две группы. В первую группу вошли тренированные испытуемые, занимающиеся альпинизмом от 3 до 10 лет (сюда вошли альпинисты, приехавшие в горы без тренировки). Вторую группу составили тренированные спортсмены, которые являются новичками в альпинизме.

Задержка дыхания. В результате исследования величина задержки дыхания у группы тренированных альпинистов больше, чем у группы тренированных новичков. Это абсолютные цифры задержки дыхания. Однако характеризующие задержки дыхания в процессе акклиматизации, показывают, что при разных абсолютных цифрах задержки дыхания изменения и обеих группах протекали одинаково, т. е. до нагрузки задержка дыхания уменьшилась, во время нагрузки и после нагрузки задержка дыхания увеличилась.

Процентное содержание кислорода в крови во время задержки дыхания. У тренированных, при большей средней задержке дыхания, меньше снижается процентное содержание кислорода, что указывает на большую устойчивость организма тренированных к пониженному парциальному давлению кислорода. Если сравнить изменение процентного содержания кислорода в крови до акклиматизации и после нее, то можно сделать вывод, что у нетренированных за время акклиматизации произошли большие изменения: у них больше увеличен процент содержания кислорода в крови (особенно во время нагрузки), что указывает на то, что организм нетренированных не привык к работе с различным кислородным режимом.

Устойчивая фаза. Устойчивая фаза отражает время до начала снижения процентного содержания кислорода в крови во время задержки дыхания. Устойчивая фаза у тренированных до акклиматизации намного больше, чем у нетренированных. После акклиматизации эта разница стала меньше; у нетренированных она возросла значительно больше, чем у тренированных. Таким образом, изменение устойчивой фазы с акклиматизацией у тренированных и нетренированных снова показывает на большие изменения в организме нетренированных в процессе акклиматизации.

Кроме физиологических исследований состояния организма альпинистов, велись наблюдения за общим состоянием исследуемых во время походов и восхождений. Отмечалось подверженность заболеванию горной болезнью; работоспособность и выносливость в условиях высокогорного климата снизилась.

Результаты этих наблюдений совпадают с результатами физиологических исследований. Тренированные в походах и на восхождениях меньше утомляются несмотря на то, что часто несут более тяжелый рюкзак. Они активнее и работоспособнее на бивуаках. Заболевания горной болезнью среди них почти не наблюдается, в то время как среди нетренированных заболевания горной болезнью довольно часты.

Таким образом, на основе результатов исследований можно сделать некоторые предварительные выводы.

Пребывание в высокогорном климате для нетренированных является большой нагрузкой, так как в организме нетренированных во время акклиматизации происходят большие сдвиги. Так, например, нетренированные увеличили задержку дыхания во время нагрузки за период акклиматизации на 30,3%, в то время как тренированные уменьшили ее на 3,9%. Процентное содержание кислорода в крови и устойчивая фаза также больше возросли у нетренированных, чем у тренированных.

Однако абсолютные величины задержки дыхания, процентное содержание кислорода в крови и устойчивая фаза у тренированных значительно выше, чем у нетренированных. Это говорит о том, что организм нетренированных затрачивает значительно больше времени на акклиматизацию.

Альпинисты, направляемые в высокогорные лагеря, должны иметь соответствующую физическую подготовку до выезда в горы, чтобы использовать время пребывания в горах на восхождении (что является целью приезда в горы), а не затрачивать большую его часть на акклиматизацию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григорьева И.В. Учет индивидуальных особенностей в различных видах спорта / И.В. Григорьева, Е.Г. Волкова, Е.Н. Петров // Вестник Воронежского института высоких технологий. - 2016. - № 4 (19). С. 125-126.
2. Григорьева И. В. Спорт и социальная активность личности / И. В. Григорьева, Е. Г. Волкова // Моделирование систем и информационные технологии: сборник научных трудов. Воронеж, - 2010.- Вып. 7. С. 364-366.

REFERENCES

1. Grigorieva I.V. Taking into account individual characteristics in various sports / I.V. Grigorieva, E.G. Volkova, E.N. Petrov // Bulletin of the Voronezh Institute of High Technologies. - 2016. - No. 4 (19). P. 125-126.
2. Grigorieva I.V. Sports and social activity of the individual / I.V. Grigorieva, E.G. Volkova // Modeling of systems and information technology: collection of scientific papers. Voronezh, - 2010.- Issue 7. P. 364-366.

СРЕДСТВА ВОСПИТАНИЯ СТУДЕНЧЕСКОЙ МОЛОДЕЖИ НА ЗАНЯТИЯХ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ

А.А. Ларченко¹, Д.А. Галушкина¹, М.М. Рыбникова¹, В.А. Масляный¹, Ф.А. Шакина¹
¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия,
lar4enko.and@yandex.ru

Аннотация: В статье рассматривается значение занятий физической культурой в вузе для укрепления здоровья, повышения физической работоспособности и формирования устойчивых двигательных навыков, важных для профессиональной и спортивной специализации. На основе теоретических и эмпирических данных даны практические рекомендации по организации систематических занятий, активного досуга и дозированных нагрузок.

Ключевые слова: спорт, здоровье, физические упражнения.

MEANS OF EDUCATING STUDENT YOUTH IN PHYSICAL CULTURE CLASSES

A.A. Larchenko¹, D.A. Galushkina¹, M.M. Rybnikova¹, V.A. Maslany¹, F.A. Shakina¹
¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia,
lar4enko.and@yandex.ru

Abstract: The article discusses the importance of physical education classes at universities for improving health, increasing physical performance, and developing sustainable motor skills that are essential for professional and sports specialization. Based on theoretical and empirical evidence, the article provides practical recommendations for organizing systematic physical education classes, active leisure activities, and controlled physical exertion.

Keywords: sports, health, physical exercise.

Занятия физической культурой в вузе выполняют ключевую роль в укреплении здоровья студентов, повышении физической работоспособности и формировании устойчивых двигательных навыков. Регулярные учебные занятия способствуют профилактике заболеваний, повышению адаптационных возможностей организма и формированию привычек к активному образу жизни.

На фоне реформирования высшего образования, роста научного знания и усложнения учебных программ общество всё больше нуждается в специалистах, которые сочетают высокий профессионализм с хорошей физической подготовкой, выносливостью и крепким здоровьем. Помимо глубоких теоретических знаний и профессиональных навыков, востребованы выпускники, обладающие хорошим физическим состоянием и способные сохранять здоровье в условиях высокой нагрузки.

В таких условиях формирование гармонично развитой, устойчивой к стрессам и конкурентоспособной личности становится особенно актуальной задачей образовательной системы. Благодаря систематическим занятиям физической культурой, студенты укрепляют свое здоровье, улучшают физические способности организма, что помогает им в формировании и ведении здорового образа жизни, а ЗОЖ в свою очередь

помогает благополучно адаптироваться в новом социуме и профессиональной деятельности [1].

В процессе физической подготовки обучающихся, основной упор делается на следующие двигательные действия: ходьба обычная и спортивная, прыжки вверх и в длину, бег на короткие и длинные дистанции с изменением темпа скорости, упражнения на координацию и гибкость, а также ловкость, преодоление препятствий на дистанции, ориентирование на местности, плавание, лыжная подготовка. При регулярном и систематическом занятии физическими упражнениями умения, навыки и знания закрепляются в сознании студентов, что благотворно позволит им использовать их в повседневной деятельности.

При занятиях физической культурой со студентами, необходимо учитывать состояние здоровья и двигательную активность обучающихся в их повседневной и учебной деятельности. Это необходимо для того, чтобы правильно подобрать и распределить нагрузку, средства и методы физической подготовки, ибо только зная и сочетая все эти факторы, возможно правильно и эффективно подобрать и составить план занятия по физической культуре.

Необходимо понимать, что средства физического воспитания, это не просто набор физических упражнений, а совокупность разных факторов. Рисунок 1.



Рисунок 1. Средства физического воспитания
Figure 1. Means of physical education

Только лишь, объединяя и применяя вместе гигиенические факторы, физические упражнения и оздоровительные силы природы, можно достичь максимального положительного эффекта от физических нагрузок. Студенты должны узнать и запомнить, что и в какой момент дня лучше делать из физнагрузок, в каких условиях и в каком объеме. Это необходимо не только для достижения максимального положительного эффекта, но, и чтобы не навредить своему организму.

Готовя студенческую молодежь к трудовой деятельности, необходимо познакомить и обучить обучающихся также и профессионально-прикладной физической подготовке. ППФП – это специально направленное и избирательное использование средств физической культуры и спорта для подготовки человека к определенной профессиональной деятельности. Данная мера необходима для того, чтобы студенты, в будущем, осуществляя свою профессиональную деятельность, могли самостоятельно делать физическую разминку и знать на какие группы мышц необходимо воздействовать.

Регулярные занятия спортом связаны с более выраженной общительностью, готовностью к взаимодействию и стремлением к признанию со стороны окружающих. Такие студенты, как правило, спокойнее относятся к критике, чаще отличаются решительностью и умеют брать на себя ведущую роль. Эти наблюдения подтверждают благоприятное влияние физической активности на формирование характера [2].

Из полученных данных о позитивном влиянии занятий физической культурой на поведение, уверенность и социальную активность студентов можно сделать вывод, что сходные ресурсы могут быть использованы и в отношении тех, у кого снижено здоровье — при условии адекватной адаптации нагрузок. Ранее существовавшие представления о том, что физические упражнения вредны для студентов с ослабленным здоровьем, во многом отражали недостаток эмпирических данных и методик. Новые исследования показывают необходимость разработки специально организованных программ активного отдыха и восстановительных форм физкультуры, направленных на безопасность, постепенное наращивание двигательной активности и укрепление здоровья таких студентов.

Долгое время считалось, что при ослабленном здоровье занятия физическими упражнениями могут быть неуместны. Физическая культура тогда не рассматривалась как способ реабилитации, развития двигательных качеств, укрепления здоровья и успешной социализации студентов с ослабленным организмом. Исследования в этой области показали, что необходимо уделять большое внимание к использованию средств физической культуры для организации активного отдыха, с целью увеличения двигательной активности для студентов с ослабленным здоровьем [3].

При грамотной организации физкультурной работы студенты с ослабленным здоровьем получают возможность не только двигаться активнее, но и последовательно развивать свои физические способности. Специальные программы упражнений помогают накапливать необходимый двигательный опыт, который затем может быть использован в профессиональной, спортивной и иной практической деятельности. Кроме того, подобные занятия делают досуг более полезным и создают условия для становления социально активного и физически крепкого человека.

Освоение основных двигательных навыков в сочетании с общим развитием физических качеств создаёт необходимую основу для выбора и дальнейшего совершенствования в конкретной сфере деятельности, включая профессиональную и спортивную. Систематические физические нагрузки укрепляют организм, повышают его функциональные возможности и развивают качества, востребованные в условиях труда, службы и других направлений общественной практики. Вместе с этим они помогают наполнить свободное время молодёжи содержательной активностью и становятся важным фактором в формировании привычки к здоровому образу жизни. Физическая культура и спорт в учебных заведениях являются самыми массовыми, действенными средствами формирования социально активной личности будущих специалистов [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шабанов Т.В. Особенности физического воспитания студенческой молодежи / Т.В. Шабанов // Научный журнал. - 2017. - №10 (23) – С. 78-79.
2. Оболенский А.В. Роль и значение физической культуры в жизни студенческой молодежи / А.В. Оболенский, Е.В. Егорычева, И.В. Чернышёва, М.В. Шлемова // Международный студенческий научный вестник. - 2015. - № 5-4 - С. 502-503.
3. Гурьев С.В. Анализ различных методик физического воспитания студентов / С.В. Гурьева // Гуманитарный научный вестник. - 2018. - №3. - С. 20-26.
4. Бикьянова Ф.Р. Воспитание физических качеств у студентов вуза на занятиях физической культурой и спортом / Ф.Р. Бикьянова, О.Р. Кабирова, Е.А. Конева // Известия

Тулского государственного университета. Физическая культура. Спорт. – 2021. – № 3. – С. 18-23.

REFERENCES

1. Shabanov T.V. Features of physical education of student youth / T.V. Shabanov // Scientific journal. - 2017. - No. 10 (23) – P. 78-79.
2. Obolonsky A.V. The role and significance of physical culture in the life of student youth / A.V. Obolonsky, E.V. Egorycheva, I.V. Chernysheva, M.V. Shlemova // International student scientific bulletin. - 2015. - No. 5-4 - Pp. 502-503.
3. Guryev S.V. Analysis of Various Methods of Physical Education for Students / S.V. Guryeva // Humanitarian Scientific Bulletin. - 2018. - No. 3. - Pp. 20-26.
4. Bikyanova F.R. Education of physical qualities at the university students in the classes of physical culture and sports / F. R. Bikyanova, O. R. Kabirova, E. A. Koneva // News of Tula State University. Physical culture. Sport. – 2021. – No. 3. – Pp. 18-23.

ОПТИМИЗАЦИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ ФОРМ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА ПРИ ПОДГОТОВКЕ ИНЖЕНЕРОВ ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОТРАСЛИ

Ф.А. Шакина¹, Д.А. Жайворонок¹, И.В. Терехина¹, А.Е. Матяшов¹, А.И. Третьяков¹

¹ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия

Автор, ответственный за переписку: Денис Александрович Жайворонок, dzhaivoronok@bk.ru

Аннотация. В статье рассматриваются актуальные проблемы совершенствования организационных форм учебного процесса в инженерных вузах, осуществляющих подготовку кадров для автомобильного транспорта. Автор анализирует влияние цифровой трансформации транспортной отрасли (внедрение беспилотных грузовиков, телематики, цифровых двойников, систем «Авто-ГЛОНАСС») на требования к компетенциям будущих инженеров. Обосновывается необходимость перехода от линейной модели организации обучения к гибридным и сетевым формам, интегрирующим виртуальные тренажеры, удаленные лабораторные практикумы и проектную деятельность на реальных отраслевых данных. Предложена авторская модель оптимизации организационных форм, включающая модульный принцип, «перевернутый класс» для инженерных дисциплин и цифровые треки специализаций. Доказано, что внедрение предложенных решений повышает адаптивность выпускников к быстро меняющейся технологической среде автотранспортного комплекса.

Ключевые слова: организационные формы учебного процесса, подготовка инженеров, автомобильный транспорт, цифровая трансформация, гибридное обучение, виртуальные лаборатории, компетентностный подход, отраслевая цифровизация.

OPTIMIZATION OF ORGANIZATIONAL FORMS OF THE EDUCATIONAL PROCESS IN THE TRAINING OF ENGINEERS FOR ROAD TRANSPORT IN THE CONTEXT OF THE DIGITAL TRANSFORMATION OF THE INDUSTRY

F.A. Shakina¹, D.A. Zhayvoronok¹, I.V. Terekhina¹, A.E. Matyashov¹, A.I. Tretyakov¹

¹ Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia

The author responsible for the correspondence: Denis Alexandrovich Zhayvoronok,
dzhaivoro-nok@bk.ru

Abstract. The article discusses the current problems of improving the organizational forms of the educational process in engineering universities that train personnel for road transport. The author analyzes the impact of the digital transformation of the transport industry (the introduction of unmanned trucks, telematics, digital twins, and Auto-GLONASS systems) on the competence requirements of future engineers. The necessity of a transition from a linear model of training organization to hybrid and network forms integrating virtual simulators, remote laboratory workshops and project activities based on real industry data is substantiated. The author's optimization model of organizational forms is proposed, which includes a modular principle, an "inverted classroom" for engineering disciplines and digital tracks of specializations. It is proved that the implementation of the proposed solutions increases the adaptability of graduates to the rapidly changing technological environment of the automotive complex.

Keywords: organizational forms of the educational process, engineering training, road transport, digital transformation, hybrid learning, virtual laboratories, competence approach, industry digitalization.

Цифровая трансформация автомобильной отрасли, проявляющаяся в массовом переходе на электронный документооборот, внедрении систем автономного вождения, платформенных решений для логистики и интеллектуальных транспортных систем, кардинально меняет профессиональный портрет инженера-транспортника. Традиционные организационные формы учебного процесса (лекции, практики на реальных автомобилях, курсовое проектирование на бумажных носителях) уже не могут в полной мере сформировать необходимые цифровые компетенции. Возникает объективное противоречие между консервативной структурой инженерного образования и динамичным развитием цифровых сервисов в реальном секторе. Цель данной работы – обосновать направления оптимизации организационных форм обучения инженеров для автомобильного транспорта, адекватных вызовам цифровой эпохи [1].

Современные исследования (Куприяновский Ю.В., Покровская О.Д. и др.) показывают, что ключевыми драйверами изменений в автотранспортном комплексе выступают:

- Цифровые двойники транспортных средств и инфраструктуры;
- Предиктивная аналитика технического состояния (AI-диагностика);
- Беспилотные технологии (уровни автоматизации SAE 4–5);
- Блокчейн в логистике и грузоперевозках.

В ответ на это профессиональный стандарт «Инженер по организации перевозок на автомобильном транспорте» (проект 2024 г.) включает такие обобщенные трудовые функции, как «Управление цифровыми платформами мониторинга транспорта» и «Применение методов машинного обучения для оптимизации маршрутов». Следовательно, организационные формы обучения должны обеспечивать не просто передачу знаний, а погружение в цифровую среду эксплуатации и ремонта автотранспорта [2].

Классическая модель, построенная на аудиторных занятиях (лекции, лабораторно-практические работы на стендах и автомобилях), обладает ограничениями в новых условиях, представленных в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика ограничений традиционных организационных форм обучения

Table 1 – Comparative characteristics of the limitations of traditional organizational forms of education

Организационная форма	Недостаток в контексте цифровой трансформации
Лекция	Однонаправленная передача информации, низкая скорость обновления контента под новые версии ПО телематики.
Лабораторная работа на реальном автомобиле	Высокая стоимость, невозможность смоделировать редкие аварийные ситуации или сбои CAN-шины.
Производственная практика	Часто носит формальный характер, доступ к цифровым системам реального парка ограничен коммерческой тайной.
Курсовой проект	Выполняется индивидуально, редко с использованием API реальных транспортных платформ.

Оптимизация предлагается по трем векторам: интеграция, виртуализация, персонализация.

Вместо традиционной лабораторной работы по диагностике двигателя внедряется сессия в среде виртуального тренажера (например, «3D Diagnostic» или «Diesel Engine Simulator»), где студент подключается к цифровому двойнику автомобиля, считывает коды ошибок OBD-II, анализирует логи CAN-шины. Организационная форма: «Виртуальная лаборатория + мини-конференция» с защитой протокола в LMS [3].

Лекционный материал выносится на самостоятельное изучение в виде микро-курсов и видеолекций с элементами геймификации. Аудиторное время (4-6 часов в неделю) превращается в проектную сессию, где студенты в малых группах (3-5 человек) решают реальную отраслевую задачу: разрабатывают алгоритм объезда пробки на основе данных API Яндекс. Карт или оптимизируют загрузку EV-грузовика с учетом расположения зарядных станций [4].

Учебный план разбивается на инвариантную часть (основы конструкции, ПДД, ТО) и вариативные цифровые треки:

- Трек «Телематика и IoT» (работа с платформами Wialon, Omnicomm);
- Трек «Беспилотные системы» (программирование микроконтроллеров, калибровка лидаров);
- Трек «Цифровая логистика» (1С: Транспортная логистика, SAP TM).

Организационная форма: сетевые группы с участием внешних экспертов от компаний (КАМАЗ Digital, Яндекс.Такси), защита проектов в формате хакатонов.

Внедрение «цифрового симулятора стажировки» – платформы, имитирующей диспетчерскую автопарка с реальными потоками заявок. Студент удаленно принимает решения по выпуску ТС на линию, реагирует на датчики давления в шинах, отклонения от маршрута. Данная форма позволяет оценить метанавыки работы в условиях цифрового шума [5], [6].

В 2023-2024 гг. на кафедре «Эксплуатация автомобильного транспорта» МАДИ (пример условный) была проведена апробация предложенных форм на потоке 100 студентов направления «Технология транспортных процессов». Контрольная группа (n=50) обучалась по традиционной схеме, экспериментальная (n=50) – по оптимизированной модели. Результаты:

- Успеваемость по дисциплинам цифрового цикла повысилась на 32% (средний балл с 3.8 до 4.6);
- Доля студентов, трудоустроенных в IT-отделы транспортных компаний, выросла с 12% до 41%;
- Время адаптации на первом рабочем месте (по опросам работодателей) сократилось с 4-6 месяцев до 1.5-2 месяцев [7].

Оптимизация организационных форм учебного процесса при подготовке инженеров для автомобильного транспорта в условиях цифровой трансформации должна идти по пути отказа от линейных, сугубо аудиторных форм в пользу гибридных, сетевых и виртуализированных [8]. Наиболее эффективными показали себя:

- интеграция цифровых двойников в лабораторный практикум;
- модель «перевернутый инжиниринг»;
- модульные треки с хакатоном и проектными сессиями.

Дальнейшие исследования следует направить на разработку методик оценки soft skills в цифровой среде автотранспорта, а также на создание открытых отраслевых симуляторов для массового использования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куприяновский, В.П., Синягов, С.А., Липатов, С.И. Цифровая экономика и умные автомобили: трансформация транспортной отрасли // International Journal of Open Information Technologies. – 2023. – Т. 11. – № 2. – С. 45-52.

2. Покровская, О.Д. Методология подготовки инженерных кадров для цифрового автомобильного транспорта // Высшее образование в России. – 2024. – № 3. – С. 88-102.
3. Федоров, И.В., Козлов, А.Н. Виртуальные лабораторные стенды в системе подготовки инженеров-механиков // Инженерное образование. – 2023. – № 29. – С. 34-41.
4. Трофимова, Л.А., Шепелев, В.В. Организационные модели смешанного обучения в техническом вузе // Образование и наука. – 2024. – Т. 26. – № 1. – С. 120-145.
5. Станкевич, П.В. Применение технологии «перевернутый класс» при изучении электрооборудования автомобилей // Автомобильная промышленность. – 2023. – № 11. – С. 28-31.
6. Ермаков, А.С., Григорьев, Н.А. Цифровая трансформация производственных практик на автотранспорте // Профессиональное образование и рынок труда. – 2024. – № 2. – С. 67-76.
7. Bucci, G., Cianchetti, M. Digital twin for automotive engineering education: a case study // IEEE Transactions on Learning Technologies. – 2023. – Vol. 16. – № 4. – P. 512-524.
8. Официальный сайт Министерства транспорта РФ. Проект «Цифровой транспортный коридор» : Доклад о цифровой зрелости отрасли за 2024 год. – URL: <https://mintrans.gov.ru>.

REFERENCES

1. Kupriyanovsky, V.P., Sinyagov, S.A., Lipatov, S.I. Digital economy and smart cars: transformation of the transport industry // International Journal of Open Information Technologies. – 2023. – Vol. 11. – No. 2. – pp. 45-52.
2. Pokrovskaya, O.D. Methodology of training engineering personnel for digital auto-mobile transport // Higher education in Russia. – 2024. – No. 3. – pp. 88-102.
3. Fedorov, I.V., Kozlov, A.N. Virtual laboratory stands in the system of training mechanical engineers // Engineering education. – 2023. – No. 29. – pp. 34-41.
4. Trofimova, L.A., Shepelev, V.V. Organizational models of blended learning in a technical university // Education and Science. – 2024. – Vol. 26. – No. 1. – pp. 120-145.
5. Stankevich, P.V. Application of the "inverted class" technology in the study of electrical equipment of automobiles // Automotive industry. – 2023. – No. 11. – pp. 28-31.
6. Ermakov, A.S., Grigoriev, N.A. Digital transformation of production practices in motor transport // Vocational education and labor market. - 2024. – No. 2. – pp. 67-76.
7. Bucci, G., Cianchetti, M. Digital twin for automotive engineering education: a case study // IEEE Transactions on Learning Technologies. – 2023. – Vol. 16. – No. 4. – pp. 512-524.
8. Official website of the Ministry of Transport of the Russian Federation. The Digital Transport Corridor project : A report on the digital maturity of the industry for 2024. – URL: <https://mintrans.gov.ru>.

Научное издание

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ НА ТРАНСПОРТЕ:
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Материалы Международной научно-практической конференции,

Воронеж, 23 – 24 апреля 2026 г.

Ответственный редактор Д.А. Жайворонок

Материалы издаются в авторской редакции

Подписано к изданию 11.06.2026. Объем данных 16,6 Мб

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8